

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
(ВНИИБ)

Технология целлюлозно-бумажного производства

В трех томах



ПОЛИТЕХНИКА
ИЗДАТЕЛЬСТВО
Санкт-Петербург 2005

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
(ВНИИБ)

Технология целлюлозно-бумажного производства

Том II

ПРОИЗВОДСТВО БУМАГИ И КАРТОНА

Часть первая

Технология производства и обработки бумаги и картона



ПОЛИТЕХНИКА
ИЗДАТЕЛЬСТВО
Санкт-Петербург 2005

УДК 676 (03)
ББК 35.77
Т38

Т38 Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т.
Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология про-
изводства и обработки бумаги и картона. — СПб.: Политех-
ника, 2005.— 423 с.: ил.

ISBN 5-7325-0855-4

В трехтомном издании представлены материалы, отражающие со-
временное состояние производства волокнистых полуфабрикатов, бума-
ги и картона.

В данном томе описаны процессы производства и обработки бумаги
и картона и применяемое оборудование. Приведены классификация, ос-
новные свойства бумаги и картона, а также волокнистых полуфабрика-
тов, применяемых для их производства. Изложены теория и техноло-
гия процессов: размола волокнистых полуфабрикатов; проклейки, на-
полнения, подготовки к отливу бумажной массы; формования, прессова-
ния, сушки и отделки бумаги и картона. В конце книги представлен
терминологический словарь по бумаге и картону.

Книга предназначена для работников целлюлозно-бумажной промыш-
ленности, деловых кругов, преподавателей и студентов специальных учеб-
ных заведений.

УДК 676 (03)
ББК 35.77

ISBN 5-7325-0855-4

© ВНИИБ, 2005

Редакционная коллегия

П. С. Осипов — академик Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы, почетный доктор Санкт-Петербургской лесотехнической академии (главный редактор).

Е. А. Гаврилиди — кандидат технических наук (заместитель главного редактора).

Э. Л. Аким, доктор технических наук, профессор; **Г. Л. Аким**, доктор технических наук, профессор;

А. И. Глазунов, кандидат технических наук;

И. А. Игнатов, почетный доктор Санкт-Петербургской лесотехнической академии;

В. Ф. Неволин, кандидат технических наук; **В. В. Сметанин**, доктор технических наук, профессор;

А. С. Смолин, доктор технических наук, профессор; **Т. С. Тимошук**, кандидат технических наук;

Б. Н. Филатов, кандидат технических наук; **Г. И. Чижов**, доктор технических наук, профессор

Авторы первой части тома

В. И. Комаров, доктор технических наук, профессор; **Л. А. Галкина**, кандидат технических наук;

Л. Н. Лаптев, кандидат технических наук; **Е. Е. Савицкий**, кандидат технических наук;

И. Н. Ковернинский, доктор технических наук, профессор; **А. С. Смолин**, доктор технических наук, профессор;

С. Г. Виноградова, кандидат технических наук; **М. В. Ванчаков**, кандидат технических наук;

А. И. Глазунов, кандидат технических наук; **А. Б. Коновалов**, кандидат технических наук;

А. П. Бельский, доктор технических наук, профессор; **В. К. Дубовый**, кандидат технических наук;

Э. Л. Аким, доктор технических наук, профессор; **Л. Г. Махотина**, кандидат технических наук;

В. Ф. Неволин, кандидат технических наук; **В. И. Крупин**, кандидат технических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт целлюлозно бумажной промышленности выражает глубокую благодарность Министерству промышленности и технологий Российской Федерации, корпорации «Геркулес» и следующим предприятиям отрасли, оказавшим финансовую поддержку в издании многотомника «Технология целлюлозно бумажного производства»:

ОАО «Косинская бумажная фабрика», ОАО «Сыктывкарский ЛПК», ОАО фирма «Бумага»,

*ОАО «Санкт Петербургский картонно-полиграфический комбинат», ОАО «Сясьский ЦБК», ОАО «Эликон»,
ОАО «Троицкая бумажная фабрика», ОАО «Котласский ЦБК», ТП Ассоциации НТС ЛПК по Иркутской обл.,
ОАО «Братский ЛПК», ФГУП «Камский ЦБК», АО «Соликамскбумпром», ПО «Брянская бумажная фабрика»,
ОАО «Техническая бумага», ОАО «Сеgezский ЦБК»*

Авторы с благодарностью примут замечания, предложения и пожелания, которые просят присылать по адресу:
194021, г. Санкт-Петербург, 2-й Мурунский пр., д. 49.

Принятые сокращения

а.с.	абсолютно сухой
АКД	алкилкетендимер
АСА	алкилсукциновый ангидрид
БДМ	бумагоделательная машина
ВВН	вакуумный водокольцевой насос
ВПС	взаимопроникающая полимерная сетка
ВРА	вентиляционно-рекуперационный агрегат
ВЧ	высокая частота
ДВП	древесноволокнистая плита
дг	децигрекс
ИК	инфракрасный
КДМ	картоноделательная машина
КПД	коэффициент полезного действия
ПАА	полиакриламид
ПАВ	поверхностно-активное вещество
ПВС	поливиниловый спирт
РВК	размол при высокой концентрации
РПО	размольно-подготовительный отдел
СВД	спрыск высокого давления
СВЧ	сверхвысокая частота
СНД	спрыск низкого давления
ТММ	термомеханическая масса
ТРА	теплорекуперационный агрегат
ТУ	теплоуловитель
ФОО	флуоресцентный оптический отбеливатель
ХТММ	химико-термомеханическая масса
ЦБК	целлюлозно-бумажный комбинат
ЦБП	целлюлозно-бумажная промышленность
ЦКМ	целлюлозный композиционный материал
ч.д.п.	число двойных перегибов
ISO	International Organization for Standardisation
TEA	Tensile Energy Absorption
HST	Hercules-test
LWC	Light Weight Coated
P&J	Pusey and Jenes
TAPPI	Technical Association of the Pulp and Paper Industry

1. ТЕХНОЛОГИЯ БУМАГИ И КАРТОНА

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ БУМАГИ И КАРТОНА

Производство бумаги было создано незадолго до нашей эры в Китае. Сырьем для ее получения служили сначала волокна шелка, позднее луб тутового дерева, волокна конопли, бамбука и т. д. Совместное творение природы и рук человека, бумага обладает уникальным комплексом потребительских свойств, оставаясь и в XXI веке незаменимым материалом, востребованным практически во всех сферах жизни и деятельности человека.

Неизменно растущий на протяжении двух тысячелетий спрос на бумагу, многообразие ее видов и, следовательно, разнообразие свойств обусловлены двумя факторами: уникальными свойствами основного компонента бумаги — целлюлозных волокон и достижениями в области ее технологии.

Уникальность свойств волокон целлюлозы проявляется прежде всего в их способности к образованию прочных межволоконных связей в процессе отлива, прессования и сушки бумажного полотна.

Технология бумаги позволяет путем применения функциональных добавок и определенных правил ведения технологического процесса придавать бумаге или картону широкую гамму свойств, порой взаимоисключающих друг друга. Из бумаги и картона получают такие не похожие друг на друга изделия, как пористые воздушные фильтры и газонепроницаемые упаковки, впитывающие салфетки и водостойкую тару, диэлектрики и проводники электрического тока и многие другие.

Упрощенно суть явлений, сопровождающих технологический процесс, состоит в следующем. Гидродинамические воздействия во время размола приводят к гидратации и фибрилляции целлюлозных волокон, в результате которых увеличивается их общая удельная поверхность и растет число свободных, т. е. не вовлеченных в водородную связь гидроксильных групп. При прессовании и сушке увеличиваются количество и площадь межволоконных контактов, волокна сближаются до расстояний, при которых реализуются механизмы их взаимодействия: образуются водородные связи, действуют силы Ван-дер-Ваальса и силы трения.

В суммарном межволоконном взаимодействии вклад отдельных типов связей зависит, в частности, от степени помола массы, однако в большинстве случаев превалируют водородные связи. Вклад в суммарное межволоконное взаимодействие сил Ван-дер-Ваальса для

слабо размолотых волокон составляет 20... 25 %, для сильно размолотых — не превышает 4...5 %, при повышении степени помола массы снижается и роль сил трения.

Отечественный «Словарь целлюлозно-бумажного производства» дает следующее определение бумаги как материала [1]: «Бумага — материал в виде тонкого листа, состоящий в основном из предварительно размолотых растительных волокон, беспорядочно переплетенных и связанных между собой силами поверхностного сцепления. К волокнистой массе часто добавляют проклеивающие вещества и минеральные наполнители, придающие бумаге необходимые свойства. Кроме растительного сырья бумага вырабатывается также из синтетических, искусственных и минеральных волокон.

Бумага является капиллярно-пористым материалом с вязкоупругими свойствами...».

Согласно ISO/CD 4046-4 [2], «бумага» — общий термин для материалов в виде сплошного листа или полотна, получаемых осаждением растительных, минеральных, синтетических волокон или их смесей из жидких суспензий на соответствующих формирующих устройствах с добавлением или без добавления других веществ. На эти материалы можно наносить покрытия, их можно пропитывать в процессе изготовления или по окончании его, при этом материалы не теряют своей тождественности бумаге.

В классическом «мокрое» процессе производства бумаги в качестве жидкости используют только воду.

Не существует четкого различия между понятиями «бумага» и «картон».

Картон — это материал, также состоящий преимущественно из растительных волокон, отличающийся от бумаги большими толщиной и массой квадратного метра. Условно принято считать, что картоном является материал, имеющий массу 1 м^2 более 250 г и толщину более 0,5 мм.

Как видно, международные и отечественные определения бумаги и картона идентичны по своей сути, а разграничения понятий «бумага» и «картон» весьма условны. Поэтому вполне правомерно в отдельных случаях выбирать термин с учетом свойств материала, области его применения или существующей традиции, а иногда термин «бумага» использовать для описания как бумаги, так и картона.

В мировой и отечественной практике классификация бумаги и картона проводится по разным признакам: целевому назначению, главному потребительскому свойству, особым характеристикам продукции, специфике технологии ее получения, потребительскому спросу и т. д. В настоящее время нет единой международной системы классификации бумажной продукции.

В международном стандарте терминов и определений [2] распределение ассортимента бумаги и картона на виды не предусматривается, в документе достаточно бессистемно перечисляются определения отдельных разновидностей продукции.

В аналогичных российских нормативных документах (ГОСТ 17586–80, ГОСТ 17926–80) ассортимент продукции распределяется на классификационные группы. Распределение осуществляется по смешанной системе, в которой основным классификационным признаком является область применения, в отдельных случаях — определяющее потребительское свойство. За основную классификационную единицу принят вид, а для конкретизации целевого назначения или потребительского свойства продукция ранжируется на подвиды и марки. Ниже приведена стандартная классификация бумаги и картона.

Стандартная классификация бумаги (ГОСТ 17586–80)

Бумага для печати: газетная, типографская, офсетная, для глубокой печати, мелованная, картографическая, документная, обложечная, афишная, билетная, этикеточная, для обоев, для игральные карт.

Бумага для письма, черчения и рисования: акварельная, бристолевая, бумажная натуральная калька, ватман, верже, для картотек, для почтовых документов, копировальная, машинописная, писчая для письма чернилами, почтовая, прозрачная чертежная, пропитанная прозрачная чертежная, рисовальная, тетрадная, цветная писчая, чертежная.

Декоративная бумага: аэрографная, бархатная, крепированная декоративная, перламутровая, цветная глянцевая, шагреновая, для оклейки переплетов белых изделий.

Электротехническая бумага: изоляционная, электроизоляционная (пропиточная, намоточная, асбестовая, бакелитизированная), кабельная (крепированная, водонепроницаемая, полу-

проводящая), телефонная, конденсаторная (для электролитических конденсаторов), для электроизоляционных трубок, для оклейки электротехнической стали, электропроводящая, крепированная электротехническая, сепараторная.

Оберточная и упаковочная бумага: антикоррозионная, графитная, бандерольная, для упаковки продуктов на автоматах (чая, сахара, фруктов, стеклянной тары, мануфактуры), мешочная, крепированная упаковочная, парафинированная, для упаковки папирос и сигарет, прокладочная (для линолеума, для резиновой обуви), светонепроницаемая для кинофотоматериалов, жиронепроницаемая, биостойкая, битумированная, двухслойная упаковочная, оберточная, растительный пергамент, пергамин, подпергамент.

Светочувствительная и переводная бумага: диазотипная позитивная светочувствительная, светочувствительная диазотропная калька, белая переводная, автографская, гумированная для переводных изображений.

Бумага для изготовления папирос и сигарет: курительная, мундштучная, фильтрующая мундштучная, папиросная, сигаретная.

Впитывающая бумага: для хроматографии и электрофореза, ионообменная для хроматографии и электрофореза, для капельного анализа, промокательная, фильтровальная, быстрофильтрующая, среднефильтрующая, медленнофильтрующая, лабораторная фильтровальная, для фильтрации растворов ацетилцеллюлозы, для фильтрации смазочно-охлаждающих жидкостей.

Промышленно-техническая бумага разного назначения: для окиснортутных элементов, для химических источников тока, каландровая, для патронирования, шпульная, шпагатная, для гофрирования, для копирования, биоцидная, бактерицидная, инсектицидная, фунгицидная, для мульчирования, трафаретная, абажурная, для фотоальбомов, для изделий бытового и санитарно-гигиенического назначения (гигиеническая, крепированная медицинская).

Стандартная классификация картона (ГОСТ 17926–80)

Тарный картон: гофрированный, для плоских слоев гофрирования, коробочный, термосвариваемый.

Картон для полиграфического производства: переплетный, цветной склеенный, для стереотипных матриц, билетный.

Фильтровальный картон: для фильтрации нефтепродуктов и технических масел, для фильтрации дизельного топлива, для фильтрации вин, для фильтрации пива, для фильтрации воздуха, противопыльный.

Картон для легкой промышленности: обувной, геленок, стелечный, для задников, для платформ, простилочный, чемоданный, околышный.

Технический картон: водонепроницаемый, обивочный водостойкий, для радиотехнической промышленности, прокладочный, термоизоляционный прокладочный, шпильный, жаккардовый, заменитель фибры, электроизоляционный, электроизоляционный для работы в масляной среде, электроизоляционный для работы в воздушной среде, оксидный электроизоляционный, огнестойкий, прессшпан, циферблатный.

Строительный картон: кровельный, облицовочный.

В соответствии с «Общероссийским классификатором продукции ОК 005-93» [3] подкласс бумаги в зависимости от ее назначения разделяется на девять групп (которые в свою очередь подразделяются на подгруппы):

1) бумага для печати (газетная, типографская, офсетная, для глубокой печати, обложечная, форзацная, картографическая, бумага для печати прочная, бумага для обоев);

2) бумага писчая и тетрадная, для черчения, рисования и печатная различного назначения (писчая и тетрадная, чертежная, специальная, карточная, билетная, печатная специального назначения — афишная, документная, эстампная);

3) бумага электроизоляционная (кабельная, изоляционная термостойкая, электроизоляционная оксидная, кабельная с малыми диэлектрическими потерями, конденсаторная, телефонная, электроизоляционная пропиточная и др.);

4) бумага для ручной и машинной упаковки продуктов и различных изделий (этикеточная, пачечная и коробочная, подпергамент, мешочная, специальная упаковочная, для производства папирос и сигарет, алигнин, для промышленного и хозяйственного назначения — отборы от технических видов бумаги);

5) бумага оберточная и упаковочная всех видов (без бумаги для гофрирования) — оберточная специального назначения, светонепроницаемая, спичечная и др.;

6) бумага техническая различного назначения (специального назначения, диаграммная, бумага-основа для облицовочных материалов, для хроматографии и электрофореза и др.);

7) бумага-основа (для приборов, для светочувствительной и переводной, для изделий бумажной промышленности — фильтрующих материалов, клеевой ленты, крепированной, бумажной клеенки и др.);

8) бумага для аппаратов и приборов (телеграфная, для буквопечатающих аппаратов, для электронно-вычислительной техники, для контрольно-кассовых машин, машинописная для копий);

9) бумага фильтровальная (специальная, лабораторная, для фильтрации нефтепродуктов и др.).

Также в соответствии с классификатором ОК 005-93 картон разделяется на следующие семь групп:

1) картон тароупаковочный (картон для плоских слоев гофрированного картона; бумага для гофрирования; картон для потребительской тары — хромовый, хром-эрзац, коробочный; тароупаковочный прочий — спичечный, основа для склеенного картона, водонепроницаемый, для упаковки мебели);

2) картон для легкой и полиграфической промышленности (переплетный; специального назначения — билетный, околышный, для циферблатов и миниатюрной живописи, чемоданный и др.; для текстильной промышленности — заменитель фибры, жаккардовый и др.; обувной; кожкартон; стелечный и др.);

3) картон технический различного назначения (электрокартон, для радиопромышленности, прокладочный, для стереотипных матриц, литьевой и др.);

4) картон строительный (кровельный, для водостойких труб, теплоизоляционный, облицовочный и др.);

5) картон фильтровальный (для жидкостей, для воздуха, для фильтрующих элементов масляных и воздушных фильтров, для фильтрации технологических сред);

6) картон для автомобильной промышленности (обивочный водостойкий, термошумоизоляционный и др.);

7) картоны прочие (чертежный, глянцевый, офсетный и др.).

У производителей бумаги и картона существует еще одна классификация, согласно которой вырабатываемая продукция подразделяется на массовую, немассовую и специальную.

К *массовым* видам продукции относятся бумаги: газетная, писчая, для печати, мешочная, оберточная, основа для гофрирования, санитарно-гигиеническая; картоны: для гладких слоев гофрированного картона, коробочный, кровельный и хром-эрзац.

К *немассовым* видам продукции относятся бумаги: конденсаторная, кабельная, электроизоляционная, сигаретная, папиросная, афишная, билетная, чертежная, картографическая, этикеточная, обойная, подпергамент, пергамент, основа для парафинирования; картоны: электроизоляционный, переплетный, фильтровальный, прессшпан, калибровочный, облицовочный, каркасный, чемоданный, термошумоизоляционный и др.

К *специальным* видам продукции относятся бумаги: электроизоляционная термостойкая, химически стойкая, реставрационная и др. бумаги.

Технический прогресс сопровождается реструктуризацией потребительского спроса и ассортимента вырабатываемой продукции, вследствие чего постоянно возникает необходимость корректировки классификации бумаги и картона.

Так, в середине прошлого столетия в связи с бурным развитием электротехники стало целесообразным выделение в самостоятельную группу бумажной продукции этого

назначения. При этом приоритетное положение в группе заняли марки электроизоляционной, кабельной и конденсаторной бумаги. Однако в настоящее время эта продукция постепенно утрачивает свое значение, в частности, электроизоляционная бумага заменяется синтетическими изоляторами, конденсаторная — металлизированными пленками, телефонные кабели — оптическими. В настоящее время ведущую роль в этой группе приобретают электропроводящие виды бумаги и картона.

Технические преобразования последних десятилетий, в том числе интенсивное внедрение электронной техники и информационных технологий, изменение условий и стиля работы и быта, также внесли определенные изменения в ассортимент бумажной продукции, результатом чего стало появление нового класса бумаг для офисной техники, а также значительное расширение ассортимента упаковочных видов бумаги, тарного картона, бумаг санитарно-гигиенического и медицинского назначения и некоторых других.

1.2. СВОЙСТВА БУМАГИ

Общепринятым является подразделение свойств бумаги на следующие группы:

1) структурно-размерные свойства — формат, толщина, плотность, гладкость, разносторонность и др. — зависят от состава по волокну, степени помола, условий изготовления на машине; структура бумаги и картона влияет на их прочность, пористость, анизотропию свойств и другие показатели;

2) композиционные свойства — состав по волокну, наличие наполнителей и других компонентов; изменение композиции бумаги и картона позволяет в широких пределах изменять и их свойства;

3) механические и упруго-пластические свойства — сопротивление разрыву, излому, расслаиванию, истиранию, влагопрочность, жесткость, деформация при увлажнении, упругость, способность к рилеванию и др.;

4) оптические свойства — цвет, белизна, лоск, оттенок, светопрозрачность, непрозрачность и др.;

5) гидрофобные и гидрофильные свойства — степень проклейки, впитывающая способность, гигроскопичность, влажность и др.;

6) химические свойства — наличие остатков кислот или щелочей, минеральных вкраплений, различных катионов и анионов;

7) электрические свойства — электрическое сопротивление, диэлектрическая проницаемость, электрическая прочность, число токопроводящих включений на 1 м^2 и др.;

8) печатные свойства — структура поверхности, мягкость, взаимодействие с типографскими красками и др.;

9) специальные свойства — барьерные, жиро-, паро-, газо- и водонепроницаемость, влагопрочность, термостойкость, долговечность, биостойкость и др.

Различные свойства бумаге или картону придают обычно следующими способами:

подбором исходных полуфабрикатов, т.е. составлением композиции бумаги по виду и свойствам волокна;

изменением параметров процессов производства бумаги (размола, отлива, прессования, сушки);

введением в бумажную массу различных вспомогательных веществ (наполнителей, проклеивающих и связующих веществ, красителей, дефлокуляторов, полиэлектролитов и др.);

отделкой и поверхностной обработкой бумаги (каландрированием, крепированием, тиснением, мелованием, пластификацией и пр.).

Настоящее издание не предусматривает сколько-нибудь полного анализа особенностей механизмов формирования всех потребительских свойств бумаги, способов их регулирования и т. п. Однако есть группа свойств, абсолютно необходимых любому виду бумаги, при отсутствии которых она вообще не может существовать как объект производства и потребления. Это — механические свойства.

Бумага как материал является сложным объектом для изучения, так как, обладая только ей присущими свойствами, проявляет в то же время признаки полимерного и композитного материалов.

Полимеры выделены в отдельную группу материалов, поскольку обладают рядом особых свойств [4]. Эта особенность наиболее заметно проявляется в механических свойствах полимеров, обусловленных их структурой. Основные представления о структуре полимеров сводятся к следующему: 1) полимеры представляют собой совокупность больших линейных или разветвленных молекул, т. е. макромолекул; 2) характерным для полимеров является резкое различие прочности связей вдоль цепи и между цепями (связи вдоль цепи намного прочнее поперечных связей, образующихся вследствие межмолекулярного взаимодействия); 3) специфические особенности механического поведения полимеров определяются гибкостью макромолекул, которая зависит как от деформации валентных углов при приложении больших нагрузок, так и от вращения отдельных частей макромолекулы вокруг простых химических связей, которое может иметь место при гораздо меньших энергетических затратах; 4) полимолекулярность полимеров также влияет на их физико-механические свойства — практически не существует полимеров, у которых все молекулы имели бы строго одинаковые размеры; любой полимер в той или иной степени неоднороден по молекулярной массе, т. е. полимолекулярен, поэтому существует понятие средней молекулярной массы; известно, что при достижении определенного, достаточно большого значения молекулярной массы дальнейшее нарастание прочности полимера становится незначительным, влияние же полимолекулярности нельзя исключить ни при каких значениях средней молекулярной массы.

Под композитами понимают материалы, состоящие из двух и более разнородных ма-

териалов и обладающие свойствами, которых не имеют исходные материалы [5]. В строении композита обычно выделяют наполнитель (дисперсную фазу) и связующее (матрицу). Кроме того, на свойства композита оказывает влияние состояние пограничного слоя (границы), разделяющего исходные материалы. Наибольший интерес для исследователей целлюлозно-бумажных материалов представляют теории прочности композитов, армированных дискретными волокнами. В этом случае особое влияние на свойства материала оказывают характеристики граничных поверхностей матрицы и дисперсной фазы, отношение диаметра волокон к их длине и отношение модулей упругости волокна и матрицы. Для производителей бумаги практический интерес представляет понятие «критической» (неэффективной) длины волокна, которая в случае композита определяется по уравнению

$$l_k/d_f = \sigma_{fu}/2\tau_m, \quad (1.1)$$

где l_k — критическая длина волокна (волокна с длиной $l \leq l_k$ при приложении нагрузки извлекаются из матрицы без разрушения); d_f — диаметр волокна; σ_{fu} — разрушающее напряжение при растяжении волокна; τ_m — разрушающее напряжение при сдвиге.

Модуль упругости композита, армированного дискретным волокном, может быть рассчитан по уравнению

$$E = FE_fV_f + E_mV_m, \text{ Н/м}^2, \quad (1.2)$$

где F — коэффициент эффективности упрочнения волокном, зависящий от объемного содержания волокна и отношения модуля упругости волокна к модулю упругости матрицы; E_f , E_m — модули упругости первого рода для волокна и матрицы соответственно, Н/м^2 ; V_f , V_m — объемное содержание волокна и матрицы соответственно.

Свойства бумаги определяются ее структурой, которая образована связанными друг с другом волокнами. Волокна в структуре бумаги распределены неоднородно и, кроме того, сами волокна также неоднородны, т. е. обладают различными деформационными и прочностными свойствами. Волокна объединены связями, механизм образования которых является предметом дискуссии и до конца не выяснен [5, 6]. По мнению С. П. Папкина [7], следует различать три типа связей между волокнами: 1) связи, обусловленные механическим зацеплением и силами трения между волокнами; они возникают в результате свой-

лачивания волокон в процессе получения бумаги из волокнистой массы; 2) связи, обусловленные межмолекулярным взаимодействием, энергия которых определяется как сумма энергий ван-дер-ваальсовского взаимодействия и энергии водородных связей; 3) связи, вызванные капиллярными силами — поверхностным натяжением жидкости, смачивающей волокна в плотно уложенных слоях и удерживаемой в капиллярных пространствах таких слоев.

Необходимо отметить, что для описания свойств бумаги может быть использован ряд теорий, разработанных для полимеров и композитов, например, теория вязкоупругости, теория разрушения композитов, статическая теория прочности, теория смесей полимеров и др.

Теории, разработанные для описания механического поведения бумаги, могут быть разделены на две большие группы: теории сеток и континуальные теории. Теории сеток не объясняют свойств бумаги в случае слишком плотного соединения волокон в структуре, а континуальные теории не принимают в расчет наличие в структуре пустот. Обе группы теорий основываются на допущении однородного поля деформаций во всем образце бумаги. В действительности есть существенные колебания величин местной деформации в листе бумаги под нагрузкой или при изменении влагосодержания. Связанные области и свободные сегменты волокон будут иметь различную жесткость, что приводит к возникновению концентрации напряжений, обусловленной наличием пустот. Это вызывает отклонения от прогнозируемой величины деформации. Практическое использование теоретически выводимых закономерностей затруднено необходимостью определения таких трудноизмеряемых характеристик, как модуль упругости отдельного волокна, кривизна волокон, момент инерции поперечного сечения волокна относительно вертикальной нейтральной оси и др.

Механические свойства. Для описания механического поведения материалов необходимо знать такие характеристики, как модуль упругости, прочность, пластичность, твердость и вязкость (табл. 1.1). Зависимость «напряжение—деформация» $\sigma(\epsilon)$, получаемая путем обработки индикаторной диаграммы «нагрузка—удлинение» ($P-\Delta l$), является интегральной характеристикой механических свойств и широко применяется в материаловедении [8]. При приложении растягивающей нагрузки в бумаге наблюдается несколько стадий развития деформаций,

Таблица 1.1

Основные механические свойства

Характеристика	Обозначение	Определение	Единица измерения
Напряжение	σ	Мера внутренних сил, возникающих в деформируемом теле под влиянием внешнего воздействия. Сила на единицу площади поперечного сечения: $\sigma = P/S$, где $S = b\delta$ (b, δ — ширина и толщина образца)	Н/м ²
Деформация	ϵ	Характеристика изменения размеров и формы тела; относительная деформация $\epsilon = \Delta l/l$, где Δl — удлинение, l — длина образца	%
Модуль упругости	E	Величина, характеризующая упругие свойства материала и являющаяся коэффициентом пропорциональности между упругим напряжением и соответствующей деформацией: $E = \sigma/\epsilon$	Н/м ²
Прочность	σ_p	Напряжение, при котором происходит разрушение тела (разрушающее напряжение)	Н/м ²
Пластичность	—	Способность необратимо деформироваться при нагружении	%
Вязкость (ТЕА)	$a_{\text{н}}$	Величина поглощенной энергии или работа разрушения	Дж/м ² или Дж

предшествующих окончательному разрушению (рис. 1.1).

В области I (прямолинейный участок на кривой, ограниченный точкой 1), происходит деформирование волокон и ослабление межволоконных связей. Значения пределов упругости (σ_1) и упругой деформации (ϵ_1) у испытуемых образцов данного конкретного вида бумаги колеблются, что объясняется неоднородностью ее структуры в плоскости листа. Колебания значений σ_1 и ϵ_1 приводят к колебаниям значения начального модуля упругости.

От точки 1 до точки 2 зависимость имеет криволинейный характер, причем крутизна кривой на отрезке 1–II выше, чем на отрезке II–2 (II — точка перегиба). В области III отклонение от прямолинейной зависимости вызвано извлечением концов неразрушенных волокон с $l < l_k$ из зацепления. При этом межволоконные силы связи и текущий модуль упругости (E_{τ}) уменьшаются. В области III из структуры бумаги извлекаются нераз-

рушенные волокна с длиной, приближающейся к критической, что ведет к более значительным разрушениям межволоконных сил связи. Микрокапилляры начинают сливаться, появляются пластические деформации. В области IV происходит рост трещины, приводящий к разрушению образца, причем разрушаются как межволоконные связи, так и собственно волокна.

Упругие свойства бумаги зависят от ее предыстории: вида сырья, способа варки, фундаментальных свойств волокна, режимов процессов производства бумаги, соотношения начальных модулей упругости волокон коротко- и длинноволокнистых фракций и в сильной степени — от наличия макронеоднородностей структуры в плоскости листа, обусловленных процессом формования на сетке бумагоделательной машины.

Начальный модуль упругости E_1 является интегральной характеристикой области I деформирования материала. Начальный модуль упругости обычно определяют тремя методами (рис. 1.2). Первый метод заключается в нахождении значения E_1 через тангенс угла наклона прямолинейной части графика зависимости «напряжение—деформация» ($E_1 = \text{tg } \alpha_1$), второй — в определении секущего модуля упругости, или модуля общей деформации ($E_{\text{о.д}} = \text{tg } \alpha_2$), причем координаты точки A задаются, и третий метод — в определении модуля упругости для выбранной точки кривой, или текущего модуля упругости ($E_{\tau} = \text{tg } \alpha_3$).

Замедленно-упругая деформация, т. е. проявление вязкоупругих свойств в областях II и III графика зависимости «напряжение—деформация», обусловлена, во-первых, критической длиной волокна (l_k), во-вторых, отно-

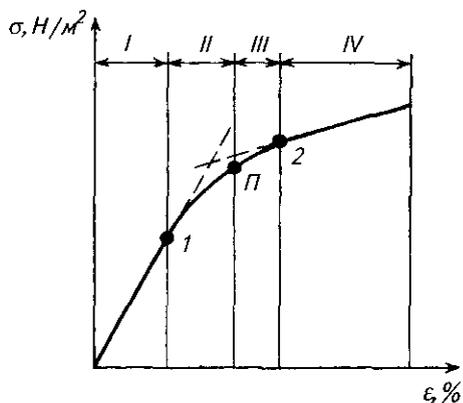


Рис. 1.1. Схема деформационных состояний целлюлозно-бумажных материалов при растяжении

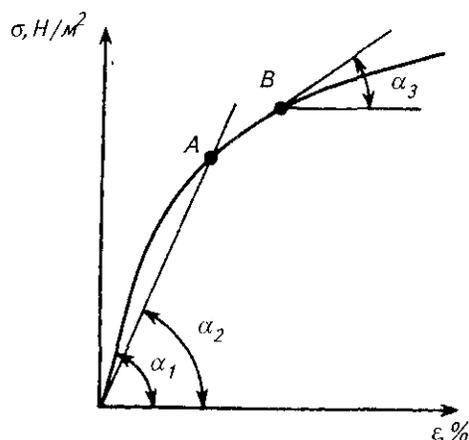


Рис. 1.2. Методы определения начального модуля упругости деформируемого материала

сительным содержанием фракций волокон с $l \leq l_k$ и $l > l_k$, и, в-третьих, относительным вкладом в возникающую пластическую деформацию сдвиговой вынужденной эластичности и крейзования. Разработанные методики позволяют получить характеристики для оценки данных областей деформирования [9–11].

Область IV деформирования материала характеризуется трещиностойкостью, т. е. устойчивостью к возникновению и росту трещин. Одним из основных энергетических критериев, характеризующих рост трещин, является J -интеграл [12], характеристика, находящая все большее применение для оценки качества целлюлозно-бумажных материалов. Количественное измерение трещиностойкости материала позволяет оперативно принимать решения по регулированию производственного процесса. В случае низкой трещиностойкости необходимо повысить эффективность сортирования полуфабрикатов или бумажной массы для уменьшения количества типичных дефектов, увеличить содержание в бумаге длинноволокнистого полуфабриката и длинноволокнистой фракции для нивелирования влияния дефектов; изменить параметры процесса размола для регулирования критической длины волокна и т. д. При излишне высокой трещиностойкости следует применять более дешевые полуфабрикаты или снижать массу 1 м² бумаги.

Для иллюстрации вышесказанного в табл. 1.2 показано влияние степени делигнификации сульфатной небеленой целлюлозы на физико-механические свойства образцов бумаги лабораторного приготовления.

Из табл. 1.2 следует, что снижение критической длины волокна уменьшает вклад в

пластическую деформацию процесса крейзования, что, в свою очередь, снижает трещиностойкость бумаги. Снижение трещиностойкости влечет за собой уменьшение статической (P) и динамической (A_p) прочности.

Важнейшей характеристикой способности материала к деформированию является жесткость при изгибе. Многие виды бумаги и картона при дальнейшей переработке или использовании в качестве конечного продукта должны обладать заданной жесткостью при изгибе. Это, в первую очередь, относится к картонам для производства тары, упаковочным и печатным видам бумаги. Низкая жесткость при изгибе необходима для таких материалов, как санитарно-гигиенические бумаги, нотная бумага и др. Эта весьма важная характеристика в большинстве случаев не регламентируется отечественными стандартами.

Изгиб — это деформация тела под воздействием внешних сил, сопровождающаяся изменением кривизны деформируемого объекта. Различают несколько видов изгиба: чистый, поперечный, косой, продольный. Наибольший интерес для потребителей бумаги вызывает самый распространенный вид изгиба — поперечный.

Деформация изгиба сводится к растяжениям и сжатиям, различным в разных частях тела, т. е. к неоднородному растяжению и сжа-

Таблица 1.2
Физико-механические свойства сульфатной небеленой целлюлозы*

Характеристика	Жесткость, ед. Каппа		
	43,9	32,4	67,2
Начальный модуль упругости E_1 , МПа	5870	6310	6380
Коэффициент Пуассона γ	0,29	0,24	0,22
Относительный вклад в пластическую деформацию, %:			
сдвиговой вынужденной эластичности	42	52	60
крейзования	58	48	40
Критическая длина волокна l_k , мм	1,24	1,18	0,67
Трещиностойкость J_{1c} , мДж/м	1,86	1,29	0,70
Разрушающее усилие P , Н	64,4	59,6	51,3
Работа разрушения A_p , мДж	102	85	74

* Масса образцов 40 г/м; степень помола 45°ШР.

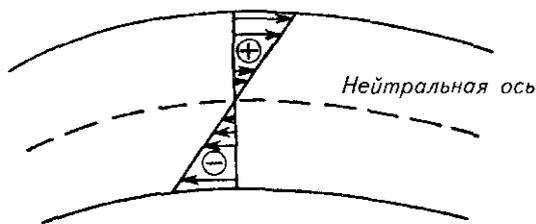


Рис. 1.3. Схема растягивающих (⊕) и сжимающих (⊖) напряжений, возникающих при упругом изгибе материалов

тию. Если изгиб материала происходит в упругой области, то растягивающие и сжимающие напряжения по толщине материала имеют вид, представленный на рис. 1.3. На практике чаще всего наблюдаются случаи, когда напряжение крайнего растянутого волокна ⊕ ниже предела упругости, а напряжение крайнего сжатого волокна ⊖ выше предела упругости при сжатии (рис. 1.4).

Жесткость при изгибе изотропного материала определяется произведением модуля упругости материала E на момент инерции его сечения J . В случае прямоугольного сечения, как у бумаги,

$$J = \frac{b\delta^3}{12}, \text{ см}^4, \quad (1.3)$$

где b и δ — ширина и толщина образца, соответственно, см, а жесткость при изгибе соответственно

$$EJ = E_{\text{изг}} \frac{b\delta^3}{12}, \text{ Н} \cdot \text{см}^2, \quad (1.4)$$

где $E_{\text{изг}}$ — модуль упругости бумаги при изгибе, $\text{Н}/\text{см}^2$.

Модуль упругости характеризует способность бумажного листа сопротивляться деформированию, что обусловлено всей его (листа) предысторией. Установлено, что модуль упругости, определенный при изгибе бумаги, всегда имеет меньшее значение по сравнению с модулем упругости, определенным при ее растяжении. Это, по-видимому, объясняется тем, что в области сжатия у волокон могут возникать боковые перемещения, вызванные потерей устойчивости, от чего и зависит в конечном счете значение $E_{\text{изг}}$.

Величина момента инерции обусловлена геометрическими размерами поперечного сечения образца материала.

Изменения под воздействием различных факторов значений модуля упругости при изгибе и момента инерции неодинаково влияют на жесткость при изгибе. Последняя в большей степени регламентируется модулем

упругости при изгибе в случаях: а) замены одного волокнистого полуфабриката на другой; б) увеличения зольности бумаги; в) использования связующих веществ; г) изменения режима сушки; д) увеличения степени ориентации волокон; е) изменения соотношения фракций с различной длиной волокна.

Момент инерции поперечного сечения образца оказывает решающее влияние на жесткость при изгибе в случаях: а) изменения степени помола массы; б) изменения массы 1 м^2 ; в) изменения давления мокрого прессования; г) проклейки гидрофобными материалами; д) повышения жесткости волокон.

Нет сомнения, что деформационные свойства бумаги и картона, включающие такие характеристики как E_1 — начальный модуль упругости, $S_t = E_1 \delta$ — жесткость при растяжении; EJ — жесткость при изгибе; ϵ_p — деформация разрушения — являются важнейшими показателями качества многих видов бумаги и картона.

Однако необходимо иметь в виду, что прочность и жесткость не одно и то же. Жесткость показывает, насколько податливым является материал. Прочность характеризуется напряжением, необходимым для того, чтобы этот материал разрушить (при растяжении образца), т. е. разорвать материал на части, разрушив все межатомные связи вдоль поверхности разрыва. Существуют и специальные характеристики для оценки прочности отдельных материалов. Так, в случае бумаги используются такие характеристики, как разрушающее усилие (P), разрывная длина (L), разрушающее напряжение (σ_p), сопротивление раздиранию, продавливанию, надрыву, излому и др. Как правило, испытания на прочность обнаруживают большой разброс результатов измерений [13]. Основные положения статистической теории прочности дают следующие объяснения этому факту: 1) в образцах одного и того же матери-

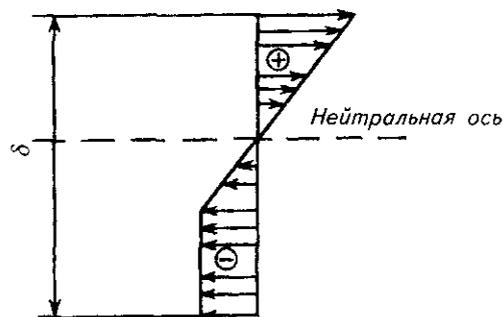


Рис. 1.4. Схема напряжений при изгибе для случая, когда напряжение в сжатых волокнах выше предела упругости при сжатии

ала имеются дефекты различной степени опасности, причем внешне одинаковые образцы, технологически одинаково изготовленные, могут случайно иметь дефекты различной степени опасности; 2) прочность образца в однородно-напряженном состоянии определяется наиболее опасным дефектом; 3) чем больше объем (или поверхность) образца, тем вероятнее присутствие более опасных дефектов. Поэтому достоверная оценка экспериментальных данных невозможна без статистической обработки полученных результатов и определения доверительного интервала.

Образование и рост трещин являются важнейшими процессами, вызывающими разрушение материалов. Механика трещин как самостоятельный раздел физики твердого тела сложилась за последние сорок лет и продолжает интенсивно развиваться. Однако применительно к целлюлозно-бумажным материалам исследования в этой области еще не нашли должного развития. Предметом механики трещин являются особенности деформирования твердых тел с трещинами, условия потери устойчивости (начала роста) трещин в материалах с различной фазовой структурой и деформационными свойствами, теоретическая и экспериментальная оценка сопротивления материалов распространению трещин (трещиностойкости) и др.

Для разработки научно обоснованных методов прогнозирования трещиностойкости (прочности) различных видов бумаги, а также способов создания бумаги с повышенной трещиностойкостью необходимо точное знание характера деформирования и разрушения этого материала.

Вообще по характеру деформирования (реологическим свойствам) материалы подразделяются на три основных класса: 1) линейно-упругие; 2) упругопластичные; 3) вязкоупругие.

Линейно-упругим называют материал, в котором при приложении механической нагрузки вплоть до разрушения развиваются только мгновенные упругие деформации.

Упругопластичным называют материал, в котором при нагружении наряду с мгновенными упругими развиваются также мгновенные пластические деформации.

Вязкоупругим называют материал, в котором при нагружении при любой нагрузке наряду с мгновенными упругими деформациями развиваются неупругие деформации, величина которых зависит от длительности или скорости приложения нагрузки. При этом в зависимости от того, является ли зависимость между напряжением и скоростью деформирования линейной или нелинейной, различают линейно- и нелинейно-вязкоупругие материалы.

Накопленные к настоящему времени экспериментальные данные позволяют утверждать, что бумага является вязкоупругим материалом.

Вязкость играет важную роль в разрушении материала. В сущности, вязкость характеризуется величиной поглощенной энергии или работой разрушения. Работа разрушения равна интегралу от произведения приложенного усилия на удлинение образца, т. е. численно равна площади под графиком зависимости «усилие—удлинение» (Дж). В последнее время для характеристики вязкости бумаги используется характеристика ТЕА (Tensile Energy Absorption) — абсорбированная энергия разрушения. Эта характеристика численно равна интегралу от произведения напряжения на деформацию, т. е. численно равна площади под графиком зависимости «напряжение—деформация» (Дж/м²). При делении этой величины на массу 1 м² бумаги (г/м²) получаем индекс абсорбированной энергии разрыва — индекс ТЕА (Дж/г).

1.3. ПОЛУФАБРИКАТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ И КАРТОНА

Для производства бумаги и картона используются полуфабрикаты, основными из которых являются техническая целлюлоза, полуцеллюлоза, механические массы и макулатура. Существуют следующие способы получения технической целлюлозы и полуцел-

люлозы: 1) кислотные; 2) щелочные; 3) нейтральные; 4) окислительные; 5) ступенчатые; 6) комбинированные [14]. Классификация основных видов технической целлюлозы и полуцеллюлозы и область их применения представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Классификация основных видов целлюлозы и полуцеллюлозы и область их применения

Термин	Определение	Область применения
Волокнистый полуфабрикат целлюлозно-бумажного производства	Волокнистый материал растительного происхождения, предназначенный для производства бумаги, картона или для химической переработки	Различные виды бумаги, картона, химические волокна
Техническая целлюлоза	Волокнистый полуфабрикат, получаемый варкой растительного сырья с растворами химикатов, в результате которой удаляется большая часть нецеллюлозных компонентов — лигнина, гемицеллюлоза, экстрактивные вещества	То же
Сульфатная целлюлоза:	Целлюлоза, получаемая сульфатной варкой	
жесткая сульфатная целлюлоза из хвойной древесины	Небеленая сульфатная целлюлоза с жесткостью по Каппа более 38	Мешочная и высокопрочная упаковочная бумага
среднежесткая сульфатная целлюлоза из хвойной древесины	Небеленая сульфатная целлюлоза с жесткостью по Каппа от 29 до 38	Бумага упаковочная и оберточная; основа различных видов бумаги (для парафинирования, клеевой ленты, абразивной), различные виды картона (коробочный, обивочный, водостойкий, прокладочный, обувной), электрокартон, электроизоляционная бумага (конденсаторная, телефонная, кабельная)
мягкая сульфатная целлюлоза из хвойной древесины	Небеленая сульфатная целлюлоза с жесткостью по Каппа менее 29	Бумага влагопрочная, текстурная, основа для слоистого пластика; картоны для слоистого пластика, фильтрующих элементов
Сульфитная целлюлоза:	Целлюлоза, получаемая сульфитной варкой	
жесткая сульфитная целлюлоза из хвойной древесины	Небеленая сульфитная целлюлоза с жесткостью по Каппа более 27	В композиции бумаги для письма и печати (газетная, типографская), упаковочной, оберточной, обойной, жиронепроницаемой, курительной бумаги
среднежесткая сульфитная целлюлоза из древесины: хвойной лиственной	Небеленая сульфитная целлюлоза с жесткостью по Каппа от 17 до 27	Впитывающие виды бумаги В композиции бумаги для печати, обложечной, шпульной, спичечной, оберточной, афишной, билетной бумаги
мягкая сульфитная целлюлоза	Небеленая сульфитная целлюлоза с жесткостью по Каппа менее 17	Для получения искусственных волокон, бумаги санитарно-гигиенической
Бисульфитная целлюлоза из древесины:	Целлюлоза, получаемая бисульфитной варкой	
хвойной лиственной		В композиции газетной, журнальной, оберточной, обойной бумаги, подпергамента, прочной бумаги для пряжи В композиции бумаги для письма (70 %), печати (50 %), черчения (65 %), подпергамента, санитарно-гигиенических бумаг (100 %), газетной бумаги

Продолжение табл. 1.3

Термин	Определение	Область применения
Натронная целлюлоза из лиственной древесины	Целлюлоза, получаемая натронной варкой	Упаковочная бумага, бумага для письма и печати, впитывающие виды бумаг
Полисульфидная целлюлоза из хвойной древесины	Целлюлоза, получаемая полисульфидной варкой	Конденсаторная и другие виды электротехнической бумаги и картона, картон для плоских слоев гофрированного картона
Небеленая целлюлоза	Целлюлоза, не подвергавшаяся отбелке	Различные виды бумаги и картона
Белимая целлюлоза	Целлюлоза, предназначенная для отбелки	То же
Беленая сульфатная целлюлоза из древесины: хвойной лиственной	Сульфатная целлюлоза, подвергнутая отбелке	Основа бумаги для печати, письма, черчения, рисования, основа диазобумаги, пергамента, фотобумаги, синтетического шпона, парафинированной бумаги, тонкие прочные виды бумаги типа чертежной прозрачной кальки, различные виды упаковочной бумаги, коробочный картон, бумага санитарно-гигиенического назначения В композиции бумаги для письма (до 60 %), черчения, рисования (30...60 %), печати (50 %), основы для светочувствительной бумаги (16 %), основы для упаковки молока, пищевых продуктов (до 70 %), бумаги-основы для облицовочных материалов (декоративного слоя для отделки плит и производства декоративного бумажно-слоистого пластика до 50 %)
Беленая сульфитная и бисульфитная целлюлоза из хвойной древесины	Сульфитная и бисульфитная целлюлоза, подвергнутая отбелке	В композиции бумаги для печати, письма, черчения, рисования, подпергамента, основы для мелования, фотоподложки, бумаги санитарно-гигиенического назначения (30...75 %)
Кислородно-щелочная беленая целлюлоза из лиственной древесины	Целлюлоза, полученная кислородно-щелочной варкой и подвергнутая отбелке	В композиции бумаги для письма, печати, упаковочной и санитарно-гигиенической бумаги
Целлюлоза высокого выхода	Волокнистый полуфабрикат с выходом 55...65 %, получаемый варкой с последующим размолом	В композиции различных видов бумаги и картона
Полуцеллюлоза:	Волокнистый полуфабрикат с выходом 65...75 %, получаемый неглубокой варкой растительного сырья с последующим размолом	
сульфатная	Полуцеллюлоза, получаемая сульфатной варкой	Бумага для гофрирования, коробочный картон
сульфитная	Полуцеллюлоза, получаемая сульфитной варкой	В композиции газетной бумаги, жиронепроницаемой, пергамина
бисульфитная	Полуцеллюлоза, получаемая бисульфитной варкой	В композиции обоевой, афишной, упаковочной, газетной, бумаги-основы для гофрирования, плоских слоев гофрированного картона
нейтрально-сульфитная	Полуцеллюлоза, получаемая нейтрально-сульфитной варкой	В композиции бумаги для гофрирования и гладких слоев гофрированного картона, газетной бумаги, пергамента и подпергамента (80...100 %), бумаги санитарно-гигиенического назначения
натронная	Полуцеллюлоза, получаемая натронной варкой	В композиции бумаги для гофрирования, внутренних слоев тарных картонов
белимая	Полуцеллюлоза, предназначенная для отбелки	—
беленая	Полуцеллюлоза, подвергнутая отбелке	—

1.3.1. ГЛАВНЫЕ СВОЙСТВА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Пригодность полуфабриката для производства данного вида бумаги или картона оценивается рядом свойств.

Морфологические свойства волокон. К ним относятся длина, ширина, толщина клеточной оболочки, размер полости, фибриллярное строение. У хвойных пород древесины механическую прочность обеспечивают толстостенные поздние трахеиды, а в древесине лиственных пород — волокна либриформа и волокнистые трахеид. Внешний вид и относительные размеры различных волокон представлены на рис. 1.5.

Модель ультраструктуры клеточной стенки волокна технической целлюлозы представлена на рис. 1.6 [17]. Волокно (а) имеет трехслойную вторичную оболочку (б). Фрагмент центрального слоя этой оболочки (в) дает возможность наблюдать микро-

фибриллы целлюлозы (белого цвета), которые частично разделены микропорами (черного цвета). Макрофибриллы состоят из многочисленных микрофибрилл (z), которые состоят из пучков целлюлозных молекул, образующих на некоторых участках упорядоченные структуры, или мицеллы (б). Строение молекул можно считать кристаллическим, так как глюкозные остатки образуют правильную трехмерную решетку (d) и связаны между собой β -1,4-глюкозидными связями (e).

Молекула имеет диаметр около $8 \cdot 10^{-10}$ м и неразличима в электронном микроскопе. Соединяясь бок о бок, молекулы образуют элементарные фибриллы с диаметром преимущественно $35 \cdot 10^{-10}$ м. Молекулы целлюлозы и элементарные фибриллы представляют собой лентовидные структуры. Элементарные фибриллы объединяются в пучки, называемые микрофибриллами. Эти пучки содержат до 2000 целлюлозных молекул и имеют диаметр порядка $250 \cdot 10^{-10}$ м.

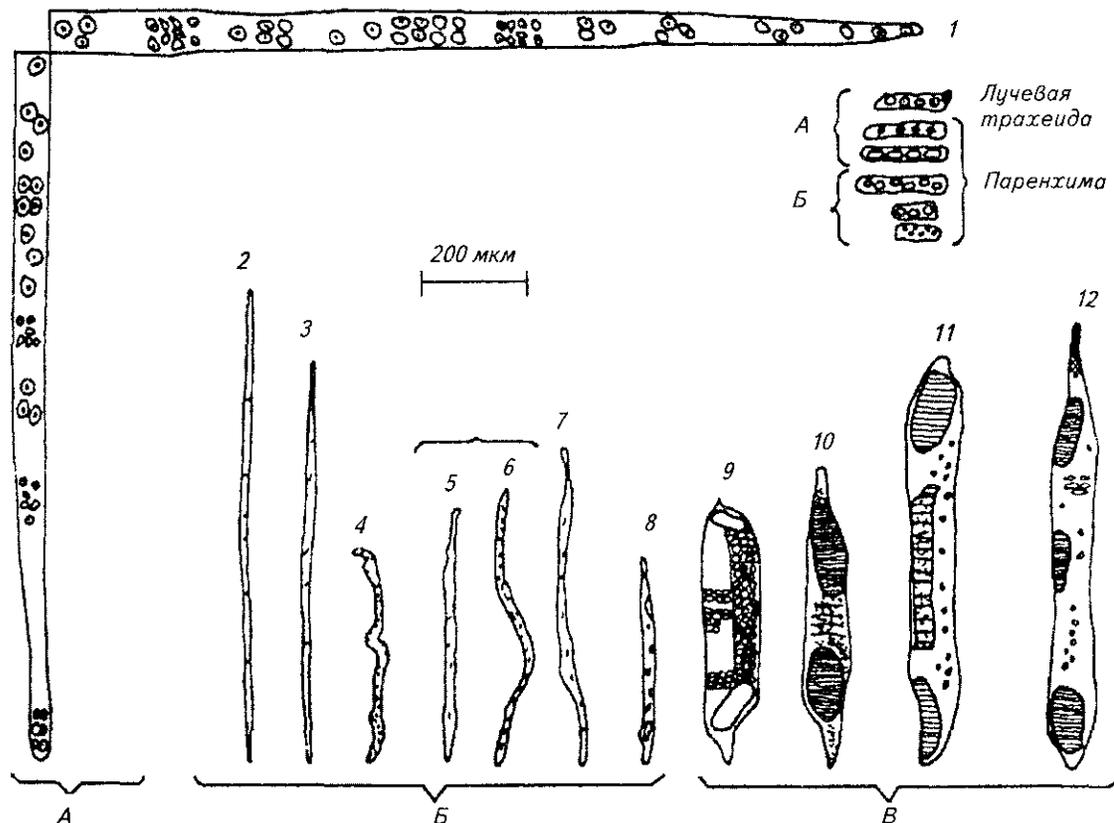


Рис. 1.5. Относительные размеры различных волокон хвойных и лиственных пород древесины: А — волокно хвойных пород древесины; Б — волокно лиственных пород древесины; В — сосуды лиственных пород древесины; 1 — волокно сосны; 2 — волокно березы; 3 — волокно осины; 4 — трахеида дуба; 5 — волокно эвкалипта; 6 — трахеида эвкалипта; 7 — весенняя древесина дуба; 8 — осенняя древесина дуба; 9 — сосуды осины; 10 — сосуды березы; 11 — сосуды дуба; 12 — сосуды эвкалипта

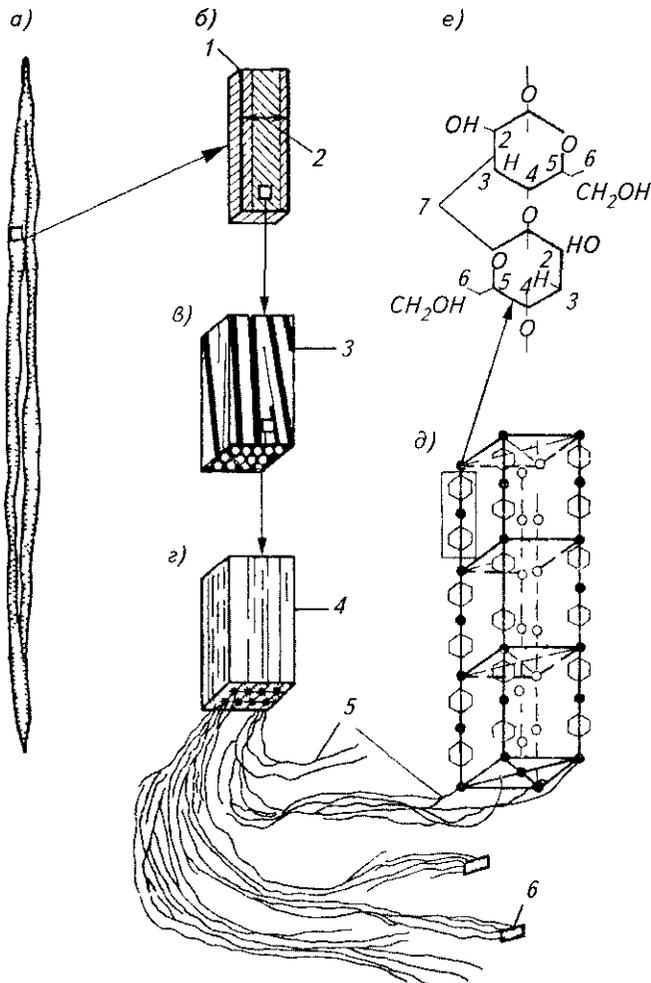


Рис. 1.6. Схема структуры волокна: а — волокно, б — трехслойная вторичная оболочка; в — центральный слой (белым цветом обозначены микрофибриллы); г — фрагмент центрального слоя с микрофибриллами; д — глюкозные остатки; е — схема звеньев молекулы целлюлозы; 1 — первичная оболочка; 2 — трехслойная вторичная оболочка; 3 — макрофибрилла, 4 — микрофибрилла; 5 — молекулы целлюлозы; 6 — мицеллы; 7 — два глюкозных остатка

Микрофибриллы объединяются далее в макрофибриллы, достигающие диаметра 0,4 мкм и содержащие до $5 \cdot 10^9$ молекул целлюлозы. Вторичная оболочка целлюлозного волокна содержит уже до $2 \cdot 10^9$ целлюлозных молекул.

Основные свойства волокон технической целлюлозы. В настоящее время различают шесть основных свойств волокон технической целлюлозы: 1) среднюю длину волокон; 2) способность к уплотнению во влажном состоянии; 3) собственную прочность волокон; 4) когезионную способность; 5) грубость волокон; 6) способность к размолу [16].

Средняя длина волокон. Волокнистый полуфабрикат после варки содержит смесь во-

локнистых и неволокнистых элементов разной длины: от 0,1 до 5,0 мм. Мелочь с размерами до 0,1 мм составляют в основном элементы неволокнистого характера в виде паренхимных клеток, клеток эпидермиса, сосудов и обрывков волокон. При промывке технической целлюлозы часть мелочи уходит с промывной водой, причем потери будут зависеть от размеров анатомических элементов, номера сетки на фильтре и интенсивности промывки.

Различают два вида средней длины волокон: среднеарифметическую и средневзвешенную. Среднеарифметическую длину волокон получают делением суммы длин всех волокон данной пробы на их количество. При определении средневзвешенной длины в расчет принимают массовую долю фракций с различной длиной волокон. Среднеарифметическая длина всегда меньше, чем средневзвешенная. При этом средневзвешенная длина волокон имеет большее практическое значение, поскольку гораздо точнее коррелируется с характеристиками бумажной массы и показателями качества готовой бумаги.

Длина волокон полуфабриката зависит от следующих факторов: вида древесины (у хвойных пород она выше, чем у лиственных); возраста дерева (волокнистый полуфабрикат из молодой древесины имеет меньшую среднюю длину волокна, чем из спелой древесины); метода варки и степени делигнификации.

Многочисленные исследования показывают, что тесная связь средней длины волокна с физико-механическими характеристиками целлюлозно-бумажных материалов наблюдается не всегда. Это объясняется большим разнообразием фракционного состава полуфабрикатов: у образцов целлюлозы с одинаковой средней длиной волокна (е) относительное содержание отдельных фракций может существенно различаться, что приводит к значительным колебаниям упругих, вязкоупругих и прочностных характеристик образцов (рис. 1.7).

Различия во фракционном составе и адгезионной способности (у мелкого волокна она выше) приводят к различиям в ходе кривых, отражающих зависимости «напряжение—деформация», а следовательно, и в значениях характеристик деформативности и прочности.

Кроме того, различные показатели механической прочности целлюлозно-бумажных материалов по-разному реагируют на изменения длины волокон. Так, трещиностойкость бумаги пропорциональна средневзвешенной длине волокна в степени 1,5, т. е. пропорцио-

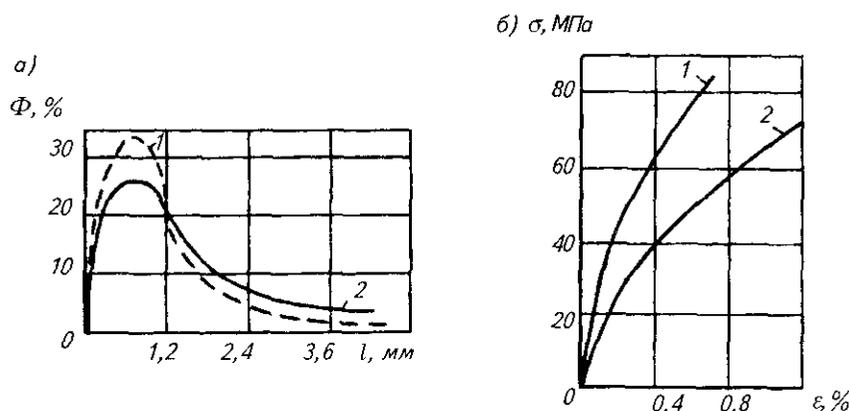


Рис. 1.7. Кривые распределения фракций (Φ) волокон различной длины l (а) и зависимости $\sigma(\epsilon)$ «напряжение—деформация» (б) у идентичных образцов волокон сульфатной небеленой целлюлозы:

1, 2 — средневзвешенная длина волокна 1,45 и 1,46 мм, межволоконные силы связи 1,1 и 0,9 МПа соответственно

нальна $l^{1,5}$, сопротивление продавливанию пропорционально l , а разрывная длина — $l^{0,5}$.

Способность волокон к уплотнению во влажном состоянии. Это свойство волокон во многом определяет оптические и физические свойства бумаги. От него зависят площадь связанной поверхности волокон, наличие воздушного пространства между ними, т. е. кажущаяся плотность, а также обезвоживающая способность полотна бумаги. Основными факторами, определяющими способность волокон к уплотнению, являются: жесткость при изгибе, степень набухания волокон при взаимодействии с водой и склонность к фибрилляции при размоле. Жесткость волокон при изгибе находится в линейной зависимости от содержания остаточного лигнина и температуры сушки на БДМ и пропорциональна диаметру волокна в третьей степени. Жесткость волокна при изгибе снижается с возрастанием содержания в стенке волокна целлюлоз-

ных макромолекул с конформацией, отличной от конформации макромолекул нативной целлюлозы. Последнее обстоятельство определяется технологическими факторами процесса варки технической целлюлозы и режимом ее размола (табл. 1.4 – 1.6).

Лучшей характеристикой способности волокон уплотняться является пухлость (величина, обратная кажущейся плотности бумаги).

Собственная прочность волокон. Фундаментальным фактором деформативности и прочности бумаги, наряду с адгезионной способностью является прочность волокон при приложении растягивающей нагрузки. Необходимо различать вклад прочности волокон и энергии межволоконных сил связи в формирование физико-механических свойств бумаги. Это вопрос важный не только в теоретическом отношении, но и имеющий большое практическое значение.

Таблица 1.4

Влияние жесткости при изгибе исходных волокон сульфатной небеленой целлюлозы на способность к уплотнению и физико-механические свойства бумаги

Жесткость при изгибе отдельного волокна, $\text{мН} \cdot \text{см}^2$		Выход целлюлозы по варке, %	Содержание лигнина, %	Толщина бумаги, мкм	Пухлость, $\text{см}^3/\text{г}$	Жесткость бумаги при изгибе, $\text{мН} \cdot \text{см}^2$	Модуль упругости при изгибе, МПа
до сушки	после 1 мин сушки при 110°C						
$6,34 \cdot 10^{-5}$	$8,42 \cdot 10^{-5}$	43,00	3,40	154	1,54	120	2630
$6,55 \cdot 10^{-5}$	$10,0 \cdot 10^{-5}$	43,42	4,60	164	1,64	154	2800
$7,25 \cdot 10^{-5}$	$11,6 \cdot 10^{-5}$	46,39	6,40	172	1,72	188	2840
$8,53 \cdot 10^{-5}$	$13,8 \cdot 10^{-5}$	49,55	9,25	190	1,89	228	2890

Таблица 1.5
Влияние степени делигнификации сульфатной небеленой целлюлозы на способность волокон к уплотнению и физико-механические свойства бумаги

Степень делигнификации, ед. Каппа	$C_{2\text{неуп.}}^*$	Пухлость, $\text{см}^3/\text{г}$	Разрывная длина, м	Начальный модуль упругости, МПа
43,5	0,562	2,75	7600	1170
30,8	0,496	2,29	7800	1340
22,9	0,493	2,23	8200	2830
20,7	0,475	2,17	8400	2810

* $C_{2\text{неуп.}}$ — относительное содержание целлюлозных макромолекул с конформацией, отличной от конформации макромолекул нативной целлюлозы.

Растительные волокна обладают высокой механической прочностью (табл. 1.7).

Прочность волокон технической целлюлозы можно определить прямым путем по разрывному усилию или рассчитать как разрушающее напряжение, т. е. отношение разрывного усилия к площади поперечного сечения. Однако подготовка волокон к испытаниям на разрыв является весьма трудоемкой операцией, кроме того, есть трудности в определении прочности на разрыв мелких волокон.

На практике используют косвенную характеристику прочности волокон, так называемую *нулевую разрывную длину*, т. е. разрывную длину стандартного образца бумаги, полученную при нулевом расстоянии между зажимами разрывной машины. Нулевую разрывную длину рассчитывают в километрах

Таблица 1.6
Влияние степени помола сульфатной небеленой целлюлозы на способность волокон к уплотнению и физико-механические свойства бумаги

Степень делигнификации, ед. Каппа	Степень помола, °ШР	Пухлость, $\text{см}^3/\text{г}$	Разрывная длина, м	Начальный модуль упругости, МПа	Жесткость бумаги при изгибе, $\text{мН} \cdot \text{см}^2$
57	13	2,58	1100	1320	96
	17	1,54	6650	5000	104
	25	1,45	7400	6150	76
	40	1,31	8900	6570	81
	60	1,20	10 600	9990	77
21	16	2,31	1600	2080	121
	18	1,53	6200	5580	105
	25	1,27	10 550	7870	94
	40	1,25	10 300	10 400	87
	60	1,17	9850	10 940	68

или метрах. Считается, что разрывное усилие при определении нулевой разрывной длины для образцов лиственной целлюлозы составляет примерно 40 %, а для образцов хвойной целлюлозы — примерно 33 % от разрывного усилия отдельного волокна. На измеряемое значение нулевой разрывной длины заметное влияние оказывают степень ориентации волокон в испытуемом образце и межволоконные силы связи. Для определения нулевой разрывной длины используют специальные приставки к разрывной машине. На кончики зажимов приставок помеща-

Таблица 1.7
Механические свойства единичных волокон технической целлюлозы [16]

Вид целлюлозы	Разрывное усилие, мН	Площадь поперечного сечения, мкм^2	Разрушающее напряжение, МПа
Хлопковая	118	148	794
Вискозная сульфитная	72	305	235
Лиственничная полисульфидная небеленая	274	728	376
Лиственничная сульфатная небеленая:			
	ранние волокна	235	787
" " " "	363	708	510
Лиственная сульфатная беленая	167	589	310
Еловая сульфатная небеленая:			
	ранние волокна	127	687
" " " "	157	548	284
Еловая сульфатная беленая	127	220	289
Кордная сульфатная	102	312	323
Пихтовая сульфатная небеленая:			
	ранние волокна	147	681
" " " "	176	600	295
Сосновая сульфатная небеленая:			
	ранние волокна	157	656
" " " "	167	581	284
Кедровая сульфатная небеленая:			
	ранние волокна	118	682
" " " "	137	580	235
Березовая сульфатная небеленая	330	310	1064
Осиновая сульфатная небеленая	290	300	966
Тополевая сульфатная небеленая	280	240	1166

ют накладки из специальных сортов твердой стали, которые препятствуют износу кромок, вызывающему понижению результатов испытаний.

Вообще говоря, существует определенная путаница при использовании понятия «прочность волокна». Обычно, когда производитель бумаги говорит о «прочности волокна», то имеется в виду не прочность индивидуальных волокон, а прочность образца технической целлюлозы, бумаги или картона, испытанного в определенных условиях.

На прочность волокон влияют следующие факторы:

1) морфологические особенности исходного сырья, в частности, толщина клеточной стенки (позднее волокно имеет большую прочность);

2) способ варки целлюлозы; при одинаковом выходе нулевая разрывная длина у нейтрально-сульфитной целлюлозы составила 14,5, у сульфатной — 13,2, у сульфитной — 11,5 км;

3) характер процесса размола и его конечный результат, т. е. степень помола полуфабрикатов; при этом у волокон сульфатной целлюлозы с увеличением степени помола прочность снижается в большей степени, чем у сульфитной.

В последнее время применяется метод определения прочности целлюлозного волокна по средней степени полимеризации целлюлозы и характеру распределения фракций целлюлозы с различной степенью полимеризации. Известно, что чем больше в целлюлозе высокомолекулярных фракций, тем выше механическая прочность волокон и тем труднее такая целлюлоза поддается размолу. Однако для целлюлоз, полученных различными методами, оценка прочности волокон по вязкости или степени полимеризации может дать и несколько другие результаты [17].

Когезионная способность. На прочность бумаги большое влияние оказывают межволоконные силы связи и собственная прочность волокна. Классическим примером является работа Ван-ден-Аккера с сотрудниками, которая показала, что часть волокон, попавшая в зону разрушения растягиваемого образца бумаги, рвется, а другая часть остается неповрежденной. Было установлено, что при умеренной степени помола разрушается от 40 до 70 % волокон, попавших в зону разрыва образца. С увеличением степени помола и при введении в композицию бумаги связующих веществ доля разрушенных волокон возрастает. При использовании длинноволок-

нистых полуфабрикатов относительное количество разрушенных волокон выше, чем при использовании коротковолокнистых полуфабрикатов. Предложено уравнение, выражающее зависимость прочности бумаги на разрыв в зависимости от двух составляющих — собственной прочности волокон и способности к связеобразованию:

$$1/T = 9/Z + 12A\rho g/[\sigma LP(RVA)], \text{ м}^{-1}, \quad (1.5)$$

где T — прочность образца материала на разрыв, м^{-1} ; Z — нулевая разрывная длина, м^{-1} ; A — поперечное сечение волокон, м^2 ; ρ — плотность волокон, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; g — ускорение свободного падения, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$; σ — напряжение, возникающее при сдвиге волокон, $\text{Н} \cdot \text{м}^{-2}$; L — средневзвешенная длина волокон, м ; P — средний периметр волокон, м ; RVA — относительная площадь связанной поверхности волокон в испытуемом образце.

Из-за трудностей, связанных с определением членов уравнения (1.5), практического использования это уравнение не нашло.

Межволоконные силы связи в бумаге определяются водородными связями, силами Ван-дер-Ваальса и силами трения. Соотношение между этими составляющими различно и зависит от многих технологических факторов, среди которых одним из главных является степень помола целлюлозы.

Когезионная способность волокон рассчитывается как отношение разрушающего усилия при сдвиге соприкасающихся поверхностей двухслойного образца бумаги к площади контакта слоев. В отечественной практике обычно используется метод, предложенный проф. С. Н. Ивановым [18]. Существуют и другие методы, в частности, метод, описанный Кларком [17].

При определении свойств некоторых видов целлюлозно-бумажных материалов (бумаги для печати, многослойных картонов) измеряется когезионная способность в поперечном направлении (сопротивление выщипыванию). Эту характеристику лучше определять динамическим методом на приборе Скотта.

Влияние вида волокнистого полуфабриката и степени помола волокна на когезионную способность представлено в табл. 1.8.

Грубость волокон. Грубость волокон определяется как масса (мг) ста метров волокон. Эта характеристика обозначается как децигрекс (дг).

Большую грубость имеют волокна из поздней дровесины, т. е. волокна, обладающие

Таблица 1.8

Влияние природы волокна и степени его помола на межволоконные силы связи в бумаге

Степень помола, °ШР	Льняная полумасса			Хлопковая полумасса			Сульфатная лиственная беленая целлюлоза			Сульфатная небеленая целлюлоза			Сульфатная беленая целлюлоза			Сульфитная небеленая целлюлоза			Сульфитная беленая целлюлоза					
	δ , мкм	V , см ³ /г	$F_{св}$, МПа	δ , мкм	V , см ³ /г	$F_{св}$, МПа	δ , мкм	V , см ³ /г	$F_{св}$, МПа	δ , мкм	V , см ³ /г	$F_{св}$, МПа	δ , мкм	V , см ³ /г	$F_{св}$, МПа	δ , мкм	V , см ³ /г	$F_{св}$, МПа	δ , мкм	V , см ³ /г	$F_{св}$, МПа	δ , мкм	V , см ³ /г	$F_{св}$, МПа
13	—	—	—	—	—	—	162	1,61	0,48	206	2,08	0,57	216	2,17	0,21	174	1,72	0,20	167	1,67	0,22			
25	164	1,64	0,75	137	1,34	0,99	133	1,33	1,80	144	1,45	1,75	166	1,67	1,40	147	1,47	1,38	150	1,49	1,38			
35	155	1,54	1,14	132	1,32	1,21	126	1,27	1,88	146	1,45	1,73	149	1,49	1,42	141	1,41	1,50	141	1,41	1,48			
45	140	1,39	1,49	128	1,28	1,38	122	1,22	2,18	142	1,41	2,02	152	1,51	1,61	137	1,37	1,57	136	1,35	1,75			
60	130	1,30	1,61	125	1,25	1,58	120	1,20	2,30	140	1,41	2,14	143	1,43	1,78	134	1,33	2,02	137	1,37	1,79			
75	125	1,25	1,75	122	1,22	1,70	113	1,12	2,40	140	1,41	2,47	133	1,33	2,30	129	1,28	2,24	132	1,32	2,11			

толстой стенкой и небольшой полостью. В бумажной массе они сохраняют круглую форму и придают бумаге пухлость. Более длинное волокно, как правило, имеет большую грубость.

В табл. 1.9 представлены данные о влиянии метода получения полуфабриката и породы древесины на грубость волокон.

Способность к размолу. Кларк определяет это свойство как увеличение разрывной длины в начальной стадии процесса при удвоении расхода энергии на размол.

Для оценки свойств технической целлюлозы в стандартных условиях проводят ее размол, в соответствии с действующими стандартами получают лабораторные отливки материала и готовят их к испытаниям. Свойства полуфабриката оценивают такими характеристиками, как степень помола, продолжительность размола для достижения задан-

ной степени помола, удельная поверхность волокон. Одновременно определяется набор показателей, характеризующих упругость, вязкоупругость, жесткость, прочность и т. д. Хорошее представление о размолотом полуфабрикате дает удельная поверхность волокон, которая зависит от методов получения полуфабриката и хорошо коррелирует с физико-механическими свойствами бумаги и картона. Изменение удельной поверхности волокон при размоле представлено в табл. 1.10.

На способность к размолу большое влияние оказывает химический состав полуфаб-

Таблица 1.10

Изменение удельной поверхности волокон в процессе размола [19]

Древесина	Вид полуфабриката	Степень помола, °ШР	Средний прирост наружной поверхности на 1 °ШР, см ² /г	Удельная (наружная) поверхность волокон, см ² /г*
Сосна	Целлюлоза сульфатная	13	1300	17 000
		27	1300	35 000
		50	1200	60 000
		75	1080	80 000
Береза	Целлюлоза сульфатная	18	1200	15 000
		33	950	32 000
		65	950	65 000
Осина	Целлюлоза сульфатная	18	800	12 500
		23	790	18 000
		29	700	20 000
		39	770	30 000
Ель	Целлюлоза сульфатная	12	1000	12 000
		30	1200	37 000
		54	1400	55 000
		80	1050	84 000
Ель	Древесная масса белая	14	710	10 000
		27	750	20 000
		45	700	30 000
		71	650	46 000

* Удельная поверхность определялась по методу проницаемости.

Таблица 1.9
Грубость различных целлюлозных волокон по методу Рейнджера [17]

Полуфабрикат	Порода древесины	Грубость, мг/100 м
Белая древесная масса	Ель	28,4
Небеленая сульфитная целлюлоза	»	19,1
Беленая сульфитная целлюлоза	»	19,3
Полубеленая сульфатная целлюлоза	Южная сосна	20,4
Древесная масса	Осина	23,5
Холоднощелочная полуцеллюлоза	Смесь лиственных пород	15,6
Небеленая сульфатная целлюлоза	Береза	12,1
Беленая сульфатная целлюлоза	»	10,5

Таблица 111

Влияние основных свойств волокон на характеристики полуфабрикатов («+» — положительное влияние, «-» — отрицательное)

Свойство волокна	Главное влияние	Второстепенное влияние	Незначительное влияние	Минимальное влияние
Средневзвешенная длина зависит от	-	Процент обрывков (P) [*] (+)	-	Необычное распределение по грубости в смеси из различных видов полуфабрикатов (+) (-)
Грубость зависит от влияет на	Периметр волокон (+) Толщина стенки (+) Способность к размолу (+) Обезвоживание на машине (+) Удельный объем во влажном состоянии (+) Способность уплотняться во влажном состоянии (-) Коэффициент светорассеяния (-)	Процент обрывков (P) [*] (-)	- -	- -
Способность к уплотнению во влажном состоянии зависит от влияет при испытаниях на влияет на	Толщина стенок (-) Грубость (-) Обезвоживание на машине (-)	Когезионная способность (-) Процент обрывков (P) ^γ (+) Удельный объем во влажном состоянии (-) -	- - Садкость (-) Коэффициент светорассеяния (-)	Необычное распределение по длине (+) - -
Собственная прочность зависит от влияет на	Степень полимеризации (+) Вязкость (+) Способность к уплотнению во влажном состоянии (-)	Степень кристалличности (+) Гемипеллюлозы (-) (-) Угол наклона фибрилл (-) -	- -	Процент обрывков (P) [*] (-) -
Когезионная способность зависит от влияет при испытаниях на	Содержание гемипеллюлоз (+) Способность к размолу (-) -	Степень полимеризации (-) Процент обрывков (+) (-) (положительное влияние для древесной массы и целлюлозы, полученной щелочными методами варки) -	Содержание лигнина (-) -	- Способность уплотняться во влажном состоянии (+)
Способность к размолу зависит от	Собственная прочность (-) Толщина стенки (-) Содержание гемипеллюлоз (+) Содержание лигнина (-) Степень кристалличности (-) Садкость (+)	- - -	- -	- -
Обрывки волокон влияют при испытании на влияют на	Удельная поверхность (+) -	Среднемассовая длина (P) [*] -	Грубость (P) [*] Когезионная способность (+) Коэффициент светорассеяния (+)	- Обезвоживание на машине (-) Удельный объем во влажном состоянии (-) Собственная прочность (P) ^γ
Растяжимость зависит от	Угол наклона фибрилл (+)	-	Собственная прочность (+)	-

Примечание (P)^{*} — влияние имеется но не носит характера закономерности

рика, т.е. содержание лигнина, гемицеллюлозы и альфацеллюлозы.

Влияние некоторых факторов на основные свойства технической целлюлозы, по данным Кларка [17], представлено в табл. 1.11. На практике, при эксплуатации конкретного технологического оборудования, возникают затруднения при определении того соотношения характеристик бумажной массы, которое будет наилучшим для данного вида бумаги или картона. Это объясняется одновременным влиянием большого числа переменных факторов и трудностями, связанными с их измерением. Тем не менее понимание взаимосвязи принятых стандартных характеристик качества целлюлозно-бумажных материалов с пятью главными свойствами волокон (средневзвешенной длиной волокон L , их толщиной G , собственной прочностью Z , когезионной способностью S и способностью волокон к уплотнению во влажном состоянии V) может быть полезным при оптимизации технологии производства целлюлозно-бумажных материалов.

Кларк предложил уравнения, связывающие характеристики прочности с пятью главными (фундаментальными) свойствами технической целлюлозы [17]. В этих уравнениях значения коэффициента K зависят от вида технической целлюлозы, также на них оказывает влияние способ варки.

Разрывная длина

$$P = K_p Z^{0,5} S^{0,5} L^{0,5} G^{-0,5} V^{-1,0}. \quad (1.6)$$

Показатель сопротивления продавливанию

$$B = K_B Z^{0,5} S^{0,5} L^{1,0} G^{-0,5} V^{-1,0}. \quad (1.7)$$

Показатель сопротивления раздиранию

$$T = K_T Z^{1,0} S^{0,5} L^{1,5} G^{-0,5} V^{-1,0}. \quad (1.8)$$

Сопротивление излому

$$F = K_F Z^{2,0} S^{1,0} L^{0,5} G^{-3,0} V^{0,5}. \quad (1.9)$$

Корреляция расчетных данных, полученных с использованием приведенных уравнений, с экспериментальными данными представлена на рис. 1.8.

Авторами [20] предложен способ построения зависимости «напряжение—деформация» целлюлозно-бумажных материалов при растяжении с использованием уравнения типичного тела с одним временем релаксации:

$$\sigma(\epsilon) = E_2 \epsilon + \nu n (E_1 - E_2) (1 - e^{-\epsilon/\nu n}), \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}, \quad (1.10)$$

где E_1 — начальный модуль упругости, $\text{Н} \cdot \text{м}^{-2}$; E_2 — модуль упругости в области предразрушения, $\text{Н} \cdot \text{м}^{-2}$; n — время релаксации напряжения, с; ν — скорость приложения нагрузки, с^{-1} .

На рис. 1.9 представлены расчетные кривые « $\sigma(\epsilon)$ », полученные при варьировании одной из главных характеристик целлюлозно-бумажного волокна (L, S, V, Z)¹ при неизменных значениях остальных характеристик.

Из приведенных зависимостей следует, что каждая из фундаментальных характеристик оказывает избирательное влияние на характер зависимости « $\sigma(\epsilon)$ », т. е. избирательно вли-

¹ Названия характеристик см. на с. 32.

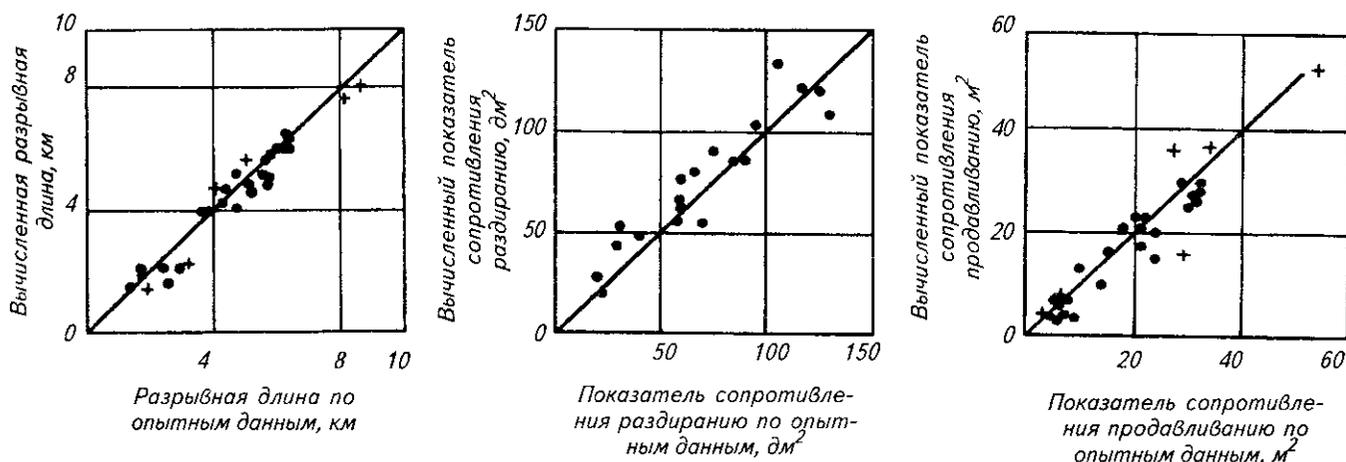


Рис. 1.8. Корреляция между характеристиками прочности, определенными экспериментально и рассчитанными по уравнениям Кларка:

• — сульфитная целлюлоза, + — сульфатная целлюлоза [19]

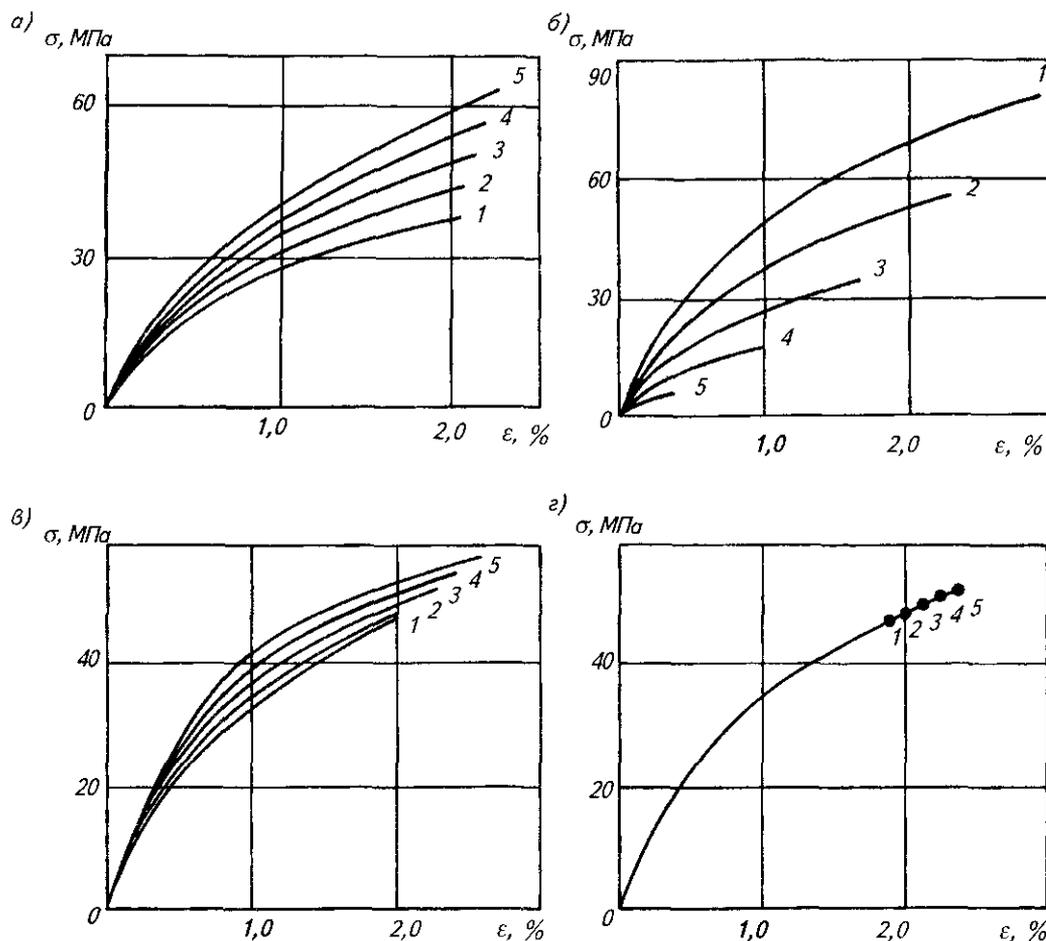


Рис. 1.9. Влияние значений главных характеристик волокон сульфатной небеленой целлюлозы на расчетные зависимости $\sigma(\epsilon)$: а — изменяется L (1 — 1,50 мм; 2 — 1,76 мм; 3 — 2,03 мм; 4 — 2,29 мм; 5 — 2,55 мм) при $V = 1,58 \text{ см}^3/\text{г}$; $S = 0,65 \text{ МПа}$; $Z = 9,4 \text{ км}$; б — изменяется V (1 — $1,03 \text{ см}^3/\text{г}$; 2 — $1,46 \text{ см}^3/\text{г}$; 3 — $1,89 \text{ см}^3/\text{г}$; 4 — $2,32 \text{ см}^3/\text{г}$; 5 — $2,75 \text{ см}^3/\text{г}$) при $L = 2,04 \text{ мм}$; $S = 0,65 \text{ МПа}$; $Z = 9,4 \text{ км}$; в — изменяется S (1 — 0,17 МПа; 2 — 0,66 МПа; 3 — 1,15 МПа; 4 — 1,63 МПа; 5 — 2,12 МПа) при $L = 2,04 \text{ мм}$; $V = 1,58 \text{ см}^3/\text{г}$; $Z = 9,4 \text{ км}$; г — изменяется Z (1 — 7,3 км; 2 — 8,3 км; 3 — 6,3 км; 4 — 10,3 км; 5 — 11,3 км) при $L = 2,04 \text{ мм}$; $S = 0,65 \text{ МПа}$; $V = 1,58 \text{ см}^3/\text{г}$

яет на упругость, вязкоупругость и прочность бумаги. Наибольшее влияние оказывает пухлость V , т. е. способность волокон уплотняться во влажном состоянии. Изменения собственной прочности волокон (или нулевой разрывной длины) влияют только на величину деформации при разрушении: при возрастании Z увеличивается и значение ϵ_p .

1.3.2. БУМАГООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА ОСНОВНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Щелочные целлюлозы. Сульфатная целлюлоза обладает хорошими механическими свойствами, что делает ее незаменимой при

производстве тех видов бумаги и картона, которые должны обладать высокими деформационными характеристиками и показателями прочности (например, мешочная и оберточная бумага, картон для плоских слоев гофрированного картона). Однако щелочные целлюлозы имеют темный цвет и в небеленом виде не пригодны для получения печатных видов бумаги.

Установлено, что почти на 90 % цвет сульфатной целлюлозы обусловлен хромоформными группами, образованными лигнином в процессе варки, на 10 % цвет определяется углеводами и менее чем на 1 % — экстрактивными веществами. Несмотря на то, что содержание лигнина в процессе варки в технической целлюлозе снижается, остаточный лигнин сильно окрашен, поэтому полуфабрикат имеет интенсивный цвет. Повторное от-

ложение лигнина к концу варочного процесса способствует получению более темной целлюлозы.

Параметры варки являются важным фактором, определяющим прочность технической целлюлозы. Наблюдается общая тенденция — прочность целлюлозы снижается с увеличением выхода, т. е. при увеличении содержания в технической целлюлозе остаточного лигнина. При выходе выше 50 % для разделения волокон целлюлозы приходится прибегать к механическому рафинированию, которое существенно влияет на прочность. Отрицательное влияние на прочность волокон будет минимальным, если целлюлоза рафинируется при высоких концентрациях и температуре. Установлено, что максимальная прочность сульфатной хвойной целлюлозы достигается при содержании лигнина около 9 %, дальнейшее снижение его содержания также приводит к уменьшению прочности.

При варке в щелочной среде волокна целлюлозы повреждаются в меньшей степени, чем при кислых варках. Как следствие, щелочная целлюлоза обладает повышенными долговечностью и прочностью, требует больше энергии на размол. Волокна сульфатной целлюлозы при увлажнении и сушке меньше деформируются. Бумага, изготовленная с использованием этих волокон, обладает повышенной начальной влагонепроницаемостью, имеет большую деформацию разрушения и меньшую склонность к скручиванию. Различные свойства целлюлоз данного вида представлены в табл. 1.12–1.14.

Важным фактором, определяющим механические свойства щелочных целлюлоз, является различие в свойствах сырья — длиноволокнистых хвойных пород древесины и коротковолокнистых лиственных пород. Ли-

Таблица 1.12
Характеристика сульфатной небеленой целлюлозы из древесины хвойных пород Сибири [14]

Показатель	Ель	Пихта	Сосна сибирская	Сосна обыкновенная	Лиственница
Продолжительность размола до 60 °ШР, мин	110	115	99	104	91
Разрывная длина, м	9200	8900	8700	8800	7780
Сопrotивление: продавливанию, кПа	520	600	500	510	450
излому, ч.д.п.	5900	6000	5500	5200	3800
раздиранию, мН	1160	1000	860	1000	1400

Таблица 1.13
Характеристика сульфатной целлюлозы из сосны разного возраста [14]

Показатель	Возраст, лет			
	10	20	30	100
Плотность, г/см ³	—	0,618	0,520	0,514
Нулевая разрывная длина, м	6760	8800	8720	9920
Межволоконные силы связи, кПа	—	680	610	460
Разрывная длина, м	9730	10 980	10 640	8810
Растяжимость, %	5,0	5,2	4,8	4,7
Сопrotивление: продавливанию, кПа	580	630	550	490
излому, ч.д.п.	5460	2280	6970	6340
раздиранию, мН	660	770	1030	1200

ственная целлюлоза отличается от хвойной по химическому составу, в основном гемичеселлюлозами, которых в лиственной целлюлозе больше, чем в хвойной.

Значительно меньшая средняя длина волокон, меньшая прочность волокна, образование при размоле значительного количества мелочи — все это характерно для лиственной целлюлозы и оказывает как положительное, так и отрицательное влияние на свойства

Таблица 1.14
Характеристика сульфатной целлюлозы из древесины плантационной лиственницы (30 лет) разных видов [14]

Показатель	Лиственница				
	Европейская	Сукачева			Сибирская
		Свердловской обл.	Ивановской обл.	Архангельской обл.	
Масса 1 м волокна, мг	0,44	—	0,53	—	0,74
Степень делигнификации (число Каппа)	41,2	33,0	31,0	36,3	40,8
Продолжительность размола, мин	80	75	75	85	87
Плотность, г/см ³	0,720	0,678	0,678	0,660	0,660
Разрывная длина, м	8400	8200	8600	7400	7400
Сопrotивление: продавливанию, кПа	470	440	470	400	370
излому, ч.д.п.	4000	3500	3500	3000	2700
раздиранию, мН	1120	1180	1150	1500	1500

Таблица 1.15
Физико-механические свойства сульфатной целлюлозы из древесины березы и осины в зависимости от степени делигнификации [14]

Степень делигнификации, сд Каппа	Продолжительность размола до 30 °СР, мин	Плотность, г/см ³	Разрывная длина, м	Растяжимость, %	Индекс		Сопротивление излому, ч д п	Силы связи, Н/мм ²	Воздухопроницаемость, мл	Белизна, % ISO
					продавливания, кН/г	раздиранья, мН·м ² /г				
Береза										
24,0	22	0,806	9160	3,5	63,0	112	2800	1,3	140	20,0
30,5	29	0,826	9615	3,7	66,0	103	3470	2,1	55	29,5
40,7	15	0,820	9740	4,3	63,0	105	2440	2,4	47	32,3
47,0	26	0,820	9000	3,6	61,0	101	2430	1,4	65	32,0
Осина										
25,6	15	0,847	8750	3,4	44,5	97	1720	—	56	25,5
28,7	16	0,840	8800	3,6	49,5	99	2160	—	51	31,5
35,4	17	0,862	9020	3,2	49,0	97	2380	—	50	36,0
40,1	18	0,847	9000	3,5	46,0	90	2220	—	55	41,5
50,3	16	0,840	8720	3,5	45,5	89	2030	—	48	47,0

бумаги. Бумага из лиственной целлюлозы имеет более равномерную структуру (просвет) и более гладкую поверхность. Введение в композицию бумаги лиственной целлюлозы улучшает удержание наполнителей и повышает лоск поверхности после каландрирования. Кроме того, уменьшается разносторонность бумаги. Улучшение структуры позволяет проводить суперкаландрирование при более низком давлении, что повышает печатные свойства бумаги [21]. В итоге бумажный лист из лиственной целлюлозы обладает меньшими внутренними напряжениями, приводящими к скручиванию листа, более высоким модулем упругости, большей жесткостью при изгибе и значительно более высокой пористостью, чем лист бумаги из хвойной целлюлозы. Физико-механические свойства сульфатной целлюлозы из лиственных пород древесины представлены в табл. 1.15 и 1.16.

Главный недостаток лиственной целлюлозы — низкая начальная влагопрочность бумаги, пониженная поверхностная прочность листа бумаги, т. е. при нанесении печати возрастают пылимость и выщипывание волокон с поверхности бумаги.

Свойства лиственной целлюлозы в большей степени, чем хвойной, зависят от метода варки. Небеленые целлюлозы по убыванию прочности можно расположить в следующий ряд: сульфатная целлюлоза, бисульфитная, нейтрально-сульфитная, сульфитная (см. табл. 1.17 и 1.18).

В производстве сульфатной целлюлозы для бумаги могут применяться и недревес-

ные виды сырья: солома пшеницы, ржи, риса, тростник, стебли хлопчатника. Целлюлозы из этих видов сырья характеризуются высокой зольностью, большим содержанием гемицеллюлоз, неоднородным фракционным составом волокон, малой длиной и толщиной волокон, значительным количеством неволоконистых клеток (табл. 1.19). Введение в композицию бумаги целлюлозы из соломы и тростника снижает плотность и механическую прочность бумаги, но повышает гладкость, непрозрачность, уменьшает пылимость бумаги, обеспечивает хорошие проклейку и удержание наполнителей. Как правило, содержание такой целлюлозы в композиции бумаги колеблется от 15 до 60 %.

Таблица 1.16
Физико-механические свойства сульфатной целлюлозы из древесины березы разного возраста [14]

Показатель	Возраст дерева, лет			
	10	20	30	80
Плотность, г/см ³	—	0,636	0,541	0,521
Нулевая разрывная длина, м	5130	—	6830	7600
Межволоконные силы связи, кПа	—	690	490	380
Разрывная длина, м	9410	11 030	10 500	9220
Растяжимость, %	5,0	4,8	4,0	4,1
Сопротивление:				
продавливанию, кПа	490	525	505	460
излому, ч.д.п.	3540	2770	3080	3530
раздиранью, мН	660	680	820	810

Таблица 1.17

Физико-механические свойства полуфабрикатов, полученных различными способами варки [21]

Способ варки	Общий выход, %	Время размола, мин		Разрывная длина, м		Сопротивление излому, ч.д.п.	Непрозрачность по Дэвису		Капиллярная впитываемость, мм	Пористость, с				
		Степень помола, °ШР												
		30	50	30	50		30	30			50	20	30	
Сульфитный на Са-основании	61,7	15	29	5850	7400	250	0,91	0,87	48	50				
	54,1	21	35	7450	9150	1000	0,90	0,83	56	91				
Бисульфитный на Mg-основании	62,3	23	44	7550	10 050	550	0,87	0,79	51	45				
	50,7	28	45	7750	8850	700	0,85	0,79	52	79				
Сульфатный	60,4	29	43	9800	10 900	1500	—	—	35	210				
	55,6	32	48	9650	11 000	1450	—	—	61	130				
Нейтрально-сульфитный	77,6	25	40	6100	8150	200	0,81	0,77	92	19				
	71,2	17	31	6300	8650	350	0,85	0,79	84	18				

Таблица 1.18

Состав и физико-механические свойства полуфабрикатов, полученных различными способами варки [21]

Способ варки	Содержание пентозанов, %	Содержание α-целлюлозы, %	Белизна, % ISO	Продолжительность размола, мин		Разрывная длина, м		Сопротивление излому, ч.д.п.	Непрозрачность по Дэвису		Капиллярная впитываемость, мм	Пористость, с				
				Степень помола, °ШР												
				30	50	30	50		30	30			50	30	50	
Сульфитный на Са-основании	16,2	80,4	93,0	35	63	7400	9100	2550	0,70	0,63	210	2300				
	13,6	82,8	91,4	55	97	8050	9400	2300	0,69	0,60	210	3300				
Бисульфитный на Mg-основании	18,1	81,5	89,9	36	70	7800	9700	2400	0,71	0,62	92	2900				
	14,5	83,4	90,8	83	133	8000	9500	2000	0,74	0,69	160	1800				
Сульфатный	25,6	77,5	87,5	66	102	8850	10 850	2600	0,70	0,61	160	3200				
	26,2	80,9	85,6	69	113	8700	10 750	2600	0,70	0,64	140	2200				
Нейтрально-сульфитный	31,7	72,9	89,6	13	30	8300	11 250	1000	0,71	0,63	61	1400				
	29,3	75,2	90,8	24	48	8700	10 850	1100	0,72	0,66	58	1200				

Таблица 1.19

Характеристика сульфатной небеленой целлюлозы из однолетних растений [14]

Показатель	Солома			Тростник	
	пшеницы	ржи	риса	обыкновенный	суходольный
Выход целлюлозы, %	55,5	56,9	52,3	49,5	44,3
Продолжительность размола до 60 °ШР, мин	40	60	5	60	60
Весовой показатель, дг	18	25	21	21	32
Разрывная длина, м	9800	9580	7630	8210	6790
Сопротивление: продавливанию, кПа	570	540	410	430	460
	1050	1170	525	990	490
	96	106	89	92	96

Сульфатная беленая целлюлоза производится из различных пород как хвойной, так и лиственной древесины. Некоторые физико-механические характеристики этих целлюлоз представлены в табл. 1.20.

Механические свойства лиственных целлюлоз имеют больший разброс значений, чем хвойных. Целлюлоза из древесины осины менее прочная, чем из березы. Прочность целлюлозы из смеси древесины осины и березы увеличивается с повышением доли березы.

Сульфитная целлюлоза. Хотя сульфитные целлюлозы не обладают высокой прочностью сульфатных целлюлоз, они все-таки имеют ряд физических свойств, которые делают их необходимыми при производстве целого ряда видов бумаги, включая газетную и другие виды бумаги для печати, тонкие виды бумаги, пергамин, жиронепроницаемые бумаги и т. п.

Таблица 1.20
Характеристика сульфатной беленой целлюлозы из различных пород древесины

Показатель	Хвойные		Лиственные					
	Сосна		Лиственница		Смесь березы и осины		Осина	
Белизна, % ISO	82,9	83,5	87,7	88,7	84,0	89,0	80,0	86,0
Разрывная длина, м	8090	8750	7680	7700	6800	7800	5900	7200
Растяжимость, /	3,4	4,0	3,5	3,8	-	-	-	-
Сопrotивление продавливанию, кПа	440	485	430	470	-	-	-	-
излому, ч д п	2490	3540	3700	4500	-	-	280	740
раздиранию, мН	690	940	1080	1340	410	470	310	460

Для производителя бумаги весьма ценными являются оптические свойства сульфитной целлюлозы. Лигносulфоновые кислоты имеют менее интенсивную окраску по сравнению с продуктами расщепления лигнина при щелочной варке. Поэтому небеленая сульфитная целлюлоза может быть использована при производстве многих видов бумаги для печати. Для некоторых видов бумаги для печати может быть использована целлюлоза с выходом до 70 %, которая содержит от 10 до 15 % остаточного лигнина.

Физико-механические свойства сульфитной целлюлозы определяются условиями варки, видом основания варочной кислоты и породой древесины. Наиболее прочную целлюлозу получают при использовании растворимых оснований (натриевого, аммониевого). В этом случае варка проводится при более высоких значениях pH, снижается гидrolитическая деструкция целлюлозы. При этом целлюлоза обладает высокой белизной и хорошо размалывается благодаря повышенному содержанию гемицеллюлоз.

Сульфитная целлюлоза имеет бoльший на 3...4 % выход по варке по сравнению с сульфатной целлюлозой, но вследствие воздействия на волокно варочной кислоты это волокно менее прочно и менее долговечно.

Таблица 1.21
Характеристика сульфитной целлюлозы из древесины ели в зависимости от вида основания (60 °ШР, 100 г/м²) [14]

Показатель	Вид основания			
	CaO	MgO	(NH ₄) ₂ O	Na ₂ O
Выход целлюлозы, %	49,2	53,2	52,0	54,8
Содержание лигнина, %	2,84	2,91	3,05	3,14
Разрывная длина, м	8600	8070	9030	9600
Сопrotивление продавливанию, кПа	529	652	666	715
излому, ч д п	2130	2465	2440	2400
раздиранию, мН	898	1607	1303	1117

Разница в прочности сульфитной и сульфатной целлюлозы из лиственной древесины более существенна, чем из хвойной. Это объясняется различиями в химическом составе углеродного комплекса технических целлюлоз, полученных различными способами.

Характеристики некоторых сульфитных целлюлоз представлены в табл. 1.21 и 1.22.

Использование многоступенчатых способов варки, при которых значение pH варочных растворов изменяется в течение варки, позволяет получать целлюлозы с различными вариантами физико-механических свойств. Сравнение свойств технической целлюлозы, полученной способами многоступенчатой варки, с бисульфитной и сульфатной целлюлозами представлено в табл. 1.23.

Бисульфитная целлюлоза. Бисульфитная целлюлоза имеет более высокие выход, прочность, белизну, непрозрачность по сравнению с сульфитной. Она хорошо размалывается и обезвоживается. Особенностью этой целлюлозы является повышенная прочность в не-

Таблица 1.22
Характеристика небеленой сульфитной целлюлозы из тонкомерной древесины сосны, лиственницы, березы и осины [14]

Показатель	Сосна обычно вснная	Лист венница	Береза	Осина
Степень делигнификации, ед Каппа	33,8	22,5	35,7	32,9
Массовая доля смол и жиров (спиртобензол), %	1,18	0,63	2,10	1,59
Продолжительность размола до 60 °ШР, мин	28	27	24	25
Разрывная длина, м	8570	6060	7430	6940
Сопrotивление продавливанию, кПа	390	244	352	309
излому, ч д п	3100	1870	2500	1260
раздиранию, мН	0,54	0,59	0,44	0,44
Растяжимость, %	3,67	5,65	4,35	3,26

Таблица 1.23
Физико-механические свойства технических целлюлоз, полученных различными способами из древесины сосны (при степени помола 500 мл CSF)

Способ варки	Степень делигнификации, ед. Каппа	Выход, %	Продолжительность размола, мин	Разрывная длина, м	Индекс	
					продавливания, кН/г	раздиранья, мН·м ² /г
Бисульфитно-сульфитный	18,0	49,8	26	10 000	6,38	11,8
Моносульфитно-сульфитный	22,1	54,8	7	9000	5,0	7,35
Бисульфитный	18,4	50,8	15	10 400	6,38	9,22
Сульфатный	17,4	45,5	34	12 900	9,81	13,7

Таблица 1.24
Характеристика небеленой целлюлозы из древесины ели, полученной сульфатным и бисульфитным способами с различным основанием (50 °ШР) [14]

Вид целлюлозы	Выход, %	Степень делигнификации, ед. Каппа	Белизна, % ISO	Продолжительность размола до 50 °ШР, мин	Разрывная длина, м	Плотность, г/см ³	Сопротивление		
							продавливания, кПа	раздиранью, мН	излому, ч.д.п.
Натрий-бисульфитная	59,9	58,7	66,8	31	10 600	0,740	80,5	1,55	1700
	58,0	53,2	68,5	30	10 650	0,743	60,5	1,80	2200
	54,2	30,5	66,3	34	9900	0,774	76,5	1,75	2950
	52,8	23,4	71,4	35	9400	0,779	75,0	1,90	2500
Магний-бисульфитная	59,3	51,1	66,0	24	10 350	0,755	79,0	1,55	2800
	57,6	40,2	66,1	27	9750	0,782	76,0	1,75	2600
	55,0	26,6	69,3	29	9760	0,798	79,0	1,85	2450
	51,5	17,0	72,2	36	8900	0,846	69,5	1,80	2250
Сульфатная	53,1	55,0	17,8	86	10 950	0,742	96,5	2,55	4600
	52,5	40,1	21,6	77	10 850	0,751	94,5	2,70	4300
	48,9	29,7	25,7	72	10 900	0,741	92,0	2,65	4850
	46,4	19,0	32,2	67	10 000	0,773	86,5	2,80	3600

Таблица 1.25
Зависимость физико-механических свойств бисульфитной небеленой целлюлозы из древесины березы и осины от степени делигнификации [14]

Степень делигнификации, ед. Каппа	Продолжительность размола до 30 °ШР, мин	Разрывная длина, м	Растяжимость, %	Индекс		Сопротивление излому, ч.д.п.	Силы связи, Н/мм ²	Воздухопроницаемость, мл	Белизна, % ISO
				продавливания, кН/г	раздиранья, мН·м ² /г				
Береза									
22	14	7100	3,0	50,1	85,1	998	1,5	150	46,0
30	10	7940	3,0	54,1	87,0	1960	2,0	135	47,2
43	10	8010	3,3	57,2	90,9	1354	2,4	90	47,5
52	10	8750	3,3	59,5	87,0	1630	2,4	75	50,5
Осина									
23,3	15	7160	2,8	38,0	82,0	1270	—	—	65
29,4	15	7777	2,7	38,1	80,2	1700	—	68	64
34,0	15	8127	3,6	42,5	82,7	1720	—	—	63
42,0	14	8933	3,1	44,8	83,9	1430	—	59	62
50,5	13	9000	3,5	59,6	83,5	1200	—	—	62

Таблица 1.26
Характеристика магний-бисульфитной небеленой целлюлозы из недревесных видов сырья (100 г/м², 60 °ШР) [14]

Показатель	Солома		Тростник	
	пшеницы	риса	обыкновенный	суходольный
Выход целлюлозы, %	64,4	61,3	58,2	51,6
Степень помола, °ШР	61	60	62	59
Продолжительность размола, мин	60	20	60	70
Весовой показатель, дг	21	21	19	29
Разрывная длина, м	8300	5330	6820	6190
Сопrotивление:				
продавливанию, кПа	450	350	440	320
излому, ч.д.п.	490	230	300	320
плоскостному сжатию, кПа	131	123	151	117

Таблица 1.28
Характеристика березовой полуцеллюлозы, полученной разными способами варки (60 °ШР, 100 г/м²) [14]

Показатель	Способ варки			
	Сульфитный	Бисульфитный	Нейтрально-сульфитный	Сульфатный
Выход, % от древесины	67	64	65	67
Содержание лигнина, %	8,9	9,4	11,6	10,2
Разрывная длина, м	8750	10 100	9360	7900
Сопrotивление:				
продавливанию, кПа	440	510	530	420
излому, ч.д.п.	750	1410	1105	1490
раздиранию, мН	640	680	870	790

Таблица 1.27
Химический состав различных видов полуцеллюлозы

Вид полуцеллюлозы	Состав полуцеллюлозы, рассчитанный на массу а.с. вещества, %				Общий выход полуцеллюлозы, рассчитанный на массу а.с. вещества, %
	Целлюлоза	Гемилцеллюлоза	Лигнин	Экстрактные вещества	
Нейтрально-сульфитная	42	15	13,0	1,0	71
Сульфатная	44	12	13,5	0,3	74
Натронная	42	14	19,0	1,0	74
Кислая сульфитная	44	17	13,0	2,0	76
Состав исходной древесины, % массы а.с. вещества	49	23	23,0	5,0	100

размолом состоянии и высокая способность к размолу.

Свойства бисульфитной целлюлозы зависят от вида основания варочного раствора (табл. 1.24). Максимальная прочность бисульфитной хвойной целлюлозы наблюдается при степени делигнификации 50...60 ед. Каппа.

Бисульфитная целлюлоза из лиственных пород древесины отличается высокой прочностью. Наибольшая прочность наблюдается при степени делигнификации 50...53 ед. Каппа (табл. 1.25). Для получения бисульфитной целлюлозы могут использоваться солома и тростник. Такая целлюлоза при выходе 50...60 % применяется для производства тароупаковочных видов бумаги и картона (табл. 1.26).

Полуцеллюлоза. Полуцеллюлозой называют полуфабрикат, который имеет выход

Таблица 1.29
Характеристика полуцеллюлозы из древесины ели и осины, полученной разными способами варки (60 °ШР, 100 г/м²)

Способ варки	Вид основания	Выход, % от древесины	Содержание лигнина, %	Разрывная длина, м	Сопrotивление		
					излому, ч.д.п.	раздиранию, мН	продавливанию, кПа
Ель							
Сульфитный	CaO	69	20,0	9600	1660	658	539
	MgO	64	13,8	9540	725	764	559
	(NH ₄) ₂ O	66	11,2	10 130	1050	980	608
Бисульфитный	Na ₂ O	73	22,4	9920	1290	720	549
	MgO	63,5	12,1	11 935	1080	950	686
	(NH ₄) ₂ O	67,3	10,9	12 455	1200	1176	725
Осина							
Сульфитный	CaO	65	6,6	7900	400	596	343
Бисульфитный	Na ₂ O	63	7,5	8500	2260	799	412

Таблица 1.30
Характеристика бисульфитной полуцеллюлозы из разных пород древесины (125 г/м², 30 °ШР)

Показатель	Вид древесины				
	Ель 50 %, сосна 50 %	Береза 50 %, осина 50 %	Ольха 100 %	Ольха 50 %, береза 30 %, осина 20 %	
Выход полуцеллюлозы, %	66,3	67,4	66,4	66,4	66,0
Содержание лигнина, %	10,3	9,4	8,4	12,7	—
Разрывная длина, м	9900	7680	7630	7655	8430
Сопrotивление:					
продавливанию, кПа	470	445	550	340	510
излому, ч.д.п.	1960	620	760	62	610
раздиранию, мН	1,27	1,10	1,09	0,92	—
плоскостному сжатию, кПа	187	200	203	193	200

65...85%, т. е. занимает промежуточное положение между технической целлюлозой и механическими массаами. Производятся следующие виды полуцеллюлозы: сульфатная, сульфитная, бисульфитная, нейтрально-сульфитная. Наибольшее распространение нашли бисульфитная и нейтрально-сульфитная полуцеллюлозы. Химический состав полуцеллюлоз, полученных различными способами, представлен в табл. 1.27.

Бисульфитная полуцеллюлоза может быть получена из различных пород древесины (еловой, сосновой и лиственных). Физико-механические характеристики бисульфитной

Таблица 1.31
Характеристика нейтрально-сульфитной и сульфатной полуцеллюлозы из смеси древесины березы (80 %) и осины (20 %) Амурской лесосырьевой базы (30 °ШР, 125 г/м²) [14]

Показатель	Нейтрально-сульфитная с основанием		Сульфатная
	Na ₂ O	(NH ₄) ₂ O	
Выход полуцеллюлозы, %	76,3	74,7	76,0
Содержание лигнина, %	17,2	16,8	20,2
Разрывная длина, м	8000	7800	7000
Сопrotивление:			
продавливанию, кПа	580	550	500
раздиранию, мН	1,14	1,12	1,10
плоскостному сжатию, кПа	275	272	260
Продолжительность обезвоживания, с	4,9	5,3	5,9
Весовой показатель, дг	65	65	68

Таблица 1.32
Характеристика нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы из древесины березы, полученной с разным основанием (30 °ШР, 125 г/м²) [14]

Показатель	Основание	
	(NH ₄) ₂ O	Na ₂ O
Выход полуцеллюлозы, %	76,8	77,2
Содержание лигнина, %	18,5	19,2
Белизна, % ISO	29,3	41,1
Разрывная длина, м	6640	6620
Сопrotивление:		
продавливанию, кПа	430	430
излому, ч.д.п.	280	290
раздиранию, мН	1000	960
плоскостному сжатию, кПа	200	210
Начальная влапопрочность, м	100	91

полуцеллюлозы зависят от вида основания и выхода полуфабриката. Максимальную прочность бисульфитная полуцеллюлоза имеет при выходе 65...67 %. При повышении выхода наблюдается снижение физико-механических характеристик. Полуцеллюлоза из хвойных пород древесины имеет более высокую прочность, чем из лиственных (табл. 1.28–1.30).

Нейтрально-сульфитная полуцеллюлоза. Этот полуфабрикат наиболее часто производят из лиственных пород древесины. При одинаковой степени делигнификации нейтрально-сульфитная целлюлоза имеет более светлую окраску и более высокую прочность по сравнению с другими видами полуцеллю-

Таблица 1.33
Характеристика нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы из недревесных видов сырья (60 °ШР, 100 г/м²) [14]

Показатель	Солома				Тростник обыкновенный	Стебли хлопчатника
	пшеницы	ржи	риса	льна-кудряша		
Общий выход, % от сырья	56,9	59,3	50,3	64,4	59,4	62,8
Содержание, %:						
лигнина	7,95	7,69	4,81	12,76	6,74	—
пентозанов	23,12	24,93	18,15	18,14	19,92	18,21
зола	7,12	5,05	—	3,05	6,68	3,79
Разрывная длина, м	8810	8490	7680	8450	7730	4570
Сопrotивление:						
продавливанию, кПа	430	470	360	290	380	270
излому, ч.д.п.	370	630	150	495	550	75
плоскостному сжатию, кПа	170	170	130	130	160	130

лозы. Кроме того, использование натриевого основания позволяет значительно повысить белизну полуфабриката. При выходе выше 75% этот полуфабрикат наиболее пригоден для производства бумаги-основы для гофрирования. Физико-механические свойства нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы представлены в табл. 1.31 и 1.32.

Нейтрально-сульфитная полуцеллюлоза может быть получена из недревесных видов сырья: соломы злаков, тростника, стеблей хлопчатника или льна-кудряша (табл. 1.33). Основным недостатком этих полуфабрикатов является плохая обезвоживаемость в мокрой части бумагоделательной машины.

1.4. РАЗМОЛ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

1.4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕОРИИ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА

Назначение процесса размола — придать волокну определенную структуру и размеры по длине и толщине, сделать волокна гибкими и пластичными и сообщить им определенную степень гидратации, чтобы обеспечить связь волокон в бумажном листе, хорошее формирование (просвет) и заданные свойства бумаги.

При размоле массы механические процессы вызывают измельчение волокон и обуславливают структуру бумаги, а коллоидно-физические явления, происходящие в результате взаимодействия воды и целлюлозы — связь волокон в бумаге. Размол целлюлозных волокон можно условно разделить на четыре стадии.

Первая стадия — разрушение межмолекулярных связей внутри клеточной стенки и образование зон смещения структурных элементов в волокнах, в результате чего возникают микротрещины, в которые проникает вода, в дальнейшем вступающая во взаимодействие со свободными гидроксильными группами целлюлозного комплекса. Расклинивающее действие воды обуславливает более глубокое расщепление клеточной стенки при размоле, увеличивая гибкость и пластичность волокон.

Вторая стадия — частичное разрушение внешнего слоя S_1 и вторичной стенки S_2 , и ее отслоение вместе с первичной стенкой P .

Третья стадия — набухание стенки S_2 в области образовавшихся зон смещений. Этот процесс может начаться только после разрушения наружной оболочки слоя S_1 .

Четвертая стадия — частичное разрушение водородных связей между фибриллами стенки S_2 (наружное фибриллирование), быстрое нарастание удельной внешней поверхности и оводнение волокон.

Образование зон смещения и последовательное развитие основных стадий размола осуществляется вдоль клеточной стенки и может закончиться расщеплением ее на отдельные фрагменты.

В процессе размола происходит внешняя и внутренняя фибрилляция волокна. *Внешняя* фибрилляция (начес волокна) заключается в полном или частичном отделении

от волокна фибрилл, что приводит к увеличению наружной поверхности волокна и числа свободных гидроксильных групп на его поверхности. Вместе с тем внешняя фибрилляция ослабляет прочность самого волокна. *Внутренняя* фибрилляция приводит к необратимым перегруппировкам структурных элементов внутри набухшей вторичной стенки волокна, не уменьшая его прочности. Процессы внешнего и внутреннего фибриллирования трудно расчленивать, так как они тесно взаимосвязаны. Косвенно степень внешней фибрилляции оценивают обычно по изменению наружной поверхности волокон, внутренней фибрилляции — по их гибкости.

Повышение степени набухания и, следовательно, гибкости волокон, достигается не только механическим путем, но и иным воздействием на волокнистую массу (ультразвуком, радиационными или магнитными полями, воздействием различных растворителей и др.).

В процессе размола волокно подвергается также и укорачиванию. Укорачивание волокон — сложный процесс, механизм его можно приближенно сравнить с механизмом разрезания их ножницами. Существует мнение, что при размоле жесткие целлюлозные волокна преимущественно фибриллируются, а мягкие укорачиваются, хотя процесс укорочения также в значительной степени определяется режимом (условиями) размола.

Фрагменты волокон, образующиеся в процессе размола, называются *мелочью*, размеры которой еще строго не классифицированы. Предполагается, что длинные волокна образуют как бы каркас в бумажном листе, а мелочь заполняет этот каркас, упрочняя его. Однако значительное количество мелких фрагментов волокна сильно ухудшает способность размолотых целлюлоз к обезвоживанию. Для оценки гибкости волокна могут использоваться различные коэффициенты, например, коэффициент показателя гибкости, характеризующий отношение ширины полости волокна к ширине всего волокна. Используется также коэффициент жесткости волокна — отношение толщины стенки волокна к его ширине.

При размоле имеет место огромный разрыв между фактической затратой энергии на размол и теоретически потребной энергией для достаточной разработки волокон. Уста-

новлено, что почти вся энергия, потребляемая при размолу, расходуется на нагрев массы и воды, в то время как для разрыва межфибриллярных связей расходуется менее 1 % от общего расхода энергии.

Для обработки волокнистых целлюлозных материалов используются главным образом ножевые и безножевые размалывающие машины и аппараты, при этом предпочтение отдается первым из них. Современными ножевыми размалывающими машинами являются дисковые и модифицированные конические мельницы.

1.4.2. ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА

С. Хитанен и К. Эбелинг [22] разделили переменные факторы процесса размола на три группы:

1) контролируемые переменные факторы процесса — объем потока, концентрация, рН и температура массы, давление в корпусе мельницы, концентрация электролитов;

2) активные переменные факторы процесса — зазор между дисками (нагрузка мельницы) и, иногда, частота вращения ротора;

3) пассивные переменные факторы процесса — геометрия гарнитуры (угол наклона ножей, число ножей, материал и его микроструктура и т. д.);

Влияние на процесс размола некоторых контролируемых факторов представлено в табл. 1.34.

Качество размолотой волокнистой массы во многом зависит также от стабильности зазора между ножами ротора и статора, величина которого составляет обычно 0,1...0,2 мм при размолу массы низкой концентрации.

Основной характеристикой динамики воздействия на волокна в межножевом зазоре является ширина зоны ножа, в которой происходит наиболее интенсивная обработка волокон.

Из межножевых канавок масса при движении ножей попадает в межножевой зазор, сжимается и обрабатывается под воздействием сил различного характера — сжимающих, касательных, скручивающих и т. д.

По мере движения ножа ротора над ножом статора растягивающие усилия вдоль линии движения, действующие на сжимаемую прослойку, возрастают до определенных пределов, определяемых длиной площадки сжатия и сопротивлением прослойки разрыву. По достижении длиной площадки значения l_0 происходят разрыв волокнистой прослойки и последующее ее пластическое растекание по ножу с уменьшением напряжений сжатия и сдвига.

Проведенные расчеты, в полном соответствии с прямыми измерениями, показали, что длина площадки интенсивного сжатия l_0 равна $2,5 \cdot 10^{-3} \dots 3,5 \cdot 10^{-3}$ м [23].

Механическая обработка сжатого в межножевом зазоре слоя волокна продолжается и при пластическом течении после разрыва в течение времени

$$t_0 \approx \frac{a - l_0}{\omega r_M}, \text{ с}, \quad (1.11)$$

где a — ширина ножа, м; ω — окружная скорость ротора на расстоянии r_M от центра вращения, м/с.

Касательные напряжения в это время изменяются согласно зависимости

$$\tau(t) = \tau \frac{a - \omega r_M t - l_0}{a - l_0}, \text{ Н/м}^2, \quad (1.12)$$

Таблица 1.34

Влияние на процесс размола некоторых контролируемых факторов

Фактор	Влияние на процесс размола
Концентрация массы в зоне размола	С повышением концентрации гомогенность размола увеличивается, рубка уменьшается, фибрилляция, извитость волокон и растворимость низкомолекулярных фракций волокна увеличиваются
Температура массы	С повышением температуры набухание уменьшается для целлюлоз низкого выхода и увеличивается для целлюлоз высокого выхода, увеличивается содержание лигнифицированной мелочи, уменьшается содержание гемицеллюлоз в волокне, происходят структурные изменения — переход целлюлозы I в целлюлозу II
Значение рН массы	Кислая среда способствует рубке волокна и образованию мелочи; щелочная среда обеспечивает лучшее развитие прочности
Концентрация электролитов	Наибольший эффект — при выходе 50...55 % для небеленых волокон, набухание уменьшается в следующем порядке: Na, Li, Ca, Mg, Al; имеется связь между значениями рН и концентрацией электролитов

где t — время воздействия ($0 \leq t \leq t_0$), с; τ — максимальное значение касательных напряжений на кромке ножа, Н/м².

Эффективность работы дисковых мельниц определяется полезной мощностью $N_{\text{п}}$, равной разности между общей потребляемой мощностью N и непроизводительными затратами $N_{\text{н.з}}$, основную часть которых составляют потери мощности на трение поверхностей разведенных дисков [23]:

$$N_{\text{н.з}} = An^3 \frac{b}{a+b} h (d_{\text{н}}^4 - d_{\text{в}}^4) + Bn^3 (d_{\text{н}}^5 + d_{\text{в}}^5), \text{ кВт}, \quad (1.13)$$

где n — частота вращения ротора, с⁻¹; a, b — ширина ножа и канавки, м; h — глубина канавки, м; $d_{\text{н}}, d_{\text{в}}$ — наружный и внутренний диаметры ножевой зоны дисков соответственно, м; $A = 49,1$; $B = 2 \cdot 10^{-2}$.

Полезная мощность размола

$$N_{\text{п}} = \tau L_{\text{р}} \frac{al_0}{2} \frac{\psi}{[\sin(\psi + \varphi_0) - \sin \varphi_0]}, \text{ кВт}, \quad (1.14)$$

где $L_{\text{р}}$ — секундная режущая длина гарнитуры, м/с; ψ — угол повторяемости рисунка в ножевом секторе диска, рад; φ_0 — угол наклона первого в секторе ножа к радиусу, рад.

Секундная режущая длина гарнитуры дисковых мельниц

$$L_{\text{р}} = \frac{\pi^2}{6\psi^2} \frac{d_{\text{н}}^3 - d_{\text{в}}^3}{(a+b)^2} n [\sin(\psi + \varphi_0) - \sin \varphi_0]^2, \text{ м/с}. \quad (1.15)$$

Для других видов размалывающих машин

$$L_{\text{р}} = nZ_{\text{р}}Z_{\text{с}}l, \text{ м/с}, \quad (1.16)$$

где $Z_{\text{р}}, Z_{\text{с}}$ — количество ножей ротора и статора соответственно; l — рабочая длина режущей кромки ножа, м.

Первым из динамико-энергетических факторов, определяющих ход процесса размола, является удельный расход полезной энергии

$$W = \frac{N_{\text{п}}}{Qc}, \text{ кДж/кг}, \quad (1.17)$$

где Q — объемный расход массы, м³/с; c — концентрация массы, кг/м³.

Вторым фактором, существенно влияющим на качество массы, является интенсивность воздействия на волокнистый материал, определяемая касательным напряжением размола [23]

$$\tau = \frac{2N_{\text{п}} [\sin(\psi + \varphi_0) - \sin \varphi_0]}{al_0 L_{\text{р}} \psi} = \frac{2B_c [\sin(\psi + \varphi_0) - \sin \varphi_0]}{al_0 \psi}, \text{ Н/м}^2, \quad (1.18)$$

где B_c — нагрузка на кромку ножа, Н.

До сих пор во многих работах B_c считают определяющим фактором процесса. Однако длительная практика, множество экспериментов и теоретические исследования показали, что лишь касательное напряжение τ определяет динамику воздействия на волокна на всем протяжении ножа, а не только на его кромке. Оптимальным значениям касательных напряжений соответствуют высокие значения КПД дисковых мельниц и достаточно полное развитие бумагообразующих свойств размолотой массы

В табл. 1.35 приведены оптимальные значения касательных напряжений, рассчитанных по формуле 1.18 для разных видов волокнистых материалов.

Таблица 1.35
Оптимальные значения касательных напряжений

Вид волокнистого материала	Оптимальное значение касательного напряжения, МПа
Сульфатная небеленая хвойная целлюлоза	0,33...0,38
Сульфатная небеленая лиственная целлюлоза	0,11...0,20
Сульфатная беленая хвойная целлюлоза	0,40
Сульфатная беленая лиственная целлюлоза	0,24...0,30
Сульфитная небеленая хвойная целлюлоза	0,33
Сульфитная беленая хвойная целлюлоза	0,18...0,22
Бисульфитная полуцеллюлоза хвойная	0,29...0,31
Бисульфитная полуцеллюлоза лиственная	0,25...0,26

Следующим фактором, влияющим на ход процесса размола, является число воздействий на волокна в зоне обработки [23]

$$m \approx \frac{h_0 b l_0 L_p}{Q}, \quad (1.19)$$

где $h_0 = (1,0 \dots 1,5) l_B$, м; l_B — средняя длина волокна, м.

Для упрощения расчетов при выборе режима размола при использовании гарнитур с шириной ножа 3 мм можно пользоваться значением удельной нагрузки на кромку ножа, оптимальное значение которой рассчитывается через оптимальное значение $\tau_{\text{опт}}$ по формуле

$$B_c \approx \frac{\tau_{\text{опт}} 10^{-5}}{(2,0 \div 2,2)}, \text{ Н.} \quad (1.20)$$

На рис. 1.10 представлены зависимости степени помола волокнистых полуфабрикатов от удельного расхода полезной энергии при касательных напряжениях близких к оптимальным значениям. Характерно, что затраты энергии на размол свежих (не прошедших сушку) полуфабрикатов меньше, чем на размол товарных (прошедших сушку) полуфабрикатов. Приблизительно можно считать, что расход полезной энергии на размол свежих полуфабрикатов составляет (в диапазо-

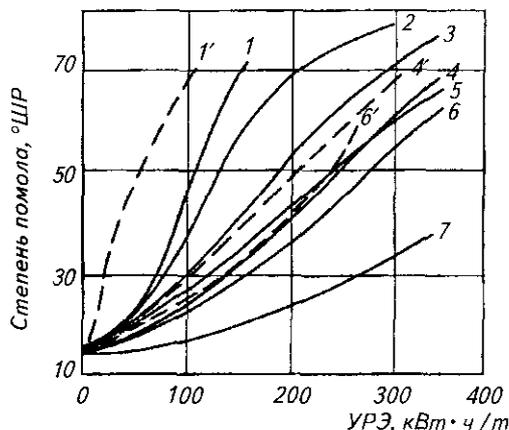


Рис. 1.10. Зависимость степени помола волокнистых полуфабрикатов от удельного расхода полезной энергии при $\tau = 0,3$ МПа:

1 — моносльфитная полуцеллюлоза (товарная), 1' — моносльфитная полуцеллюлоза (свежая), 2 — сульфитная хвойная беленая целлюлоза, 3 — сульфитная хвойная небеленая целлюлоза, 4 — сульфатная хвойная беленая целлюлоза (товарная), 4' — сульфатная хвойная беленая целлюлоза (свежая), 5 — сульфатная лиственная березовая беленая целлюлоза, 6 — сульфатная хвойная небеленая целлюлоза (товарная), 6' — сульфатная хвойная небеленая целлюлоза (свежая); 7 — хлопковая целлюлоза

не степени помола от 14...16 до 50...60 °ШР) 60...70 % от расхода полезной энергии на размол товарных полуфабрикатов [23].

1.4.3. СИСТЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗМОЛА

Типовая технологическая линия для подготовки бумажной массы включает в себя: конвейеры для подачи кип полуфабрикатов в гидроразбиватели; гидроразбиватели для роспуска привозных полуфабрикатов; очистители массы высокой концентрации; пульсационные мельницы; дисковые мельницы (или конические) для размола при низкой концентрации; дисковые мельницы для размола при высокой концентрации (только для определенных видов продукции); оборудование для очистки и деаэрации массы; напорные сортировки для тонкого сортирования; бассейны для перемешивания и хранения массы низкой и средней концентрации; насосы для перекачки массы низкой и средней концентрации; трубопроводы и арматуру; систему управления технологической линией.

В данном параграфе рассматривается только оборудование для роспуска привозных полуфабрикатов и оборудование для размола.

1.4.3.1. Оборудование для роспуска привозных полуфабрикатов

В табл. 1.36 приведена техническая характеристика гидроразбивателей АО «Петрозаводскмаш» для массы с концентрацией до 5 %.

Гидроразбиватели некоторых зарубежных фирм работают при более высокой концентрации массы в ванне. Так, гидроразбиватели периодического действия Tri-dayn фирмы «Mitsubishi Beloit» (Япония—США) работают при концентрации массы до 15 % [24]. Специальная конструкция ротора позволяет на 50 % снизить удельный расход энергии и одновременно выполняет три функции:

Таблица 1.36

Техническая характеристика гидроразбивателей вертикальных ГРВм

Параметр	Типоразмер			
	ГРВм-12	ГРВм-16	ГРВм-24	ГРВм-32
Производительность, т/сут	30...120	45...160	75...240	120...320
Вместимость ванны, м ³	12	16	24	32
Диаметр отверстий сита, мм	6; 12; 20; 24	6; 12; 20; 24	6; 12; 20; 24	6; 12; 20; 24
Мощность электродвигателя, кВт	90	160	315	315

Таблица 1.37

Техническая характеристика гидроразбивателей Tri-dayn фирмы «Mitsubishi Beloit»

Параметр	Модель									
	5204	5205	5208	5210	5215	5220	5230	5240	5260	5280
Средняя производительность, т/сут в. с. волокна	10,0	13,2	21,4	26,4	40,3	53,3	79,2	106,6	158,4	213,1
Объем ванны, м ³	3,4	4,6	7,4	9,2	14	18,5	27,5	37	55	74
Мощность двигателя, кВт	55...110	75...150	90...185	110...220	150...300	185...330	220...450	260...520	330...600	375...670
Масса, кг	3200	3600	4400	5200	7300	8000	12 700	13 300	18 700	21 400

Таблица 1.38

Техническая характеристика гидроразбивателей Shark фирмы «Mitsubishi Beloit»

Параметр	Модель									
	375	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000	8000
Средняя производительность, т/сут	4,0	5,3	8,6	10,8	15,8	21,6	32,4	43,2	64,8	86,4
Объем ванны, м ³	2,8	3,7	6,0	7,5	11,5	15	22,5	30,0	45,0	60,0
Мощность двигателя, кВт	45	55	75	90	110	150	185	220	300	375
Масса, кг	3000	3300	3700	4500	6100	7200	9800	12 000	16 000	19 500

1) устраняет кавитацию при больших частотах вращения и высоких концентрациях массы;

2) обеспечивает эффективную циркуляцию массы при минимальном расходе энергии;

3) создает минитурбулентность, которая обеспечивает гидравлическое разволокнение за счет высоких усилий сдвига.

Эта фирма выпускает также гидроразбиватели непрерывного действия (концентрация от 3 до 7 %) с вытянутой (овальной) ванной и ротором Tri-dayn, так называемые гидроразбиватели Sigma pulper. В табл. 1.37 приведена техническая характеристика гидроразбивателя высокой концентрации Tri-dayn (концентрация 12 %) периодического действия.

Таблица 1.39

Техническая характеристика гидроразбивателей фирмы «Sunds»

Параметр	Модель									
	IP11	IP12	IP21	IP22	IP23	IP31	IP32	IP33	IP41	IP42
Средняя производительность, т/сут *	20 (45)	40 (90)	90 (170)	130 (240)	160 (300)	200 (360)	240 (420)	290 (500)	—	—
Объем ванны, м ³	2,0	3,7	7,5	13	17	24	31	40	50	52
Мощность двигателя, кВт	37	55	75	90	110	132	160	200	250	315

П р и м е ч а н и е. При периодической работе производительность гидроразбивателя составляет 40...60 % от производительности при непрерывной работе в зависимости от продолжительности загрузки и выгрузки.

* Первое число — производительность при роспуске сульфатной целлюлозы, второе (в скобках) — при роспуске сульфитной целлюлозы.

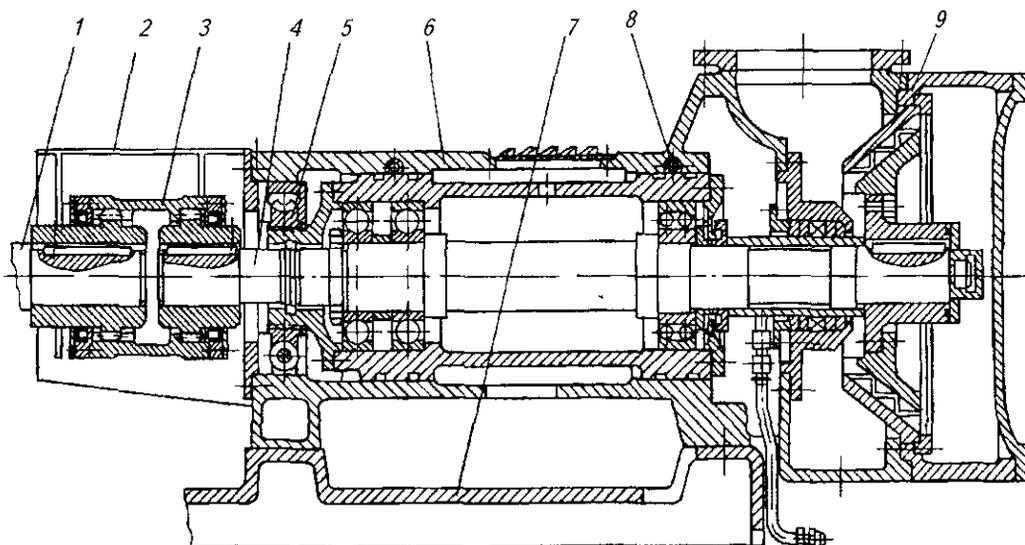


Рис. 1.11. Пульсационная мельница типа МП:

1 — вал двигателя; 2 — ограждение; 3 — зубчатая муфта; 4 — ротор, 5 — механизм установки зазора, 6 — сганина, 7 — плита; 8 — механизм фиксации ротора, 9 — статор

В табл. 1.38 приведена техническая характеристика гидроразбивателей Shark этой же фирмы для роспуска листовой целлюлозы при концентрации массы 6 % (периодический режим работы) [24].

В табл. 1.39 приведена техническая характеристика гидроразбивателей фирмы

«Sunds» (Швеция), выпускаемых на заводе «Jylhavaara» в Финляндии (концентрация массы 4 %, непрерывная работа) [25].

Дополнительные сведения об упоминаемых здесь гидроразбивателях АО «Петрозаводскмаш», а также Tri-dayn, Sigma, Shark и некоторых других можно найти в т. 1, ч. 3, гл. 13.4.

После роспуска в гидроразбивателе трудноразмалываемые волокна целлюлозы перед размолем надо подвергать дороспуску. Для дороспуска массы после гидроразбивателя применяются пульсационные мельницы. Устройство пульсационной мельницы типа МП,

Таблица 1.40
Техническая характеристика мельниц пульсационных типа МП, выпускаемых АО «Петрозаводскмаш»

Параметр	Типоразмер	
	МП-375	МП 400
Производительность по а.с. волокну, т/сут	35...110	60...190
Массовая концентрация суспензии, г/л	20...50	20...50
Степень роспуска, %	65...96	65...96
Наибольший диаметр ротора, мм	375	400
Давление массы, МПа: на входе, не менее на выходе, не более	0,05 0,4	0,05 0,4
Электродвигатель привода ротора: мощность, кВт частота вращения, мин ⁻¹	75 1500	110 1500
Габаритные размеры с приводом, мм: длина ширина высота	2252 608 825	2530 865 858
Масса, кг, не более: мельницы мельницы с электрооборудованием и ЗИП	1770 1930	2085 2290

Таблица 1.41
Техническая характеристика мельниц пульсационных DEFLO фирмы «Sunds»

Тип	Производительность, т/сут	Мощность электродвигателя, кВт	Частота вращения ротора, мин ⁻¹
IF-55	5...43	55	1500
IF 75	9...60	75	1500
IF-90	12...80	90	1500
IF-110	18...115	110	1500
IF-132	21...130	132	1500
IF-160	26...145	160	1500
IF-160	35...180	160	1500
IF-200	45...210	200	1500
IF-250	52...260	250	1500
IF 315	60...310	315	1500
IF-400	90...440	400	1000
IF-500	110...510	500	1000
IF-630	130...620	630	1000

производства АО «Петрозаводскмаш» приведено на рис. 1.11, а техническая характеристика мельниц типа МП — в табл. 1.40.

Фирма «Sunds» (Швеция) также предлагает широкий диапазон пульсационных мельниц (энттипперов) для дороспуска целлюлозы по технологии DEFLO. В табл. 1.41 приведена техническая характеристика мельниц пульсационных DEFLO [26].

Аппараты аналогичного назначения выпускаются рядом других фирм, таких как «Voith» (Австрия), «Gampa-Beloit» (Польша), «Parcel» (Чехия), «Escher-Wyss» (Германия) и др. Сведения о них можно получить в книге [27].

1.4.3.2. Дисковые мельницы

Дисковые мельницы являются в настоящее время основным размалывающим оборудованием наряду с мельницами с коротким конусом типа Conflo.

Основные преимущества дисковых мельниц по сравнению с традиционными коническими мельницами следующие:

- широкая область применения (например, производство древесной массы из щепы, размол отходов древесномассного и целлюлозного производства, размол целлюлозы и полуцеллюлозы, горячий размол целлюлозы и т. д.);

- возможность размола при высокой и сверхвысокой («сухой» размол) концентрации волокнистых полуфабрикатов;

- получение бумаги и картона с высокими физико-механическими показателями за счет технологических преимуществ оборудования (высокой секундной режущей длины ножей гарнитуры, повышенной концентрации размалываемой массы и др.);

- возможность реализации большой единичной мощности в одном агрегате (например, при размоле щепы в производстве ТММ используются электродвигатели мощностью до 25 МВт);

- вследствие снижения гидродинамических потерь при массном размоле более низкий (на 15...25 %) удельный расход электроэнергии;

- удобство в эксплуатации и техническом обслуживании (например, быстрая смена гарнитуры).

Дисковые мельницы в зависимости от количества зон размола и вращающихся размалывающих поверхностей делятся на четыре группы: 1) однодисковые мельницы (одна

размалывающая поверхность вращается, другая не вращается); 2) двухдисковые мельницы (вращаются обе размалывающие поверхности в противоположных направлениях); 3) сдвоенные мельницы (между двумя неподвижными дисками расположен вращающийся диск, имеющий две размалывающие поверхности); 4) многодисковые мельницы.

В однодисковые мельницы (наиболее распространенный вариант) полуфабрикат подается насосом или винтом (шнеком) в центральную часть зоны размола. Возможны два варианта расположения дисков: 1) консольно; 2) между двумя опорами. Недостатком 1-го варианта является неравномерность зазора в верхней и нижней частях зоны размола из-за прогиба консольной части вала ротора под действием силы тяжести. Во 2-м варианте этот недостаток отсутствует, однако усложняется конструкция, ремонт и обслуживание мельницы. По техническим возможностям однодисковые мельницы наиболее универсальны и могут использоваться на различных участках технологического потока.

Двухдисковые мельницы в основном применяются в производстве древесной массы из щепы. Высокая относительная окружная скорость дисков (до 200 м/с) и, следовательно, большая секундная режущая длина ножей, позволяют получать массу высокого качества и обеспечить высокую производительность. Однако конструкция двухдисковых мельниц значительно сложнее, чем у однодисковых.

Существенным недостатком одно- и двухдисковых мельниц является наличие мощных упорных подшипников для восприятия значительных осевых нагрузок, достигающих в современных мельницах до 20 т и более. Установка таких подшипников намного усложняет конструкцию, удорожает ремонт и эксплуатацию мельниц.

Необходимость в применении упорных подшипников исключена в конструкции сдвоенных мельниц с плавающим диском. Эти мельницы имеют две зоны размола, расположенные по обе стороны вращающегося диска. Последовательная подача в зоны размола обеспечивает двухступенчатый размол (MonoFlo), а параллельная подача (DouFlo) — удвоенную производительность. Необходимое давление размола обеспечивается перемещением относительно оси одного из дисков статора. При этом максимальные нагрузки, возникающие в одной из зон размола, автоматически уравновешиваются усилиями со стороны другой зоны. Самокомпенсация осевых

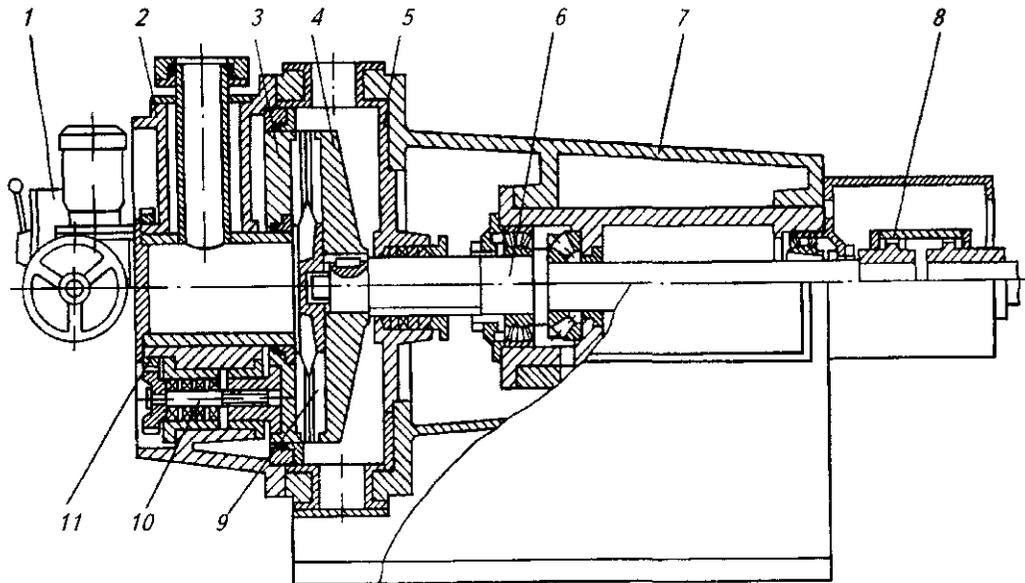


Рис. 1.12. Однодисковая мельница типа МД:

1 — механизм присадки; 2 — крышка камеры; 3 — статор; 4 — диск ротора, 5 — камера размольная; 6 — ротор; 7 — станина; 8 — муфта; 9 — размалывающая гарнитура; 10 — винтовые пары; 11 — цилиндрическая передача

усилий предъявляет высокие требования к равномерности подачи массы с обеих сторон диска ротора, что сравнительно просто обеспечивается при концентрациях массы 2...6%. Гораздо большие сложности возникают при обеспечении одинаковых условий в обеих зонах при размолу массы высокой concentra-

ции. Тем не менее такие мельницы уже нашли свое применение в производстве древесной массы из щепы (ТММ, ХТММ) и в массовом размолу.

Отечественными специалистами разработаны и серийно освоены мельницы типа МД — мельница однодисковая (рис. 1.12) и МДС —

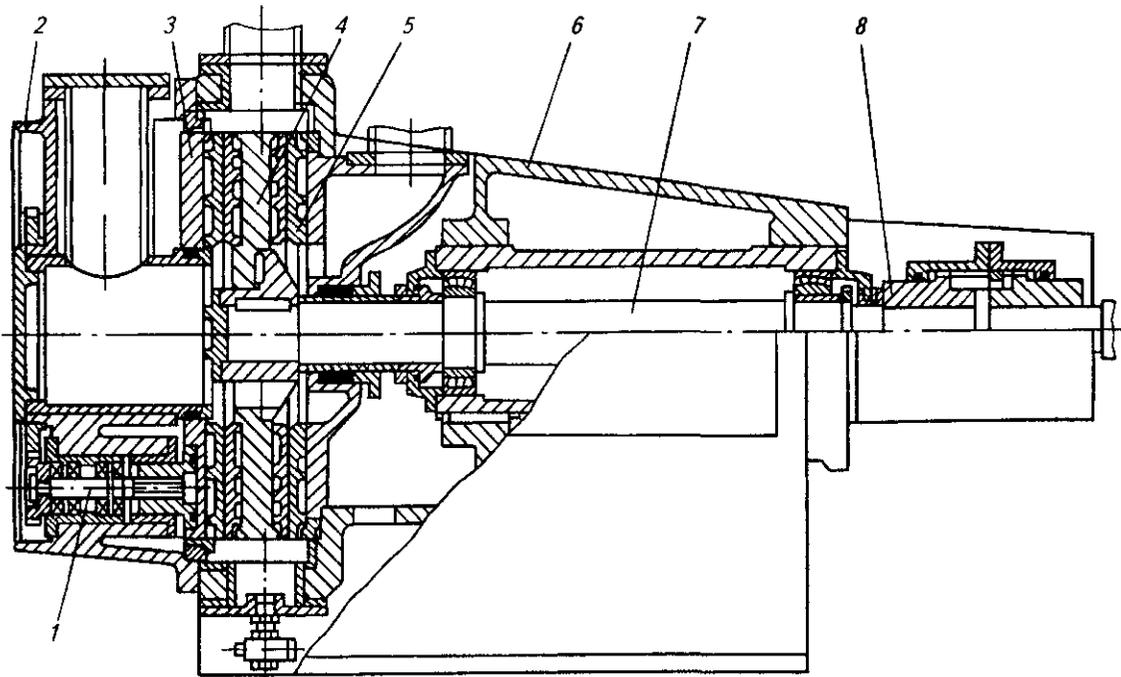


Рис. 1.13. Сдвоенная дисковая мельница типа МДС:

1 — винтовая пара; 2 — крышка камеры; 3 — статор; 4 — диск ротора; 5 — гарнитура размалывающая; 6 — станина; 7 — ротор; 8 — муфта

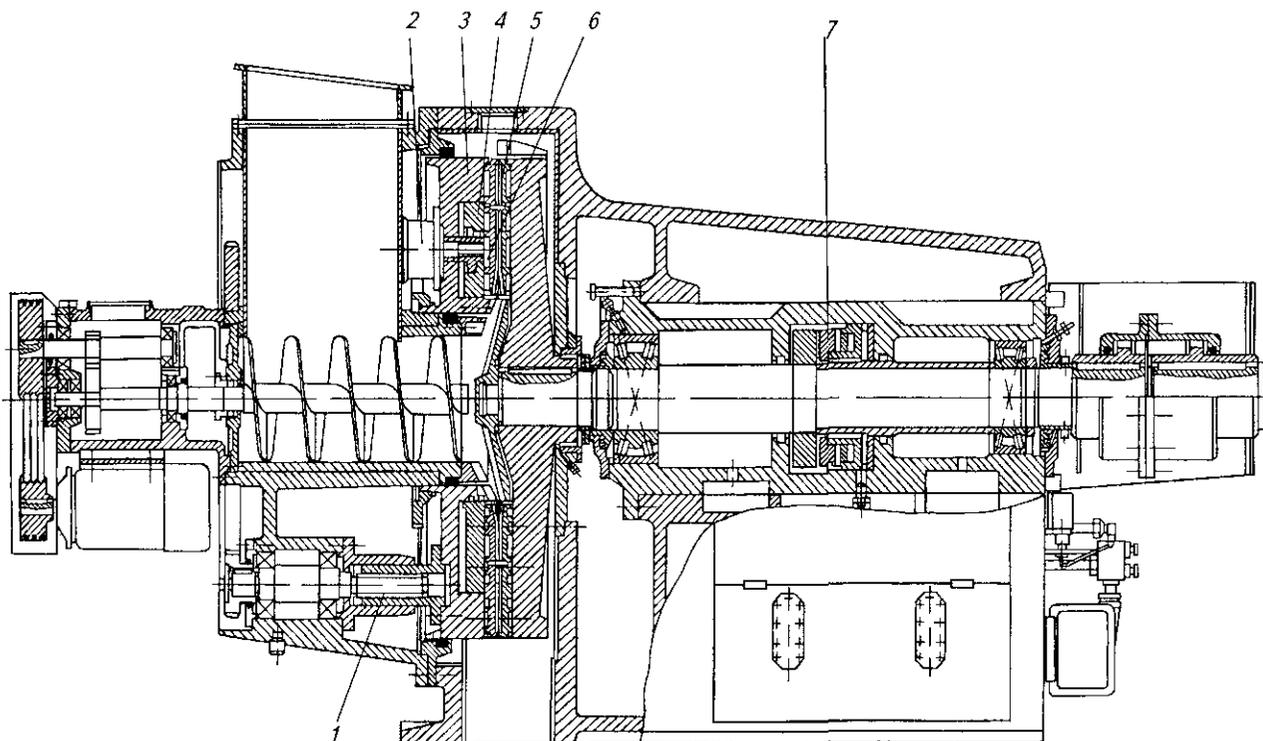


Рис. 1.14. Однодисковая мельница типа МД с винтовым (шнековым) питателем (исполнение «Ш»):
 1 — винтовые пары статора, 2 — винтовые пары статорного кольца; 3 — статор; 4 — статорное кольцо, 5 —
 гарнитура периферическая, 6 — гарнитура центральная, 7 — упорный подшипник скольжения

Техническая характеристика дисковых мельниц отечественного производства

Таблица 1.42

Тип	Диаметр дисков, мм	Частота вращения ротора, с ⁻¹	Периферийная окружная скорость ротора, м/с	Установочная мощность двигателя, кВт	Производительность, т/сут в.с.волокна	Условные обозначения области применения (см табл. 1.43)
МД-00	315	25,0	23	45	5...8	2; 3; 4; 6
МД 02	500	12,5	26	90	10...35	2; 3; 4; 6
МД 14	630	10	20	132	20...80	2; 3; 4; 6
МД-1Ш5	630	16,6	33	160	8...25	13
МД 1Ш7	630	25,0	49	250	12...60	10; 13
МД-25	800	12,5	31	315	35...120	1...7
МД-2У5	800	16,6	42	315	25...175	8; 9
МД-2Ш6	800	16,6	42	400	20...80	10-13
МД 31	1000	10,0	31	500	50...200	1..7
МД-3У5	1000	12,5	39	630	50...350	8; 9
МД 3Ш7	1000	25,0	78	800	25...170	10...12
МД-3У8	1000	16,6	52	1000	300...550	8
МД 4Ш6	1250	16,6	65	1600	50...340	10...12
МД 4Ш7	1250	25,0	78	2500	35...400	11; 12; 15; 16
МДС-00	315	25,0	23	90	10...30	2; 3; 4; 6
МДС 02	500	16,6	26	200	20...70	2; 3; 4; 6
МДС-14	630	12,5	24	315	35...120	1...7
МДС-24	800	12,5	31	630	70...240	1...7
МДС 33	1000	10,0	31	1000	110...400	1...4; 6

Таблица 1.43

Области применения дисковых мельниц отечественного производства

Условное обозначение области применения	Область применения	Степень помола после одного прохода через мельницу, °ШР
С усиленной камерой		
1	Предварительный размол целлюлозы высокого выхода	13...15
2	Размол:	
3	сульфатной целлюлозы	20...30
4	сульфитной	20...30
5	нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы	20...30
5	отходов сортирования древесной массы	20...50
6	Выравнивание массы перед БДМ, подмол макулатурной массы	Прирост 1...4
7	Размол массы для ДВП — 2-я ступень	11...14
8	Внутрипоточный размол, термодисперсионная обработка макулатуры	13...16
9	Размол массы для ДВП — 1-я ступень	8...10
С винтовой (шнековой) подачей		
10	Предразмол целлюлозы высокого выхода и полуцеллюлозы	13...15
11	Размол:	
11	отходов тонкого сортирования	13...15
12	сульфатной целлюлозы	16...18
13	отходов грубого сортирования древесной массы	15...17
14	щепы (одноступенчатый)	30...60
15	щепы (двухступенчатый)	30...70
16	отходов тонкого сортирования древесной массы	25...35

мельница дисковая сдвоенная (рис. 1.13). Мельницы типа МД имеют три исполнения: 1) основное — с размольной камерой, рассчитанной на работу под избыточным давлением до 0,4 МПа при температуре до 90 °С и концентрации массы до 6 %; 2) с усиленной камерой (исполнение «У») при давлении до 2,4 МПа, температуре до 190 °С и концентрации массы до 18 %; 3) с винтовым (шнековым) питателем (исполнение «Ш») при давлении до 0,2 МПа и концентрации массы до 30 % (рис. 1.14).

В качестве основного параметра, определяющего типоразмер мельниц, принят размер дисков гарнитуры. Марки мельниц имеют следующую структуру обозначения: Х — тип мельниц (МД или МДС); ХХ — типоразмер по диаметру дисков (00; 1, 2, 3, 4, 5, 6); ХХХ — исполнение мельницы («У», «Ш», для основного исполнения обозначение отсутствует); ХХХХ — условные обозначения мощности привода (1, 2, 3, 4 и т. д.).

Например, мельница МД4Ш3 — однодисковая, четвертого типоразмера (т. е. диаметр дисков составляет 1250 мм), с винтовой подачей массы в зону размола, с приводом третьего типоразмера (т. е. мощностью 1000 кВт).

Некоторые параметры отечественных дисковых мельниц приведены в табл. 1.42, при этом мельницы с диаметром дисков 315, 500 и 630 мм выпускаются Гатчинским заводом бумоборудования, а АО «Петрозаводскмаш»

выпускает мельницы всех типоразмеров [26].

Области применения дисковых мельниц типа МД с усиленной камерой (исполнение «У») и со шнековой подачей (исполнение «Ш») указаны в табл. 1.43.

Однодисковые рафинеры Singl-Disk фирмы «Andritz Ahlstrom» (Финляндия) применяются для размола при высокой концентрации массы (10...35 % а. с. волокна). Имеется четыре типоразмера этих рафинеров: 22-1С, 36-1В, 42-1В и 50-1. Наименьший из них предназначен, в первую очередь, для размола сучковой массы и отходов сортирования, а наибольший — для получения древесной массы из щепы. Техническая характеристика этих рафинеров приведена в табл. 1.44 [28].

Таблица 1.44

Техническая характеристика однодисковых рафинеров фирмы «Andritz Ahlstrom»

Параметр	Модель			
	22-1С	36-1В	42-1В	50-1
Диаметр дисков, мм	550	910	1070	1270
Мощность двигателя, кВт	185	700	1500	4000
Периферийная окружная скорость ротора, м/с	86	71	84	100
Масса рафинера, т	1,4	12,0	13,0	14,0

Таблица 1.45

Техническая характеристика сдвоенных дисковых мельниц фирмы «Mitsubishi Beloit»

Параметр	Модель					
	3013	3020	3026	3034	3042	3054
Диаметр дисков, мм	330	508	660	863	1067	1372
Производительность, т/сут:						
с одним выходом (Monoflo)	5...20	15...50	30...90	50...180	90...350	140...400
с двумя выходами (Duoflo)	10...35	30...90	60...170	100...360	180...650	280...800
Мощность электродвигателя, кВт	55...110	110...220	185...375	260...600	520...1100	1100...1900
Частота вращения ротора, с ⁻¹	20...30	15...20	12...15	9...12	7,5...10	6...7,5
Размеры фундамента (ширина×длина), мм	700×1400	1000×1800	1100×2300	1400×2800	1600×3100	1900×3700
Масса, кг	900	2100	3600	6500	10 000	17 000

Таблица 1.46

Техническая характеристика сдвоенных дисковых мельниц фирмы «Andritz Ahlstrom»

Параметр	Модель				
	TF1D	TF2D	TF3D	TF4D	TF5D
Наружный диаметр, мм	610	813	1016	1219	1473
Объемная производительность при концентрации 4 %, м/мин	320...1960	650...4350	1250...8750	2000...14 400	5600...21 000
Частота вращения, мин ⁻¹	1000...800	750...600	640...480	500...400	400...300
Мощность электродвигателя, кВт	300	500	900	1700	2500
Мощность холостого хода, кВт	60	90	150	190	380

Фирма «Mitsubishi Beloit» (Япония—США) производит сдвоенные дисковые мельницы серий DDR 3000 и DDR 4000. В табл. 1.45 приведены характеристики мельниц серии DDR 3000 [24].

Фирма «Andritz Ahlstrom» (Финляндия) выпускает на своем заводе в Австрии сдвоенные дисковые мельницы для размола первичного и макулатурного волокна при концентрации 3,5...6,0 % а. с. волокна. Их техническая характеристика приведена в табл. 1.46.

1.4.3.3. Размалывающая гарнитура для дисковых мельниц

Гарнитура — это сердце процесса размола. Неправильный выбор гарнитуры приводит к плохому качеству массы и большому количеству отходов сортирования, высоким затратам энергии на размол и частым останковкам для смены сегментов гарнитуры. Основными материалами для изготовления гарнитуры являются металлы: специальные марки стали, чугуна и др.

Металлическая гарнитура дисковых мельниц выполняется цельной нарезной или секторной литой. Наибольшее распространение получила секторная литая гарнитура.

Гарнитура дисковых мельниц работает в условиях абразивного износа и значительных давлений между ножами, кавитации, а также в широких диапазонах значений pH массы (от 2 до 12) и других факторов, что обуславливает деформирование, перенаклеп, усталость и коррозию гарнитуры. С повышением концентрации размалываемой массы необходимо увеличивать зазор между размалывающими дисками, благодаря чему срок службы гарнитуры возрастает.

Так, при размоле отходов сортирования древесной массы с концентрацией 6 % срок службы может составить всего 6...8 сут. Повышение концентрации до 12 % увеличивает этот срок в 3 раза, а при концентрации массы 25 % — в 5 раз. Продолжительность прицековки (приработки) новых дисков составляет обычно 5 % от общего срока службы гарнитуры.

При установке новой гарнитуры в период ее прицековки происходит рубка волокна и качество массы снижается. В конце срока

службы гарнитуры волокна также интенсивно укорачиваются вследствие изнашивания ножей.

Значение коэффициента укорочения определяется по формуле [29]

$$k = \frac{\ln \frac{l_{исх}}{l}}{^{\circ}ШР_к - ^{\circ}ШР_0} (^{\circ}ШР)^{-1}, \quad (1.21)$$

где $l_{исх}$, l — средняя длина волокон перед размолем и после размола; $^{\circ}ШР_0$, $^{\circ}ШР_к$ — степень помола массы перед размолем и после размола, $^{\circ}ШР$.

Для ведения размола в мягком режиме с сохранением длины волокна значение коэффициента $k \leq 0,0092$, при этом дисковые мельницы должны оснащаться гарнитурой фибриллирующего типа (ширина ножа 3 мм, ширина канавки 4 мм, на самых малых типоразмерах — 3 мм, глубина канавки 5...6 мм, угол наклона первого в секторе ножа 0° , угол повторяемости рисунка у шестисекторных дисков 20° , у восьмисекторных дисков — $22,5^{\circ}$).

Для достижения коэффициента укорочения $k \geq 0,015 (^{\circ}ШР)^{-1}$ на мельницы необходимо ставить гарнитуру укорачивающего типа (ширина ножа 3 мм, ширина канавки 7 мм, глубина канавки 5...6 мм, угол встречи ножей $\phi_0 = 0^{\circ}$, угол повторяемости рисунка у шестисекторных дисков 30° , у восьмисекторных дисков — 45°).

Если необходим коэффициент укорочения $0,0092 (^{\circ}ШР)^{-1} \leq k \leq 0,015 (^{\circ}ШР)^{-1}$, то статоры мельниц оснащаются диском укорачивающего типа (типа «Р»), а роторы диском фибриллирующего типа (типа «Ф»).

Материал гарнитуры оказывает значительное влияние на качество разработки волокна и срок службы гарнитуры. Основными материалами гарнитуры являются белый чугун типа Ni-Hard, X-C и МСК с твердостью по Роквеллу 50...60 ед., а также коррозионно-стойкие стали, содержащие никель, хром и молибден с твердостью 40...60 ед.

Белый чугун обладает высокой коррозионной и абразивной стойкостью, но хуже переносит ударные нагрузки, чем коррозионно-стойкая сталь.

Лидер в области размалывающей гарнитуры дисковых мельниц — фирма «Sunds-Defibrator» (Швеция). Заводы фирмы по изготовлению гарнитуры имеют мощность 25 000 комплектов в год. Гарнитура была поставлена на 700 предприятий в 60 странах мира [29].

Рисунок гарнитуры и материал для ее изготовления выбираются на основании исследований, выполненных фирмой. Так, используя компьютерную программу конструирования и моделирования сегментов рафинера (RSPC), можно исследовать взаимосвязь между геометрическими параметрами различных сегментов рафинера и результатами размола в производстве.

Эта программа состоит из трех взаимодействующих модулей:

- 1) модуль CAD для конструирования;
- 2) модуль SCAU для расчета геометрических переменных;
- 3) база данных для моделирования процесса и использования геометрических данных (каталог сегментов).

В настоящее время освоена гарнитура из стального сплава с содержанием в нем 2,5...5 % карбида титана, что повышает износостойкость гарнитуры и придает поверхности ножей определенную шероховатость, улучшающую качество размола.

Установлено, что определенное значение имеет соотношение внутреннего и наружного диаметров гарнитуры (d/D). До настоящего времени эта величина составляла 0,45...0,50, однако установлено, что оптимальным значением является 0,6, что и реализуется в современных мельницах.

В табл. 1.47 приведены некоторые рекомендуемые параметры гарнитуры режущего (Р) и фибриллирующего (Ф) типов для отечественных дисковых мельниц [23].

Таблица 1.47
Параметры гарнитуры дисковых мельниц отечественного производства

Тип мельницы	Параметр					
	Тип гарнитуры	Мощность двигателя, кВт	Ширина ножа, мм	Ширина канавки, мм	Угол наклона ножа к радиусу, °	Рекомендуемая твердость, HRCэ
МД-02	Ф	110	3,0	4,0	5	35...45
	Р	110	3,0	7,0	0	50...55
МДС-02	Ф	200	3,0	4,0	5	35...45
	Р	200	3,0	7,0	0	55...60
МД-14	Ф	160	3,0	4,0	5	35...45
	Р	160	3,0	7,0	0	55...60
МДС-14	Ф	315	3,0	4,0	5	35...45
	Р	315	3,0	7,0	0	55...60
МД-25	Ф	315	3,0	4,0	5	35...45
	Р	315	3,0	7,0	0	55...60
МД-31	Ф	500	3,0	4,0	5	35...45
	Р	500	3,0	7,0	0	55...60

Для совершенствования размалывающей гарнитуры в 1970–1980-х годах были проведены широкие исследования по использованию новых конструкционных материалов, в частности, пористых металлов (типа «Порал»), высокопрочной резины и пластмассы, абразивной керамики и др. Однако прочность и износостойкость такой гарнитуры оказалась хуже, чем у лучших марок металлической гарнитуры, и, несмотря на некоторые технологические преимущества (улучшение разработки волокон, снижение удельного расхода электроэнергии), она не нашла пока промышленного применения.

Особо следует сказать о металлической гарнитуре с закрепленными на ее поверхности микроалмазами, разработанной в Украине (Киев — УкрНИИБ и институт материалов АН Украины). Испытания ее продолжаются и, по данным немецких исследователей, получены положительные результаты по экономии электроэнергии и сроку службы гарнитуры.

1.4.3.4. Конические мельницы

Конические мельницы можно условно разделить на мельницы старого поколения, к которым относятся известные мельницы Jordan с углом конуса $16...22^\circ$ и мельницы Clafflin с углом конуса $\geq 40^\circ$, и мельницы нового поколения — это мельницы Conflo, выпускаемые шведско-финской группой «Valmet-Sunds» (ныне входит в корпорацию «Metso»).

Конструктивные особенности конических мельниц старого поколения рассмотрены во 2-м издании «Справочника бумажника», изданном в 1965 г., и поэтому в данном издании не рассматриваются. В табл. 1.48 приведены основные параметры отечественных конических мельниц, которые еще находят применение в целлюлозно-бумажной промышленности [30].

Эти мельницы выпускаются отечественной промышленностью, в основном Гатчинским заводом бумоборудования, только по спецзаказам, поскольку большинство предприятий ЦБП перешло на использование дисковых мельниц.

Вторым рождением конической мельницы можно считать разработку фирмы «Sunds Defibrator Iylha OY» (ныне входит в корпорацию «Metso») — аппарат новой конструкции для размолва волокнистых полуфабрикатов. Ротор мельницы — конический, малой длины, с малым углом конуса, консольной конструкции [27].

Питание мельницы осуществляется по центру бокового сечения узкой части конуса, что принципиально отличает ее от конических мельниц старого поколения и приближает к дисковым мельницам. Мельница получила название Conflo, конструктивные особенности ее обеспечивают более длительное нахождение массы в зоне размолва.

Большая поверхность размолва и высокая секундная режущая длина ножей мельницы обеспечивают равномерный фибриллирующий размол, что позволяет получать бумагу с высокими физико-механическими показателями.

Таблица 1.48

Основные параметры конических мельниц отечественного производства

Марка мельницы	Вид размалывающей гарнитуры	Площадь боковой поверхности сопряжения конусов, м ²	Частота вращения ротора, с ⁻¹	Установочная мощность, кВт	Производительность, т/сут в.с. волокна
МКЛ-01	Литая металлическая	0,40	25,0	110	4...15
МКЛ-01М	То же	0,40	16,6	75	4...16
МКЛ-02	»	0,70	25,0	200	20...30
МКЛ-03	»	1,10	12,5	200	30...50
МКЛ-03М	»	1,10	10,0	200	30...50
МКЛ-04	»	1,80	8,2	250	40...80
МКН-01	Наборная металлическая	0,45	12,5	30	3...10
МКН-02	То же	0,77	12,5	75	6...10
МКН-03	»	1,03	12,5	130	8...30
МКБ-01	Базальтовая	0,40	12,5	30	2...5
МКБ-02	»	0,63	12,5	55	3,0...7,5

Таблица 1.49

Техническая характеристика мельниц Conflo

Параметр	Модель					
	IC 00	IC 01	IC 02	IC 03	IC 04	IC 05
Производительность, т/сут	5...10	5...250	25...350	50...500	100...750	300...1000
Мощность двигателя, кВт	37...110	75...315	160...500	250...900	600...1500	1250...2800
Частота вращения ротора, с ⁻¹	10,0...25,0	8,8...20,0	7,8...16,7	7,0...12,5	5,4...10,0	5,0...10,0
Рабочее давление в камере, тах, кПа	600	600	600	600	600	600
Концентрация массы, %	2...6	2...6	2...6	2...6	2...6	2...6
Габаритные размеры, мм:						
длина	1510	1765	2175	2350	2775	2880
ширина	810	850	960	1100	1300	1790
высота	720	900	1070	1350	1620	2000
Масса (без электродвигателя), кг	780	1300	2600	3700	6700	11 000

телями. Размол на мельнице производится при низком удельном расходе энергии, обеспечивая высокую эффективность размола независимо от размеров мельницы.

Конструкция мельницы отличается простотой, надежностью, легкостью обслуживания, низкими эксплуатационными расходами. Замена размалывающей гарнитуры может быть произведена за 1...3 ч в зависимости от исполнения мельницы. Мельница Conflo может быть использована для размола различных волокнистых полуфабрикатов. Техническая характеристика мельниц Conflo приведена в табл. 1.49.

Мельницы Conflo используются при размоле волокнистой массы в производстве бумаги для печати, коробочного картона, картона крафт-лайнера, бумаги для гофрирования, мешочной бумаги, специальных и высококачественных видов бумаги. Дополнительные сведения о мельницах Conflo можно найти в т. 1, ч. 3, п. 12.4.5.1.

Количество мельниц Conflo, установленных на предприятиях ЦБП, исчисляется сотнями, причем наибольшее распространение получили модели IC-01 (рис. 1.15) и IC-03. В России мельницы Conflo установлены на Котласском и Братском ЛПК в производстве картона крафт-лайнера.

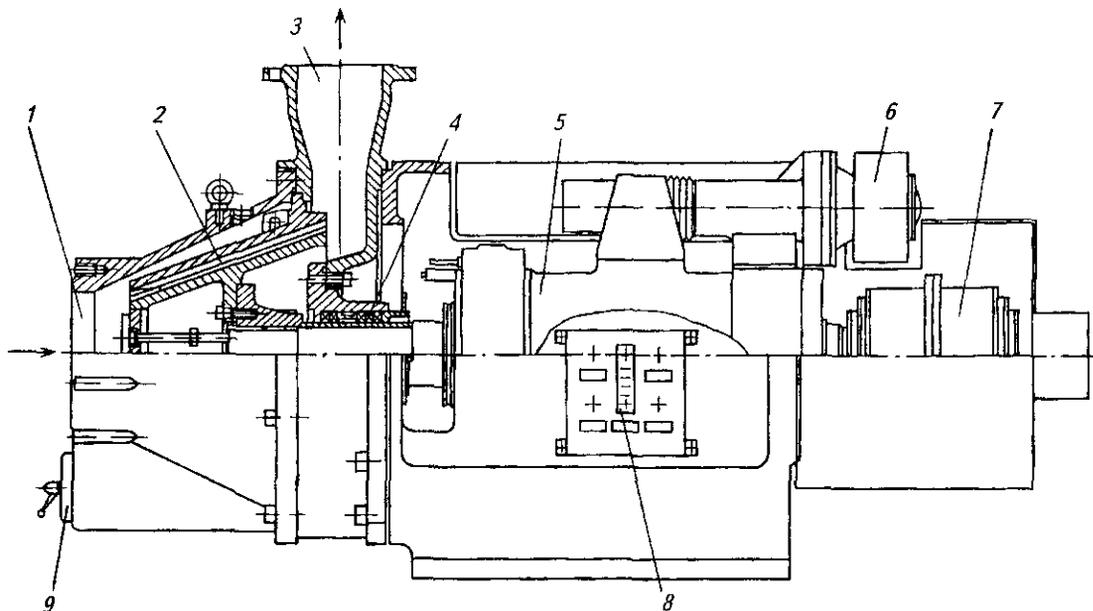


Рис. 1.15. Коническая мельница Conflo модели IC-01:

1 — вход массы; 2 — гарнитура размалывающая; 3 — выход массы; 4 — уплотнение вала; 5 — сборочный узел вала; 6 — механизм присадки; 7 — зубчатая муфта; 8 — расходомер уплотнительной воды; 9 — грязевик

1.4.3.5. Оборудование для размола при высокой концентрации

В производстве мешочной и упаковочной бумаги широкое распространение получила технология комбинированного размола, когда 1-я ступень размола выполняется при высокой концентрации (30...32 % а.с. волокна), а последующие ступени (одна или две) — при низкой концентрации (4...5 % а.с. волокна).

Размол при высокой концентрации требует наличия обезвоживающей машины, способной сгущать суспензию целлюлозной массы до 28...35 %, и дисковой мельницы со шнековым питателем (типа Ш), работающей при такой же концентрации. Обезвоживающая машина соединяется с дисковой мельницей с помощью винтового транспортера. Обратная вода после пресса используется для разбавления массы после мельницы до 3...4 % перед следующей ступенью размола.

Для обезвоживания массы перед размолom высокой концентрации используют различные типы оборудования, но наибольшее применение находят двухбарабанные обезвоживающие прессы фирмы «Sunds» и двухсеточные фильтр-прессы фирмы «Andritz». Получили распространение также двухбарабанные сгустители типа СЗБ, выпускаемые АО «Петрозаводскмаш» (подробнее см. в т. 1, ч. 2, разд. 10).

В первом случае обезвоживание массы от 5 до 30...33 % происходит в зазоре между двумя вращающимися навстречу друг другу перфорированными барабанами, находящимися в герметичной ванне. Масса подается снизу ванны, а сгущенная папка целлюлозы снимается шабером с одного из барабанов, проходит валик-рыхлитель с шипами на поверхности и поступает в винтовой конвейер, подающий ее к мельнице.

Так, для Сегежского ЦБК для размола 300...325 т/сут сульфатной небеленой целлюлозы с жесткостью 40...60 ед. Каппа и начальной степенью помола 12...13 °ШП фирма «Sunds-Defibrator» предложила систему из пресса DWA945 и мельницы RGP256 со следующими характеристиками.

Обезвоживающий пресс:

Входная концентрация, не менее	5 % а.с. волокна
Концентрация на выходе, не менее	30 % а.с. волокна
Длина барабанов	4500 мм
Диаметр барабанов	900 мм
Давление в ванне	1 бар
Максимальная рабочая температура	90 °С

Таблица 1.50
Физико-механические показатели мешочной бумаги, полученной с применением размола при высокой концентрации

Показатель	До внедрения РВК	После внедрения РВК
Масса бумаги площадью 1 м ² , г	71,4	70,5
Разрушающее усилие в поперечном направлении, Н	50,3	49,4
Относительное удлинение, %		
в поперечном направлении	5,3	6,5
в машинном направлении	2,0	2,4
Абсорбция энергии разрыва (ТЕА) в поперечном направлении, Дж/м ²	128	154
Абсолютное сопротивление раздиранию в машинном направлении, мН	1020	1140
Воздухопроницаемость, см ³ /мин	300	310
Впитываемость при одностороннем смачивании (Кобб ₆₀), г/м ²	24	24
Влажность, %	8,2	8,8

Мельница RGP256:

Концентрация поступающей массы	30 %
Удельный расход электроэнергии на 1 т а.с. волокна	300...380 кВт·ч
Мощность главного двигателя	7000 кВт
Диаметр диска	54/56 дюймов
Осевая нагрузка на вал	70 т
Диаметр вала	220 мм

Пресс и мельница соединяются шнековым транспортером диаметром 600 и длиной 4000 мм.

Для Котласского ЦБК для потока БДМ № 2 (мешочная бумага) производительностью 230...240 т/сут в.с. волокна фирмы «Voith» и «Andritz» поставили систему из двухсеточного пресса типа CPF-P2000 и двух дисковых мельниц типа 2SE-45 со шнековыми питателями, мощность двигателя каждой мельницы 1400 кВт.

Размол при высокой концентрации сохраняет длину волокна, при этом волокна интенсивно трутся друг об друга, что приводит к их фибриллированию, расплющиванию люмена и скручиванию волокон. Бумага, изготовленная из такой массы, обладает повышенным удлинением при разрыве, сопротивлением раздиранию, пористостью и, что особенно важно для мешочной бумаги, высокой абсорбцией энергии разрыва (ТЕА). В табл. 1.50 приведены качественные показатели мешочной бумаги 70 г/м² до внедрения и после внедрения размола при высокой концентрации (РВК) на Котласском ЦБК.

1.4.3.6. Безножевые аппараты для размола

Аппарат Frotapulper. Наряду с дисковыми мельницами определенное применение находит и двухвинтовой (двухшнековый) аппарат Frotapulper. Машина состоит из следующих основных частей (рис. 1.16): корпуса 1, валов 4 с подающими витками 8, размалывающих шнеков 6, верхней крышки 7 с загрузочной воронкой, лобовой крышки 5 и механизма регулирования разгрузочного зазора 2. Размалываемый волокнистый материал с концентрацией 25...35 % а.с. волокна подхватывается подающими витками и поступает в зону обработки. В рабочем зазоре между витками размалывающих червяков происходит интенсивная обработка волокон под действием сил сжатия и сдвига. Возникают значительные силы трения волокон друг о друга и о металлические поверхности внутри аппарата.

В этом аппарате основное воздействие оказывают нормальные силы при незначительном сдвиговом воздействии на волокна в межвитковом зазоре. Такое воздействие приводит к эффективной обработке волокнистого полуфабриката без существенного уко-

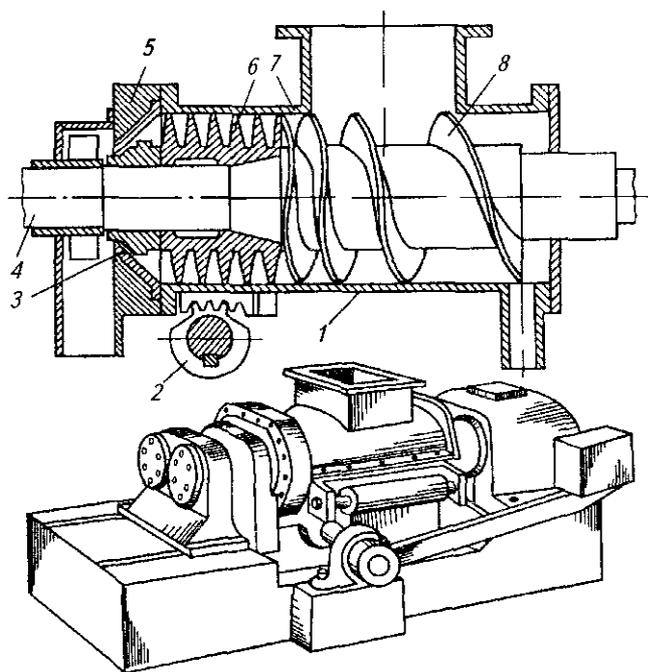


Рис. 1.16. Устройство аппарата Frotapulper:

1 — корпус, 2 — механизм регулирования разгрузочного зазора, 3 — разгрузочный зазор, 4 — вал, 5 — лобовая крышка, 6 — размалывающий шнек, 7 — верхняя крышка, 8 — подающий шнек

рочения волокон, т. е. к удалению первичной стенки волокна, скручиванию и расщеплению волокон.

Обработанный материал выгружается через кольцевые зазоры, образованные внутренними коническими поверхностями боковой крышки и лопастными винтами. Для автоматического регулирования выгрузки обработанной массы служит рычажно-грузовой механизм. Для улучшения качества обработки массы винты в рабочей зоне могут выполняться со специальными насечками на гребнях витков.

Дополнительные сведения об аппарате приведены в т. 1, ч. 3, гл. 13.6. Там же подробно рассмотрены конструкции аналогичных аппаратов (аппаратов трения) АТ-197 и АТ-302, разработанных АО «Петрозаводскмаш».

Имеются различные модификации аппарата Frotapulper (например, с винтами с обратным шагом в конце рабочей части для задержки массы в корпусе машины, с регулированием межвиткового зазора, со специальными кольцами вместо винтов и др.).

Frotapulper применяется, в первую очередь, как аппарат для предварительной обработки волокна перед размолом в производстве тароупаковочных бумаг и картонов, для обработки макулатурной массы, для обработки отходов сортирования и сульфатной целлюлозы. Так, на шведском предприятии «Kornas AB» сульфатную хвойную целлюлозу сначала размалывают при низкой концентрации (5...6 % а.с. волокна), затем сгущают и пропускают через Frotapulper при концентрации 30...32 % а.с. волокна. Окончательный размол производят также при низкой концентрации в дисковых мельницах.

При производительности 380 т/сут а.с. волокна в систему размола входят четыре прессы для сгущения массы и три аппарата Frotapulper с электродвигателями мощностью 1000 кВт каждый [31]. На предприятии «Backhammer» (Швеция) фирма «KMW» поставила два прессы Sydor 100 и один Frotapulper H1000 для обработки 150 т/сут а.с. волокна сульфатной целлюлозы для мешочной бумаги.

Опыт эксплуатации аппарата Frotapulper показал, что винты (шнеки) аппарата устойчивы к абразивному износу и срок службы их составляет в зависимости от вида обрабатываемого материала от 8 мес. до 1,5 лет.

Аппарат Vi-Vis. В конце 1950-х годов во Франции был разработан процесс Vi-Vis (Vi-vis Technology) — сначала для переработки пластиков, а позже — для обработки волокон.

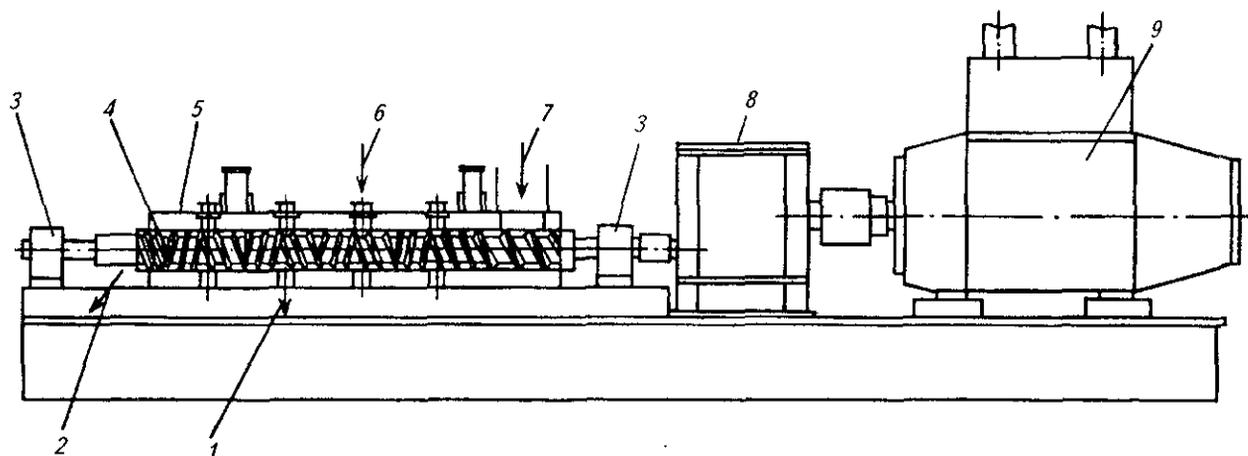


Рис. 1.17. Устройство двухшнекового аппарата Vi-Vis:

1 — выход отработанной жидкости; 2 — выход размолотого материала; 3 — подшипники; 4 — шнеки; 5 — крышка корпуса; 6 — подача химикатов; 7 — вход размалываемого материала; 8 — редуктор; 9 — электродвигатель

нистых масс в целлюлозно-бумажной промышленности [31]. Движущиеся части аппарата (рис. 1.17) состоят из двух сопряженных шнеков, которые вращаются в одном и том же направлении. Шнеки помещены в неподвижный корпус — баррель. Эта пара шнеков приводится во вращение электродвигателем через двухступенчатый редуктор.

Аппарат может применяться как для химических процессов (например, отбелки и промывки), так и для предразмола массы. Технология Vi-Vis может использоваться для обработки хвойных и лиственных волокон, волокон однолетних растений, таких как солома, кенаф и багасса, текстильных волокон — хлопка, льна, конопли, а также макулатурной массы.

Аппарат отличается низким потреблением энергии, небольшими монтажными и эксплуатационными затратами, хорошей управляемостью процесса. Представляет интерес использование этого аппарата для рубки текстильных волокон (например, хлопка) перед основным размолотом, так как ранее эта операция выполнялась в размалывающих машинах периодического действия (например, в роллах или специальных гидроразбивателях высокой концентрации). Фирма «Clextral» (Франция) сообщает о продаже более 20 таких машин для предприятий, выпускающих высокосортные и специальные бумаги, в том числе денежные, из льна, конопли, хлопка и других длинноволокнистых материалов.

В табл. 1.51 приведены результаты сравнения качества хлопковой массы, переработанной по традиционной технологии и по новой технологии с применением аппарата Vi-Vis, а также документной бумаги из нее.

Технология Vi-Vis обеспечивает при автоматизированном непрерывном процессе высокие качественные показатели массы и бумаги, снижает удельный расход электроэнергии до 40 %, расход воды на промывку со 100 до 7,5 м³ на 1 т а.с. волокна и т. д.

Виброинерционная мельница. Ленинградским институтом «Механобр» было разработано принципиально новое безножевое (ротор и статор — гладкие поверхности) размалывающее оборудование — виброинерционные мельницы (ВИМ). Были изготовлены и испытаны различные модификации корпусных или цилиндрических лабораторных

Таблица 1.51
Техническая эффективность шнекового аппарата Vi-Vis при размоле хлопковой целлюлозы

Показатель эффективности	Технология	
	Традиционная с поверхностной проклейкой бумаги	Vi-Vis с поверхностной проклейкой бумаги
Расход энергии на размол, кВт·ч/т	1800	1100
Расход каустической соды, кг/т а.с. волокна	40	10
Расход перекиси водорода, кг/т а.с. волокна	50	40
Степень помола массы, °ШР	81	80
Масса 1 м ² бумаги, г	62	63
Излом, поперечное направление, ч.д.п.	151	284
Белизна, % Эльрефо	86,0	84,0
Гладкость, Бекк, с	22,4	20,5
Разрывная длина, м:		
машинное направление	7371	8635
поперечное	3686	4317

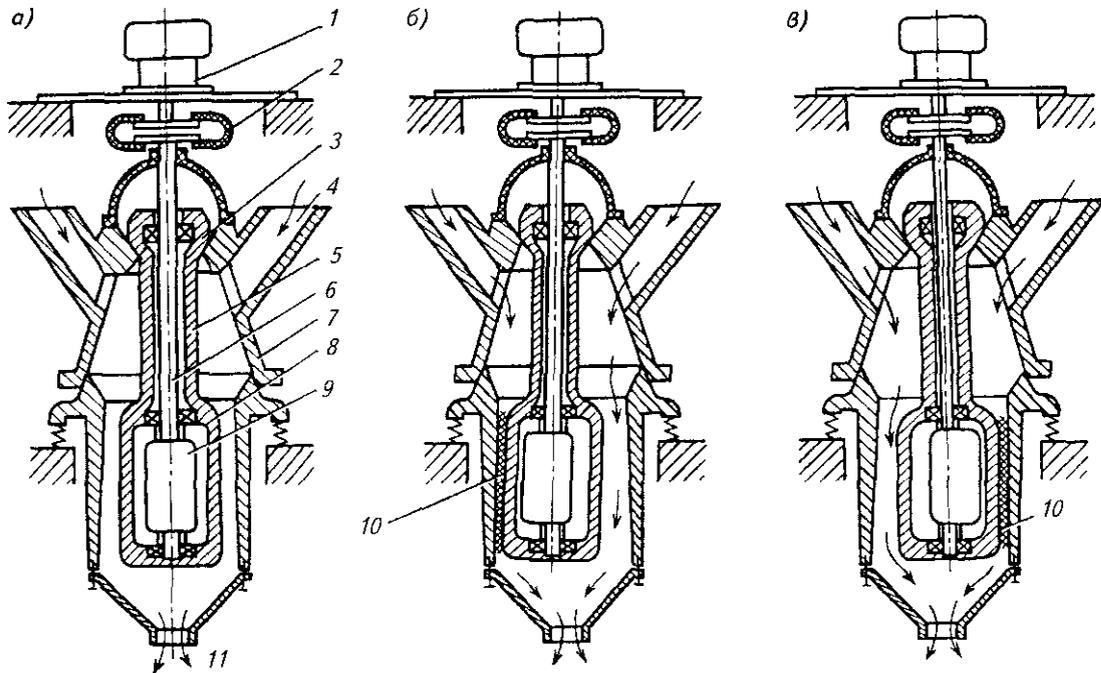


Рис. 1.18. Схема виброинерционного размалывающего аппарата с различными вариантами положения ротора: а — исходное; б, в — рабочие;

1 — электродвигатель; 2 — компенсационная муфта; 3 — корпус подшипника; 4 — загрузочный патрубок; 5 — полый вал; 6 — приводной вал; 7 — корпус мельницы; 8 — ротор; 9 — дебаланс; 10 — обрабатываемый материал; 11 — выход массы

ВИМ: ВИМ-240, ВИМ-300 и ВИМ-600 (цифры показывают больший диаметр ротора в миллиметрах). Одна из модификаций этих аппаратов представлена на рис. 1.18, а–в.

Волокнистый материал подается в специальный загрузочный патрубок 4. Крутящий момент от электродвигателя 1 через компенсационную муфту 2 сообщается приводному валу 6 с дебалансом 9. Вращение дебаланса создает центробежную силу, которая передается через подшипники ротору 8. Ротор прижимается к корпусу и совершает сложное движение: обкатку внутренней рабочей поверхности статора и противоположное вращение относительно своей оси (по принципу фрикционной передачи).

В виброинерционной мельнице волокна пластически деформируются, при этом меняется их форма, а структура претерпевает необратимую перегруппировку (сплющивание, внутреннее фибриллирование). Однако эти мельницы пока оказались непригодными для массового размала различных целлюлоз из-за их низкой производительности, невозможности регулирования процесса и некоторых конструктивных недостатков [32]. Они должны использоваться для измельчения (дробления) твердых и хрупких материалов (руды, угля, минералов и т. п.), а не для

размола пластичных и мягких лигноцеллюлозных материалов.

Другие безножевые аппараты. В первую очередь, к ним относятся гидродинамические аппараты, а именно аппарат «струя—преграда», аппарат «струя—пластина», аппараты гидравлического удара и кавитационные аппараты.

Несмотря на их значительные достоинства, выражающиеся прежде всего в простоте конструкции и обеспечении высокого качества разработки волокна, эти аппараты не нашли промышленного применения из-за чрезмерно высокого удельного расхода электроэнергии на размол, а также быстрого износа рабочих органов.

1.4.4. ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ РАЗМОЛЕ

В цепи технологических операций в производстве бумажно-картонных изделий размол является наиболее энергоемким процессом (до 40...50 % от общего расхода энергии).

С учетом возможностей отечественных машиностроительных предприятий существу-

ет несколько реальных способов снижения затрат электроэнергии на размол.

Оптимальная окружная скорость ротора любой дисковой мельницы согласно исследованиям и практике [33] равна 23...25 м/с. При таких значениях скорости и оптимальных гарнитурах [23] можно получить и качественные показатели массы и снизить затраты непроизводительной мощности. У дисковых мельниц МД-25, МД-31, МДС-24, МДС-33 значения окружных скоростей намного превышают оптимальные значения (диапазон изменения скоростей ротора у мельниц составляет 31...34,5 м/с). Некоторые устаревшие модели зарубежных мельниц, используемых на отечественных предприятиях, также имеют высокие (до 37 м/с) окружные скорости ротора.

Энергетический КПД этих мельниц можно повысить при переходе на сниженную частоту вращения ротора и при условии оснащения их рекомендованной [32] размалывающей гарнитурой фибриллирующего типа (см. табл. 1.47).

Оптимальную частоту вращения получают путем установки:

на мельнице МДС-24 — электродвигателя марки СДЗ-2-500-600-УЗ (частота вращения вала двигателя $n = 10 \text{ с}^{-1}$, мощность 500 кВт); экономия мощности при этом составляет 100...120 кВт; марка модернизированной мельницы МДС-24-1;

на мельнице МД-31 — электродвигателя с $n = 8,67 \text{ с}^{-1}$, мощностью 420 кВт, экономия мощности за счет снижения непроизводительных затрат составляет 60...70 кВт, полезная мощность возрастает дополнительно на 30...40 кВт;

на мельнице МД-25 — электродвигателя марки СДЗ-2-315-600-УЗ (частота вращения вала двигателя $n = 10 \text{ с}^{-1}$, мощность 315 кВт), экономия мощности при этом составляет 50...60 кВт;

на мельницах ST-660 и ST-860, эксплуатируемых на отечественных предприятиях, электродвигателей марок, СДЗ-2-315-600-УЗ и СДЗ-2-500-600-УЗ соответственно; экономия мощности составит 120...130 кВт и 100...110 кВт соответственно. (В настоящее время на ST-660 устанавливается двигатель с $n = 16,7 \text{ с}^{-1}$ мощностью 320 кВт, на ST-860 — с $n = 12,4 \text{ с}^{-1}$, мощностью 590 кВт).

На практике из-за высокой энергоемкости процесса размола стремятся всеми способами минимизировать степень помола волокнистых полуфабрикатов, но, как правило, эти мероприятия сопровождаются ухудшением

качества продукции и ее потерями за счет отбраковки. Чтобы избежать этого, увеличивают количество размалывающего оборудования, уменьшая при этом нагрузку на волокно. Однако при этом существенно увеличиваются непроизводительные затраты электроэнергии за счет увеличения общей мощности холостого хода мельниц.

Установка серийной размалывающей гарнитуры при модернизации мельниц не позволяет использовать существенный резерв экономии энергии (см. выше). Выходом является освоение производства отечественной гарнитуры с оптимальными параметрами (см. табл. 1.47). Это позволит на 10...15 % сократить затраты энергии на размол и обеспечить получение продукции высокого качества.

На многих технологических линиях подготовки массы на конечном этапе размола устанавливаются «домалывающие», или «выравнивающие» мельницы с целью корректировки степени помола на 1...2 °ШР и улучшения перемешивания массы. В качестве домалывающих используют те же типы мельниц, что и при основном размоле. Опыт показал, что поскольку на этом этапе мельница работает практически на холостом ходу, никакого прироста степени помола нет, а проектируемый прирост сравним с обычной ошибкой измерения степени помола. Исключение домалывающих мельниц из потока не влияет на качество массы, но значительно сокращает суммарный расход энергии. В том случае, когда необходимо дополнительно перемешать массу (например, с химическими добавками), гораздо выгоднее установить либо пульсационную мельницу, либо насос со специальной насадкой соответствующей производительности.

В настоящее время большинство конических мельниц, за исключением упомянутых выше мельниц Conflo, затрачивают энергии на холостой ход на 30...69 % больше, чем дисковые. Кроме того, секундная размалывающая поверхность и секундная режущая длина у этих мельниц значительно меньше, чем у дисковых, что приводит при размоле к существенному укорочению волокон из-за больших значений касательных напряжений размола. Увеличение секундной размалывающей поверхности путем уменьшения ширины ножа и канавки до значений, сравнимых с этими значениями на дисковых мельницах, позволит на конических мельницах добиться значительно более мягких режимов обработки волокон, чем на дисковых мель-

ницах, повысить их энергетический КПД и сделать их конкурентоспособными.

Так, к примеру, если в конических мельницах МКЛ-02 и МКЛ-03М выполнить гарнитуру ротора и статора с ножами шириной 4 мм, канавками шириной 4...5 мм и глубиной 7...8 мм, то при укорочении длины конуса будут достигаться оптимальные конструктивно-энергетические характеристики мельниц (табл. 1.52).

Размол на конических мельницах нового поколения можно проводить при касательных напряжениях размола гораздо меньших, чем на существующем оборудовании, что позволит сохранить длину волокон, добиться более высоких качественных показателей продукции при сокращении непроизводительных затрат энергии.

Специалистами ОАО «ВНИИБ» и АО «Петрозаводскмаш» спроектирована сдвоенная коническая мельница МКС-1, имеющая следующую характеристику:

мощность двигателя — 400 кВт;
 мощность холостого хода — 50 кВт;
 секундная режущая длина гарнитуры — 200 км/с;
 частота вращения ротора — 10 с^{-1} ;
 производительность — 20...200 т/сут;
 КПД мельницы — 87 %.

По совокупности показателей мельница не имеет аналогов в мировой практике.

В п. 1.4.2 приведены данные о влиянии на процесс и результат размола концентрации, температуры, значения рН массы, концентрации электролитов. Известен ряд работ отечественных и зарубежных исследователей по вопросу влияния значения рН среды на скорость процесса размола, его энергоемкость.

П. С. Симигин установил [34], что добавки к бумажной массе при размоле в роллах 2 % от массы волокна белого клея или 0,01...0,05 % щелочи (NaOH) уменьшает удельный расход электроэнергии на размол.

Применение алюмината натрия в количестве 4...5 кг/т целлюлозы при выработке

сильноклееной документной бумаги не только снижает расход электроэнергии на размол, но и способствует улучшению проклейки и повышению физико-механических показателей бумаги [34].

Достаточно подробные обзоры влияния химических добавок на ход процесса размола и его энергоемкость приведены в работе [35]. Большинство этих исследований в силу разных причин технического и экономического характера в практику внедрены не были.

О снижении энергоемкости процесса массового размола полуцеллюлозы с увеличением температуры массы от 16 до 75 °С сообщалось в работе [36].

Во ВНИИБе были проведены лабораторные исследования по размолу бисульфитной полуцеллюлозы из хвойной и лиственной древесины при изменении температуры массы от 20 до 70 °С [37]. Удельный расход энергии при этом снижался на 35...45 %. К сожалению, при этом не проводилось моделирование процесса для перехода к промышленному использованию и не оценивались затраты энергии на предварительный нагрев массы.

Лучших результатов по качеству подготовки массы, включающей (к примеру) два волокнистых компонента, резко отличающихся друг от друга по исходным параметрам (коротковолокнистый и длинноволокнистый) или по размалываемости (товарная трудноразмалываемая целлюлоза и свежесваренная легкоразмалываемая целлюлоза), можно достигнуть, размалывая до конечной степени помола каждый из потоков отдельно, а потом смешивая массы. Весьма перспективные результаты были получены сотрудниками ВНИИБа при полупромышленном испытании схемы размола, согласно которой легкоразмалываемый (или коротковолокнистый) полуфабрикат I после размола (или без него) на I-й ступени подавался на вход линии размола трудноразмалываемого (или длинноволокнистого) полуфабриката II. Положитель-

Таблица 1.52

Техническая характеристика серийных (МКЛ) и усовершенствованных (МКУ) конических мельниц

Марка	Радиус, м		Секундная режущая длина, км/с	Мощность холостого хода, кВт	Двигатель		Производительность, т/сут
	внутренний	внешний			мощность, кВт	частота вращения, мин ⁻¹	
МКЛ-02	0,238	0,428	21,8	100	200	1500	20...30
МКУ 02 (вместо МКЛ 02)	0,300	0,428	133,6	12	100	750	10...35
МКЛ 03М	0,369	0,620	48,0	73	200	600	10...70
МКУ-03 (вместо МКЛ-03М)	0,480	0,620	210,0	36	315	600	10...120

ный эффект от такой модернизации процесса размола объяснялся тем, что флокены трудноразмалываемого (или длиноволокнистого) компонента смеси при одном и том же зазоре между дисками испытывали гораздо более жесткие воздействия, нежели флокены второго компонента. Принимая на себя большую часть усилия сжатия в межножевом

зазоре, волокна массы II укорачиваются значительно быстрее, чем при отдельном размоле и, наоборот, длина волокон полуфабриката I сохраняется лучше при совместном размоле [29]. Это позволяет с меньшим количеством мельниц, и следовательно, с существенной экономией энергии осуществить необходимую по качеству обработку волокон.

1.5. ПРОКЛЕЙКА БУМАГИ И КАРТОНА В МАССЕ

1.5.1 СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ
О ПРОЦЕССЕ ПРОКЛЕЙКИ В МАССЕ

Под проклейкой понимают способность бумаги и картона сопротивляться смачиванию, впитываемости и адсорбции разнообразных жидкостей (воды, чернил, кислот, щелочей, молока, масла и многих других), отличающихся своими физико-химическими характеристиками и химическими свойствами. Существует два метода проклейки бумаги — проклейка в массе и поверхностная проклейка [38].

При проклейке в массе проклеивающие материалы подаются в бумажную массу перед формованием листа и более или менее равномерно распределяются в объеме массы, а следовательно, и в самом бумажном листе. При поверхностной проклейке проклеивающие вещества наносят в клеильном прессе на уже сформованное, но недосушенное бумажное полотно. Часто в производстве используются оба метода.

Проклейку в массе, в результате которой бумаге придается определенная степень сопротивляемости впитыванию жидкостей, следует рассматривать как совокупность отдельных завершающих химических, физических и коллоидно-химических процессов.

При соприкосновении бумаги с жидкостью последняя может смачивать бумагу и растекаться по ее поверхности, а также путем капиллярного впитывания проникать в структуру бумаги через межволоконные поры. Жидкость может растекаться по поверхности волокон и проникать внутрь их по капиллярам и порам. Поэтому различают внутриволоконное и межволоконное проникновение. Смачивается ли поверхность бумаги жидкостью или нет, зависит от поверхностного натяжения на границах раздела трех фаз (бума-

га—жидкость—воздух). Величина этого натяжения определяет краевой угол смачивания бумаги жидкостью.

Мерой смачивания считается значение $\cos \theta$, определяемое по уравнению [18]

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{т-в} - \sigma_{т-ж}}{\sigma_{ж-в}}, \quad (1.22)$$

где θ — краевой угол смачивания; $\sigma_{г-в}$ — поверхностное натяжение на границе раздела фаз «твердое тело—воздух»; $\sigma_{т-ж}$ — поверхностное натяжение на границе раздела фаз «твердое тело—жидкость»; $\sigma_{ж-в}$ — поверхностное натяжение на границе раздела фаз «жидкость—воздух».

Если $\theta > 90^\circ$, то смачивания не происходит, поверхность тела в этом случае называется гидрофобной. Твердое тело смачивается, если $\theta < 90^\circ$, т. е. если разница $\sigma_{т-в} - \sigma_{т-ж}$ положительна, поверхность в этом случае является гидрофильной. Схематически это представлено на рис. 1.19, а, б.

При смачивании жидкость проникает в структуру бумаги. Скорость проникновения жидкости в капилляры бумаги (являющаяся величиной, обратной степени проклейки) можно выразить уравнением

$$\frac{dl}{d\tau} = \frac{\sigma r \cos \theta}{400\eta l}, \text{ м/с}, \quad (1.23)$$

где l — длина капилляра, м; τ — время проникновения, с; r — радиус (условный) капилляра, м; σ — поверхностное натяжение жидкостей, Н/м; θ — краевой угол смачивания жидкостью твердого тела, град.; η — вязкость жидкости, Па·с.

Уравнение (1.23) для структуры бумажного листа является приближенным. Такие факторы, как набухание, неравномерность пор, температура, влажность бумаги, давление, химические свойства проникающей жидкости, в урав-

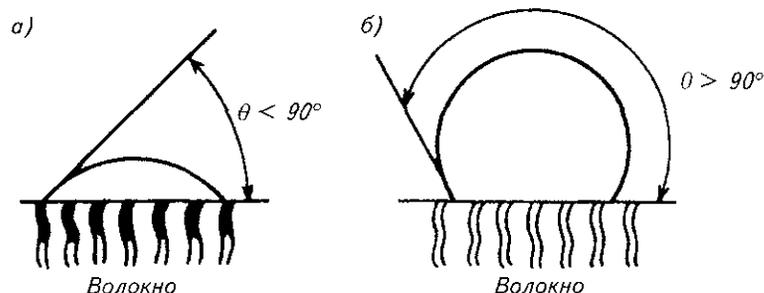


Рис. 1.19. Краевой угол смачивания неклееной и клееной бумаги
а — неклееная бумага (жидкость смачивает поверхность волокон),
б — клееная бумага (жидкость не смачивает поверхность волокон)

нении не учитываются. Тем не менее приведенная формула хорошо зарекомендовала себя при изучении явлений проклейки, поскольку для любого конкретного листа бумаги и испытываемой жидкости многие из этих факторов постоянны. Изменяться могут такие факторы, как радиус пор или размер капилляров в листе и смачиваемость поверхности волокон.

Радиус и длину пор в бумаге можно регулировать размолотом волокна, процессом отлива и нанесения на ее поверхность пленкообразующих веществ. Смачиваемость поверхности волокна регулируют путем использования химических проклеивающих добавок. Для того чтобы проклеивающее вещество было эффективным, оно должно отвечать следующим требованиям:

1) обладать водоотталкивающей способностью, т. е. иметь краевой угол смачивания больше 90° , чтобы придать водоотталкивающие свойства поверхности волокна;

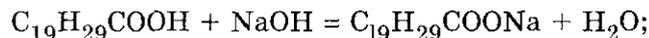
2) быть хорошо диспергировано и равномерно распределено по поверхности волокна, чтобы сделать стенки межволоконных капилляров водоотталкивающими;

3) должно быть связано с поверхностью волокна физическими, физико-химическими или химическими силами связи так, чтобы оно не приводило к флокуляции в процессе подготовки бумажной массы;

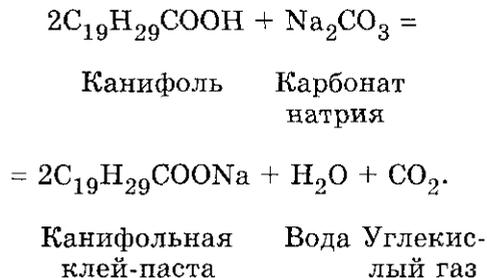
4) не должно вступать в реакцию со смачивающим веществом; в противном случае оно потеряет гидрофобизирующую способность;

5) не должно отрицательно влиять на процесс производства бумаги и ее свойства.

Поскольку классическим проклеивающим материалом является канифоль, кратко рассмотрим возможный механизм придания бумаге гидрофобности. Канифоль, являющаяся смесью смоляных кислот, в воде нерастворима. Для приготовления клея канифоль сначала переводят в растворенное состояние. С этой целью ее обрабатывают щелочным реагентом. При обработке канифоли ($C_{19}H_{29}COOH$) щелочью, например, гидроксидом натрия ($NaOH$) или карбонатом натрия (Na_2CO_3), происходит химическое взаимодействие — нерастворимая в воде канифоль переходит в растворимую канифольную клей-пасту. Это можно представить следующей реакцией:

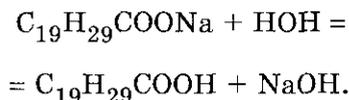


Канифоль	Гидроксид натрия	Канифольная клей-паста	Вода
		или	
		резинат натрия	



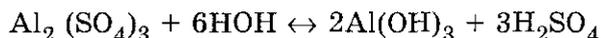
Эти реакции являются типичными реакциями нейтрализации кислоты щелочью. Для полной нейтрализации смоляных кислот канифоли требуется около 13 % $NaOH$ или около 17...18 % Na_2CO_3 по отношению к массе канифоли. Если взять меньшее количество щелочи, то часть канифоли останется в неизменном виде — в форме свободной смолы. Количество свободной смолы в клее может быть различным. В зависимости от ее содержания различают несколько видов канифольного клея [39].

После разбавления клей-пасты водой получается рабочий раствор клея, который содержит: свободную смолу ($C_{19}H_{29}COOH$) в виде мельчайших частиц, резинат натрия или омыленную канифоль ($C_{19}H_{29}COONa$), коллоидную смолу, выделившуюся в результате гидролиза резината натрия по реакции



Коллоидная смола и частицы свободной смолы обладают в водной среде, как и целлюлозное волокно, отрицательным электрокинетическим потенциалом. Поэтому, чтобы зафиксировать смолу на волокне, необходимо перезарядить один из компонентов. Эту роль выполняет сернокислый алюминий, который вступает в химические и коллоидно-химические реакции с резинатом натрия, солями жесткости воды и волокном. Направление этих реакций зависит от значения pH среды, которое определяет, в какой форме находятся соединения алюминия: сернокислый алюминий гидролизует и в зависимости от состояния среды может находиться либо в диссоциированном состоянии — в ионной форме, либо в недиссоциированном состоянии — в форме гидроксида алюминия [40].

Гидролиз происходит по схеме



или в ионной форме

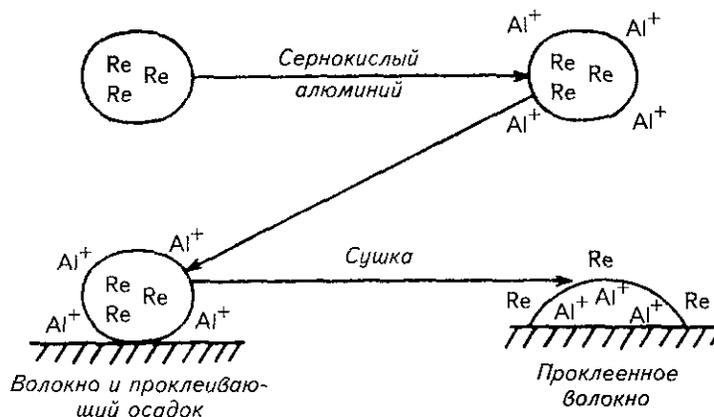
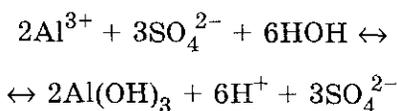
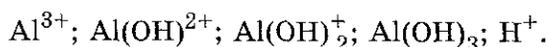


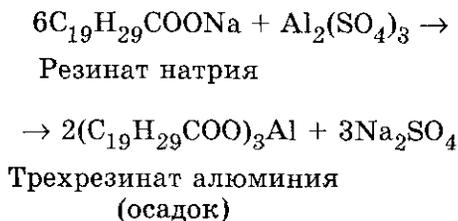
Рис. 1.20. Схема проклейки волокна



При повышении кислотности среды увеличивается количество ионов алюминия, а при повышении щелочности, наоборот, увеличивается количество недиссоциированного гидроксида алюминия. Каждый из компонентов сульфата алюминия вступает в определенное взаимодействие с волокном и клеевой дисперсией. Таким образом, когда сернокислый алюминий добавляют в бумажную массу, он сначала диссоциирует на сульфатные ионы и ионы алюминия. Ионы алюминия вступают в реакцию с водой, образуя гидроксид алюминия и ионы водорода. Последние вызывают снижение pH системы при добавлении сернокислого алюминия. Как установлено [39], окончательно система находится в равновесии и состоит из смеси ионов:



Ионы алюминия вступают в реакцию с резинатной группой канифольной дисперсии и образуют смесь резинатов алюминия. Эта реакция происходит почти мгновенно и в общей форме имеет вид:



В действительности клеевой осадок представляет смесь моно-, ди- и трирезинатов алюминия, свободные смоляные остатки, неомы-

ляемые продукты. Их соотношение в значительной мере зависит от значения pH массы. Таким образом, дисперсия смоляного клея содержит клеевые мицеллы. Это комбинация ионизированного резината натрия, свободной смолы, нейтральных и окисленных веществ, которые присутствуют в канифоли. Когда к системе добавляют сернокислый алюминий, он вступает в реакцию со смоляной дисперсией и образует систему резинатов — положительно заряженный осадок. Этот осадок притягивается к отрицательно заряженному волокну электростатическими силами.

Следующей важной стадией в цикле проклеивания является прохождение бумажного листа через сушильные цилиндры, где происходит плавление осадка и растекание его по поверхности волокна. Свободные смоляные кислоты и нейтральные вещества способствуют понижению точки плавления осадка. Важным фактором в этом процессе является то, что внешняя поверхность осадка перестраивается таким образом, что теперь уже состоит из гидрофобных резинатных групп.

Образовавшийся в результате гидролиза сульфата алюминия гидроксид является положительно заряженным веществом, которое также осаждается на волокне и также участвует в процессе придания бумаге гидрофобности. Упрощенная схема проклейки волокна представлена на рис. 1.20.

1.5.2. ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ НА КАЧЕСТВО ПРОКЛЕЙКИ

Проклейка бумаги — это многофакторный процесс, результат которого зависит от качества приготовленного клея, порядка введения

в бумажную массу химикатов, кислотности среды, соотношения расходов канифоли, клея и сернокислого алюминия, качества производственной воды, температуры массы, режимов отлива, прессования, сушки и каландрирования бумаги [41].

Качество клея. Эффективность проклейки в значительной мере определяется качеством рабочего раствора клея, которое зависит от выбора исходных материалов, применяемых для получения определенного вида клея, условий варки клей-пасты, диспергирования и разбавления водой сваренной клей-пасты до рабочего раствора. В настоящее время целлюлозно-бумажные предприятия получают преимущественно клей-пасты, готовые формы клеев и редко — живичную или талловую канифоль.

Условия омыления канифоли, или варки, имеют некоторые особенности. Прежде всего, нужно выбрать омыляющий агент и в зависимости от технологических условий правильно определить соотношение вода—щелочь—канифоль. Если этого не сделать, то возможно сильное пенообразование и перелив реакционной смеси из варочного котла. Качество клей-пасты при этом резко ухудшается. Наиболее распространенное соотношение воды и канифоли — 50:50. В качестве омыляющего агента при использовании любых исходных материалов, кроме живичной канифоли, обычно используют гидроксид натрия (NaOH). При варке клеев на основе живичной канифоли чаще используется карбонат натрия (кальцинированная сода Na_2CO_3). При этом необходимо строго соблюдать температурный режим. Для снижения пенообразования рекомендуется добавлять парафин (в количестве 5...10 % от массы канифоли). Во всех случаях варку клея следует проводить при определенном температурном режиме и интенсивном перемешивании. Время варки 1,5...3,0 ч в зависимости от типа применяемого оборудования. Из недоваренного клея-пасты при разбавлении получается грубодисперсная эмульсия кремового или желтого цвета.

При варке канифоли с использованием плавильников не рекомендуется растягивать процесс плавления канифоли на длительное время. В противном случае происходят необратимые физико-химические изменения смоляных кислот канифоли и качество конечного продукта снижается (особенно это относится к живичной канифоли). Канифоль следует плавить в аппаратах с большой греющей поверхностью при сильном нагревании и за возможно короткое время.

После омыления канифоли клей-пасту надо перевести в форму, удобную для подачи непосредственно в бумажную массу или нанесения на поверхность бумаги. Это достигается путем растворения или диспергирования в воде сваренной клей-пасты. Используют для этой цели специальные аппараты — инжекторы, а процесс диспергирования клея в инжекторе называется инжектированием. Процесс инжектирования значительно влияет на качество готового клея.

Инжектирование клея следует вести при правильном соотношении между клеем, водой и паром; давление пара не должно быть ниже 250 кПа. При перегреве смеси в инжекторе из-за недостатка воды или, наоборот, при охлаждении смеси из-за недостаточного давления пара или избытка воды, а также из-за низкой температуры самой клей-пасты получается грубая эмульсия. Качество эмульсии определяют по ее цвету и температуре, замеряемой в трубопроводе, ведущем в сборник готового клея. Температура должна быть не выше 70 и не ниже 50 °С. На инжектор должна подаваться вода, нагретая до 60...70 °С.

Полученная дисперсия клея после инжектирования должна иметь концентрацию около 100...200 г/л. Ее сразу разбавляют холодной водой в емкостях готового рабочего раствора клея до концентрации 25...30 г/л, температура раствора после разбавления должна быть не выше 20...25 °С [42].

Целый ряд предприятий получают 70...80%-ную клей-пасту, изготавливаемую непосредственно на лесохимических заводах и поставляемую на предприятия в бочках или цистернах. Хотя технология получения рабочего раствора клея в этом случае существенно не отличается от разведения клей-пасты, полученной в клееварочном котле непосредственно на предприятии, но все же имеет некоторые особенности. Важным фактором в этом случае является соблюдение температурного режима разведения, которое проводится в две ступени. Если на 1-й ступени разведения температура воды будет ниже 40 °С, то это приведет к коагуляции и выпадению осадков смолы.

Следует обращать внимание и на возможно быстрое разведение клей-пасты на 1-й ступени разведения. Без использования специального оборудования это сделать трудно, особенно если требуется получать композиционные клеи. Широко используемые схемы разведения с применением инжекторов имеют ряд недостатков. Для этого требуется избыточное (до 600 кПа) давление пара и соответствующее обо-

рудование. Острый пар непосредственно воздействует на клеевую дисперсию, кроме того, качество дисперсии оценивается визуально и во многом зависит от оператора.

В настоящее время применяются современные технологии проклейки, которые предусматривают использование таких готовых форм клеев, как высокосмоляные дисперсионные канифольные клеи и дисперсии синтетических проклеивающих материалов.

Влияние pH массы. Важным фактором, серьезно влияющим на проклейку бумаги и картона, является значение pH массы на различных стадиях процесса проклейки, вплоть до формования листа бумаги. Значение pH массы влияет на химический состав клеевого осадка, степень его гидрофобности и удержания. Как было установлено, эффективность проклейки значительно падает при pH более 5,5, так как в этом случае формируется осадок со слабым положительным зарядом. При pH 4,2...4,7 клеевой осадок имеет наилучшие для проведения процесса проклейки свойства, так как в этом случае он имеет максимальный положительный заряд. Эффективность проклейки быстро падает при pH ниже 4. Осадок, образующийся при этом, представляет главным образом свободные смоляные кислоты [40, 42].

На практике судить о значении pH массы и эффективности проведения процесса проклейки можно в известной степени по интенсивности пенообразования на бумагоделательной машине. Известно, что тенденция к пенообразованию максимальна при $4 \leq \text{pH} \leq 6$. Осадки, образующиеся при этих значениях pH, содержат большое количество свободных смо-

ляных кислот, которые являются эффективным стабилизатором пены. При pH 4,0...4,5 имеет место минимальный уровень пенообразования. Образующийся при этом осадок содержит в основном различные формы резинатов алюминия, которые в меньшей степени стабилизируют пены, чем свободные смоляные кислоты. Это тем более важно учитывать, потому что в настоящее время предприятия переходят на использование нейтральных или полностью омыленных видов клея.

Как известно, сульфат алюминия является одним из основных химикатов, используемых для регулирования значения pH массы. При этом он вступает в различные реакции с целлюлозой, клеем и солями жесткости воды. Поэтому правильно выбранный порядок дозировки клея и сульфата алюминия играет большую роль при проклейке.

Результаты, полученные в ходе исследований, и практический опыт позволили предложить схему добавления клея и сульфата алюминия в бумажную массу (рис. 1.21).

Стандартный процесс проклейки заключается в дозировке раствора клея в нейтральную (или близкую к нейтральной) массу. При необходимости можно проводить нейтрализацию массы щелочью (что и делается на некоторых предприятиях, например на Камском ЦБК).

Обратный процесс предусматривает частичную или полную дозировку сульфата алюминия до ввода раствора клея. Такая схема рекомендуется при использовании воды с высокой жесткостью или щелочной массы.

Неправильный процесс проклейки заключается в добавлении клея к бумажной массе

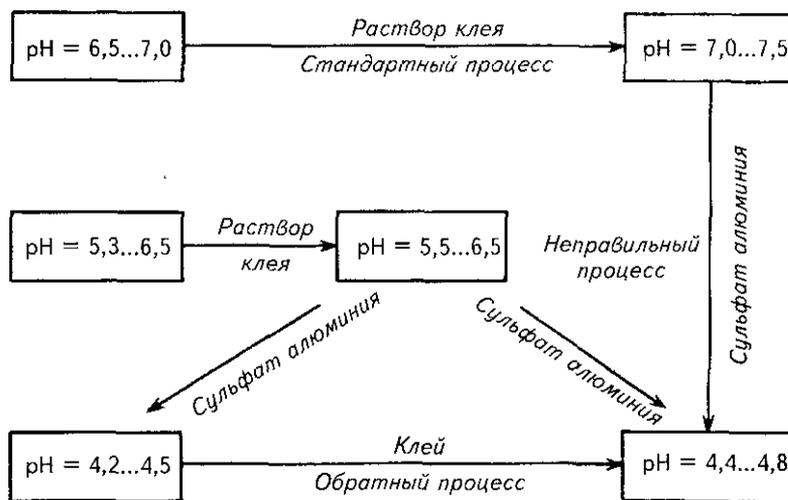


Рис. 1.21. Схема добавления клея и сульфата алюминия в бумажную массу (□ — бумажная масса)

при рН 5,3...6,5 с последующей дозировкой сульфата алюминия. Добавление раствора клея при этих значениях рН приводит к образованию значительных количеств свободных кислот, которые коагулируют, вызывая смоляные затруднения и пенообразование. На это надо обращать особое внимание при использовании талловой канифоли, экстракционной модифицированной осветленной канифоли и пека [38].

Соотношение расходов канифоли и сульфата алюминия. При правильно выбранном расходе сульфата алюминия в бумажной массе создается значение рН, необходимое для качественной канифольной проклейки. Сульфат алюминия расходуется на нейтрализацию щелочи, используемой в основных видах клеев, и фиксацию двухвалентных ионов магния и кальция, присутствующих в жесткой воде. Некоторый избыток сульфата алюминия дается для создания кислой среды в бумажной массе, чтобы улучшить удержание наполнителей и предотвратить прилипание бумажного полотна к прессовым валам бумажной машины. На практике необходимое количество сульфата алюминия рассчитывается в зависимости от условий производства.

На производстве обычным является соотношение между клеем и сульфатом алюминия в пределах 1:2 или 1:1,5 при любых расходах клея. Это неправильно. Расход коагулянта зависит не только от расхода клея. И если требуется снизить расход клея, то количество сульфата алюминия не должно резко уменьшаться. Его концентрация в массе должна быть более или менее постоянной (для создания оптимального значения рН среды). Можно снизить количество сульфата алюминия до соотношения 1:1, когда расходуется большое количество клея (более 20 кг/т).

Для оперативного определения количества сульфата алюминия в системе используют показатель общей кислотности. При использовании смоляных клеев оптимальные показатели общей кислотности находятся в пределах 50...150 мг СаСО₃/л.

1.5.3. УКРЕПЛЕННЫЕ КЛЕИ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ МОДИФИКАЦИИ КАНИФОЛИ

Модификация канифоли позволяет повысить качество клеев и снизить расход канифоли на проклейку бумаги. Используют два

способа приготовления проклеивающих составов: 1) централизованное приготовление проклеивающих составов в виде клея-пасты на лесохимических заводах, 2) непосредственное приготовление клея на целлюлозно-бумажных предприятиях.

Укрепленные клеи на основе модифицированной канифоли производятся централизованно на лесохимических заводах в виде клея-пасты. Широкому распространению готового клея-пасты способствуют следующие факторы: более стабильное качество клея, снижение расходов проклеивающих материалов, а также снижение колебаний степени проклейки готовой продукции и резкое уменьшение отбраковки по этой причине [43].

Клей укрепленный получается путем обработки терпентина (очищенной живицы, разбавленной до 40 % скипидаром) малеиновым ангидридом при температуре 80...95 °С, омыления полученного продукта щелочью и последующей отгонки скипидара острым паром. Клей имеет следующую характеристику:

Внешний вид	Пастообразная масса от белого до серого цвета
Содержание основного вещества, %	68...72
Содержание свободных смоляных кислот, %	5...12
Содержание малеопимаровой кислоты, %, не менее	10
Содержание летучих веществ, %, не более	2,0
Растворимость укрепленного клея в воде	Полная, без осадка

Данный способ получения клея впервые освоен на Борисовском ЛХЗ (Республика Беларусь), а впоследствии и на Тихвинском ЛХЗ (Ленинградская обл.). Ряд предприятий целлюлозно-бумажной промышленности в настоящее время работает на этом клее.

1.5.4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для коагулирования и закрепления клеевых частиц на волокнах применяются сульфат алюминия, алюмоаммиачные или алюмокалиевые квасцы и алюминат натрия.

Сульфат алюминия (Al₂(SO₄)₃ · 18H₂O) в настоящее время наиболее широко применяется для коагулирования смоляных частиц клея и закрепления их на волокне. Сульфат алюминия часто ошибочно называют «квасцами», поэтому следует подчеркнуть разницу между ними. Квасцы представляют собой

двойные сернокислые соли одновалентного и трехвалентного металлов, например алюмокалиевые квасцы $KAl(SO_4)_2$, алюмонатриевые квасцы $NaAl(SO_4)_2$, а сернокислый алюминий — сернокислая соль трехвалентного алюминия. Как коагулирующее средство квасцы применяются мало из-за высокой стоимости по сравнению с сульфатом алюминия [40].

Сульфат алюминия получают обработкой каолина или бокситов серной кислотой. В готовом продукте соотношение Al_2O_3 и SO_3 должно быть равным 1:2,35. Теоретическое содержание Al_2O_3 в сернокислом алюминии составляет 15,33 %. Наиболее нежелательной примесью является железо, которое способствует пожелтению бумаги. Его содержание не должно превышать 0,01 %.

В зависимости от технологии получения сульфата алюминия содержание Al_2O_3 в технических продуктах колеблется от 14 до 18 %. Преимущество следует отдавать продуктам с более высоким содержанием Al_2O_3 и белым или голубовато-белым цветом.

На предприятия сульфат алюминия может поступать в виде кусков, гранул или порошка. Растворимость сульфата алюминия в воде хорошая. Вследствие гидролиза водные растворы сульфата алюминия имеют кислую реакцию. Это оказывает существенное влияние на расход сульфата алюминия и качество проклейки.

Полиоксиалюминий хлорид представляет собой алигомерные и полимерные оксиалюминий хлорида. Для технологии проклейки представляет интерес как высокоэффективный химический функциональный компонент бумажной массы.

Алюминат натрия $NaAlO_2$ позволяет проводить процесс проклейки в нейтральной среде. Как следствие, при этом повышается сопротивление бумаги старению, улучшается удержание наполнителя и мелкого волокна, а также уменьшается коррозия оборудования [44].

Алюминат натрия получают обработкой бокситов едким натром. Выпускают алюминат натрия в виде гранул, порошка или высококонцентрированного раствора. Твердый алюминат натрия хорошо растворим в воде и образует коллоидные растворы со щелочной реакцией. Содержание Al_2O_3 в нем (17...18 %) выше, чем в сульфате алюминия. Большим недостатком растворов алюмината натрия является их нестойкость. Для повышения стабильности растворов алюмината натрия необходимо вводить избыток щелочи (около 5 %).

Растворение и разбавление его необходимо проводить в мягкой и теплой воде в две стадии: вначале приготовить раствор 30%-ной концентрации, а затем из него приготовить раствор 2,5%-ной концентрации, причем 2,5%-ный раствор необходимо готовить ежедневно. Алюминат натрия и сульфат алюминия применять одновременно не рекомендуется.

Для варки канифольного клея применяют технический гидроксид натрия ($NaOH$) или технический карбонат натрия (Na_2CO_3).

Гидроксид натрия (технический) поступает на предприятие в твердом виде (твердая каустическая сода) или в виде концентрированного раствора (жидкая каустическая сода). В твердом гидроксиде натрия содержание $NaOH$ должно быть в пределах 92...95 %, карбоната натрия 3...4 % и хлорида натрия не более 2 %. В жидкой каустической соде содержание $NaOH$ должно быть 60 %, Na_2CO_3 — 2...4 %, $NaCl$ — не более 3 %.

Карбонат натрия (сода кальцинированная) поступает на предприятия в твердом порошкообразном виде. Содержание Na_2CO_3 должно быть не менее 98 %, $NaCl$ — не более 1 % и Na_2SO_4 — не более 0,1 %. При растворении соды в воде допускается легкая муть.

Производственная вода непосредственно участвует во всех технологических процессах и оказывает существенное влияние на их протекание. Целлюлозно-бумажное производство является потребителем большого количества воды. Основными источниками водоснабжения целлюлозно-бумажных предприятий являются реки, озера, каналы, артезианские и обычные колодцы. О качестве воды судят по содержанию в ней растворенных и взвешенных минеральных и органических веществ, которые обуславливают ее pH, окисляемость, цвет и другие свойства.

Одним из главных показателей воды является жесткость, характеризующая содержание в воде минеральных солей, преимущественно двухвалентных металлов кальция и магния. Различают временную жесткость, обусловленную содержанием бикарбонатов кальция $Ca(HCO_3)_2$ и магния $Mg(HCO_3)_2$, и постоянную, обусловленную присутствием в воде других солей кальция и магния. Обычно это сульфаты, хлориды и силикаты. Сумма временной и постоянной жесткости составляет общую жесткость. Количественно жесткость воды (общую жесткость) выражают содержанием миллиграмм-эквивалентов двухвалентных металлов, в пересчете на CaO , в 1 л воды (мг-экв/л). Часто жесткость воды выражают в немецких

градусах (Н°): 1 мг-экв/л соответствует 2,8 немецкого градуса. Немецкий градус (Н°) = = 1 части СаО/100 000 частей воды, или 10 мг СаО/1 л воды.

Присутствие в воде солей железа, марганца и кремния снижает качество воды, так как окрашивает ее или делает мутной. Жесткость природной воды колеблется в широких пределах в зависимости от вида источника, его месторасположения и времени года.

Ниже приводятся группы воды по степени жесткости, мг-экв/л СаО:

Очень мягкая	До 1,5
Мягкая	1,5...3,0
Среднежесткая	3,0...6,0
Жесткая	6,0...9,0
Очень жесткая	Св. 9,0

Следует отметить, что содержание солей, относящее воду к группам «жесткая» и «очень жесткая», соответствует морской воде.

Известны аномальные свойства воды, благодаря которым она играет определяющую роль в очень многих природных и технологических процессах. Например, замораживание воды сопровождается не сжатием, а расширением. Затвердевая, вода становится менее плотной (лед плавает), у нее высокая теплоемкость и растворяющая способность. В последние годы была обнаружена еще одна аномалия воды, связанная с временным изменением ее свойств после воздействия на воду в определенных условиях магнитных и электромагнитных полей.

Аномальные свойства воды необходимо учитывать при проведении технологических процессов. Так, затруднения с проклейкой учащаются с наступлением весенних паводков — появлением талой воды и снижением ее температуры. При этом вязкость воды повышается за счет образования агломератов ее молекул. Минимальная теплоемкость воды наблюдается в интервале температур 30...35 °С, что проявляется в более сильном оводнении целлюлозы, чем при обычной температуре 20 °С. Эта аномалия воды проявляется в том, что при повышении температуры бумажной массы до 30...33 °С возникают затруднения с проклейкой.

Целлюлозно-бумажные предприятия используют преимущественно речную и озерную воду, свойства которой подвержены значительным изменениям в зависимости от времени года. Производственную воду по степени жесткости делят на три группы: мягкая — 0,7...1,2 мг-экв/л СаО (до 5 °Н); средняя — 1,2...2,4 мг-экв/л СаО (до 10 °Н); жесткая — свыше 2,4 мг-экв/л (свыше 10 °Н).

Содержащиеся в воде растворенные вещества всегда придают ей кислую или щелочную реакцию. В природной воде значение рН обычно колеблется от 4,5 до 7,5. Речная и озерная вода, применяемая в производстве, в большинстве случаев имеет кислую реакцию.

Для характеристики воды наряду с рН все чаще применяют показатель *общей кислотности* [45], которым определяют всю сумму содержащихся в воде кислых компонентов, как свободных, создающих активную кислотность, так и связанных в различные соединения. Различают общую и активную кислотность, определяемую водородным показателем (рН). Показатель общей кислотности, условно обозначаемый буквой *P*, определяется расчетным путем, по данным метода кислотно-основного титрования, и выражается в мг-экв/л. Метод заключается в следующем: 100 мл отфильтрованной воды титруют 0,1 н раствором едкого натра. Точку эквивалентности фиксируют по фенолфталеину или титруют потенциометрически с помощью рН-метра до рН 8,3 (что соответствует началу интервала перехода окраски индикатора фенолфталеина). Общую кислотность рассчитывают по уравнению

$$P100 = V0,1, \quad (1.24)$$

где *V* — объем раствора едкого натра, израсходованный на титрование, мл 0,1 н.

Решая уравнение относительно *P*, получим:

$$P = \frac{V0,1}{100}, \text{ или } P = V \cdot 10^{-3}. \quad (1.25)$$

Обычно общую кислотность выражают в единицах СаСО₃ и относят к 1 л воды. Поскольку 1 мг-экв/СаСО₃ равен 50 мг, то окончательно формула (1.25) принимает следующий вид:

$$P = 50 V, \text{ мг СаСО}_3/\text{л}. \quad (1.26)$$

1 5 5. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ КОАГУЛЯНТОВ И КАЧЕСТВА ПРОКЛЕЙКИ БУМАГИ

На качество проклейки бумаги оказывают влияние многочисленные факторы, среди которых особое место принадлежит кислотности бумажной массы. Стабилизация кислотности бумажной массы на необходимом уровне

не обеспечивает устойчивое качество проклейки при минимальном расходе проклеивающих материалов и коагулянтов [42].

Заклеенная бумажная масса представляет собой очень сложную композицию волокнистых, наполняющих, проклеивающих веществ и коагулянтов и обладает сильно выраженными буферными свойствами, затрудняющими ведение контроля проклейки бумаги с помощью показателя рН. Для обеспечения хорошего качества проклейки бумаги значение рН должно поддерживаться стабильно на уровне 4,5.

Практика показывает, что из-за эффекта забуферивания массы при $\text{pH} \leq 4,8$ показатель активной кислотности, т. е. рН, плохо коррелирует с концентрацией сульфата алюминия в массе. Это делает контроль расхода коагулянта по величине рН малоэффективным. Гораздо эффективнее в этом отношении является показатель общей кислотности. Используя для контроля этот показатель, можно более точно контролировать расход коагулянта в процессе производства бумаги [45, 46].

На рис. 1.22 показана зависимость степени проклейки бумаги и значения рН регистровой воды от ее общей кислотности. Характер изменения рН и степени проклейки по мере повышения общей кислотности P показывает, что интервал P от 100 до 125 мг $\text{CaCO}_3/\text{л}$ является оптимальным для получения хорошей проклейки.

Расход сульфата алюминия выше концентрации, обеспечивающей поддержание показателя P в указанном пределе, представляется нецелесообразным. При обследовании бумажных фабрик были обнаружены значительные колебания значений P в процессе производства бумаги — от 50 до 400 мг $\text{CaCO}_3/\text{л}$, что является результатом низкой чувствительности применяемого метода рН-метрии к изменению расхода сульфата алюминия. Это, в свою очередь, приводит к значительному перерасходу коагулянтов и проклеивающих материалов, а следовательно, к снижению срока службы одежды машин и оборудования. Предложенный показатель P , более точный и надежный, позволяет осуществить непрерывный контроль концентрации коагулянта и автоматически поддерживать его расход на заданном уровне.

Контроль уровня общей кислотности бумажной массы способствует повышению эффективности и качества работы, повышает культуру обслуживания бумагоделательных машин.

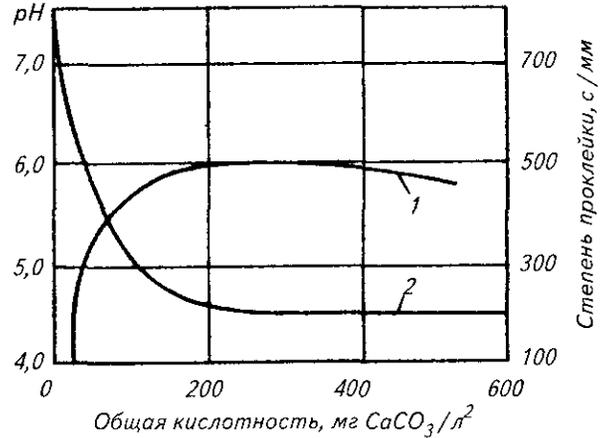


Рис. 1.22. Зависимость степени проклейки бумаги и рН регистровой воды от ее общей кислотности:

1 — степень проклейки; 2 — значение рН

Современная технология проклейки не может рассматриваться вне комплекса химических, физико-химических и гидродинамических процессов, суммарно определяющих результаты производства бумаги и картона. Поэтому более надежным параметром управления качеством продукции является катионно-анионный баланс системы «вода—волоконно-химические средства». Ряд зарубежных фирм предлагают услуги по определению так называемой «катионной потребности» технологического потока, на основе которой базируется подбор комплекса функциональных химических средств для каждого вида производимой продукции [38].

В современном бумажно-картонном производстве указанный подход является наиболее приемлемым. Однако он имеет один существенный недостаток — отсутствие у отечественных предприятий, равно как и в научных учреждениях, необходимой приборной базы.

1.5.6. МЕТОДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КЛЕЕВ

Канифольный клей получают в результате нейтрализации смоляных кислот щелочью при повышенной температуре и атмосферном давлении (варка клея). В результате такой обработки нерастворимые в воде смоляные кислоты превращаются в хорошо растворимые в воде натриевые соли (смолянокислый натрий) [47].

Известно, что для полной нейтрализации канифоли, считая на абиеиновую кислоту,

теоретически необходимо 13,3 % гидроксида натрия или 17,5 % карбоната натрия от массы канифоли. При этом получается полностью омыленный, или нейтральный, канифольный клей. При неполной нейтрализации смоляных кислот канифоли получают или белый (с содержанием свободной смолы до 35 %), или высокосмоляной клей (с содержанием свободной смолы 70...90 %). Очевидно, что расход щелочи на варку как для получения различных видов канифольного клея из одного вида канифоли, так и для получения клея одного вида из разных канифолей, будет отличаться.

Расход щелочи на варку клея, в процентах от массы канифоли, определяют по следующей формуле:

$$A = \frac{0,1K_{\text{ч}}M_2}{M_1P} (100 - C), \% \quad (1.27)$$

где $K_{\text{ч}}$ — кислотное число канифоли, мг КОН/г; M_1 — эквивалентная молекулярная масса КОН, $M_1 = 56,1$; M_2 — эквивалентная молекулярная масса щелочи, применяемой для варки; P — процентное содержание чистой щелочи в техническом продукте, применяемом для варки; C — количество свободной смолы, которое должен содержать клей, %.

Пример. Определить расход гидроксида натрия на варку канифольного клея с содержанием 25 % свободной смолы. Кислотное число канифоли равно 170, содержание чистой щелочи в технической щелочи 98 %.

$$A = \frac{0,1 \cdot 170 \cdot 40}{56,1 \cdot 98} (100 - 25) = 9,30 \%$$

Как видно из формулы, при расчете расхода щелочи исходят из кислотного числа канифоли. Практика применения такого расчета показала некоторое несоответствие между расходом щелочи и содержанием свободной смолы в клее. Так, используя расход щелочи, определенный по вышеприведенной формуле, для варки полностью омыленного клея не удастся получить желаемый результат. Часть канифоли оказывается неомыленной, т. е. получается белый клей с небольшим содержанием свободной смолы. Причина такого несоответствия кроется в использовании в формуле *кислотного числа*.

По определению кислотное число есть количество миллиграммов КОН, пошедшее на титрование спиртового раствора 1 г канифоли при комнатной температуре. Но варка канифольного клея производится при температуре, близкой к температуре кипения воды. В этих условиях в реакцию со щелочью будут

вступать не только смоляные кислоты канифоли, но и другие вещества, всегда в небольшом количестве присутствующие в канифоли любого вида и качества: спирты, смоляные эфиры и т. д. Поэтому более правильно применять для расчета расхода щелочи не кислотное число, а *число омыления*, показывающее, какое количество щелочи расходуется на нейтрализацию канифоли при нагреве, т. е. в условиях проведения процесса варки клея.

Значение кислотного числа и значения числа омыления, наиболее употребительных видов канифоли находятся в пределах 146...179 и 166...196 (в мг КОН) соответственно. Используя эти данные, можно уточнить формулу для расчета расхода щелочи. Если построить график зависимости числа омыления (\mathcal{C}_0) от кислотного числа ($K_{\text{ч}}$) (рис. 1.23), то по известному кислотному числу легко определить число омыления. Подставляя значение \mathcal{C}_0 вместо $K_{\text{ч}}$ в формулу (1.27), получим уточненный расход щелочи на варку клея. Для приведенного примера $K_{\text{ч}} = 170$ соответствует $\mathcal{C}_0 = 187$. Подставляя в формулу значение \mathcal{C}_0 , получим расход щелочи, равный 10,35 %, что примерно на 1 % выше рассчитанного по формуле (1.27).

Если, используя значение \mathcal{C}_0 , рассчитывать расход щелочи на полностью омыленный клей, то получится значение, близкое к теоретическому расходу, — 13,8 %. Приведенные примеры и зависимости хорошо согласуются с результатами практических наблюдений.

Контроль качества канифольного клея проводят по следующим показателям: концентрации клея, содержанию свободной смолы, степени дисперсности клея и содержанию щелочи в клее.

Определение концентрации клея. Проклеивающие материалы являются дорогостоящими компонентами волокнистой суспензии бумажной массы и требуют бережного расхода и строго учета. Оперативный учет количества проклеивающего материала, вводимого в бумажную массу, осуществляется показателем, называемым концентрацией клея. Единого универсального метода, позволяющего точно

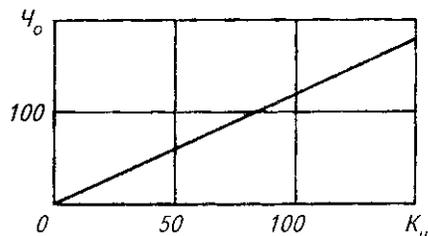


Рис. 1.23. Зависимость числа омыления \mathcal{C}_0 от кислотного числа $K_{\text{ч}}$

Таблица 1.53
Сравнительные данные по определению концентрации клея двумя методами

Вид клея	Концентрация клея, г/л		Разность значений, г/л
	по сухому остатку	методом высаживания	
Нейтральный на основе:			
живичной канифоли	25,0	28,4	3,5
талловой канифоли	19,7	24,4	4,7
талловой модифицированной канифоли	26,1	32,0	5,9
Белый на основе:			
живичной канифоли	22,4	24,0	1,6
талловой модифицированной канифоли	33,4	37,8	4,4

определить концентрацию клея в клеевых канифольных дисперсиях различного вида, пока нет. Концентрацию клея можно определить следующими методами: по сухому остатку, высаживанием смолы серной кислотой, титрованием смоляных кислот в неводной среде и фотометрическим методом [48]. При определении концентрации клея различными методами была выявлена зависимость результатов от метода анализа. В табл. 1.53 приведено сравнение двух наиболее простых и доступных в условиях цеховых лабораторий методов — по сухому остатку и высаживанием смолы.

При проведении анализа *методом сухого остатка* пипеткой отбирают 20 мл канифольного клея, переносят их в предварительно высушенный и взвешенный фарфоровый тигль и, осторожно выпарив воду на водяной бане, высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы. Концентрацию клея C_k рассчитывают по формуле

$$C_k = \frac{a1000}{20} = 50a, \text{ г/л}, \quad (1.28)$$

где a — масса а. с. остатка, г.

При определении концентрации высокосмоляного клея в предварительно высушенную и взвешенную фарфоровую чашку вместимостью 50 мл помещают навеску клея около 5 г. Чашку с клеем высушивают в термостате до постоянной массы при температуре 120 °С. Концентрацию клея рассчитывают по формуле

$$C_k = \frac{a100}{g}, \text{ \%}, \quad (1.29)$$

где a — масса абсолютно сухого остатка, г;
 g — навеска пробы клея, г.

При проведении анализа *методом высаживания смолы* пипеткой в коническую колбу

переносят 29 мл канифольного клея и приливают туда 30 мл 0,1 н раствора серной кислоты. Содержимое колбы подогревают над электроплиткой и, вращая жидкость круговыми движениями, собирают выпавшую хлопьями свободную смолу в один комочек. После того как колба немного остынет, препаративной иглой вынимают находящийся еще в пластическом состоянии смоляной комочек, промывают его дистиллированной водой, высушивают между листками фильтровальной бумаги и взвешивают. Концентрацию клея определяют по формуле (1.28). Оставшуюся в колбе жидкость сохраняют для определения содержания щелочи в клее. При определении методом высаживания смолы серной кислотой получаются завышенные результаты по сравнению с методом сухого остатка. Это, очевидно, объясняется наличием связанной с клеевым осадком воды. Она не удаляется при высушивании комочка смолы фильтровальной бумагой. Процент воды, находящейся в структуре осадка, изменяется в зависимости от вида канифоли и содержания свободной смолы (табл. 1.54).

Из табл. 1.54 следует, что чем выше процент свободной смолы в клее, тем меньше воды он связывает в процессе коагуляции. Свойства поверхности свободной смолы, остающейся при варке клея с недостатком омыляющего агента, отличаются от свойств поверхности смолы, образующейся при кислотном гидролизе резината натрия. Свободная смоляная кислота из резината натрия образует более гидратированный осадок. По этой причине погрешность определения концентрации при анализе полностью омыленного клея выше, чем клея со свободной смолой.

Следует иметь в виду, что наличие связанной с осадком воды при использовании метода высаживания обуславливает погрешность в определении концентрации клея в пределах 10...20 %. Такая погрешность приводит к завышению расхода канифоли при проклейке на 2...5 кг/т бумаги.

Результаты сравнения двух приведенных методов показывают, что более точные результаты при определении концентраций получают методом сухого остатка. Однако этот метод занимает много времени и малопригоден для оперативного контроля. Используя инфракрасную сушилку, можно сократить продолжительность метода до 30...40 мин. Интенсификация сушилки путем повышения температуры в сушильном шкафу сверх 105 °С не рекомендуется из-за увеличения погрешности. Для повышения точности этого метода необ-

Таблица 1.54

Сравнительные данные по определению концентрации клея двумя методами и по содержанию связанной с осадком воды

Вид клея	Процент свободной смолы в клее	Концентрация клея, г/л		Процент воды, связанной с осадком
		по сухому остатку	методом высаживания	
Нейтральный на основе: живичной канифоли	5...10	25,0...48,8	28,4...54,9	9,8...13,6 (среднее 12,0)
талловой канифоли	7...12	19,7...35,8	24,4...40,9	22,3...26,5 (среднее 24,0)
талловой модифицированной канифоли	7...11	20,0...33,4	23,6...37,8	18,5...21,7 (среднее 20,0)
Белый на основе: живичной канифоли	15...40	16,7...36,1	18,8...32,5	9,3...12,5 (среднее 11,0)
талловой модифицированной канифоли	15...30	19,5...33,4	22,8...37,8	12,7...14,1 (среднее 13,2)

ходимо делать поправку на содержание щелочи в сухом остатке. Если в условиях предприятия систематическое определение концентрации клея методом сухого остатка затруднено, то рекомендуется использовать метод высаживания, который является достаточно быстрым. Но в этом случае необходимо опытным путем для данного типа канифоли и вида приготавливаемого клея установить поправку на связанную воду и принимать ее во внимание при расчетах концентраций.

Для ориентировочных определений концентраций можно использовать процент связанной с осадком воды, определенный для нейтрального и белого клея из различных видов канифоли (см. табл. 1.54).

Определение содержания свободной смолы в клее. Содержание свободной смолы является важнейшей характеристикой канифоляного клея, влияющей на качество клеевой эмульсии и ее проклеивающую способность. Для определения содержания свободной смолы в клее наиболее приемлемы методы титрования и эфирной экстракции [49].

При использовании *метода титрования* отвешивают около 1 г канифоляного клея в предварительно взвешенной фарфоровой чашке объемом 100 мл. При слабом подогреве на водяной бане (температура 60...70 °С) растворяют клей в 50 мл нейтрального 96%-ного этилового спирта. К теплomu раствору прибавляют две-три капли фенолфталеина и титруют 1 н раствором гидроксида натрия до слабого покраснения.

Содержание свободной смолы определяют по формуле

$$m_c = \frac{mV100}{g}, \quad (1.30)$$

где m_c — массовая доля свободной смолы, %; m — масса канифоли, нейтрализованной 1 мл 1 н раствора гидроксида натрия, г; V — объем 1 н раствора гидроксида натрия, израсходованного на титрование, мл; g — масса клея, взятого для анализа, г.

Значения m рассчитывают по формуле

$$m = \frac{100 \cdot 0,04 \cdot 56}{K_{\text{ч}} \cdot 40} = \frac{56}{10K_{\text{ч}}}. \quad (1.31)$$

Подставляя m в формулу (1.30), окончательно получим формулу для расчета m_c :

$$m_c = \frac{560V}{gK_{\text{ч}}}. \quad (1.32)$$

Метод эфирной экстракции дает возможность определить отдельно содержание в клее как свободной, так и связанной смолы.

Навеску 3 г канифоляного клея (клей-пасты) разводят в 50 мл теплой воды и количественно переносят в делительную воронку, куда добавляют 35 мл эфира (петролейного, серного) и хорошо встряхивают. При этом большая часть свободной смолы растворяется эфиром. Из делительной воронки нижний водный раствор спускают во вторую делительную воронку, а эфирный верхний слой переливают во взвешенную стеклянную колбочку. Водный раствор во второй делительной воронке, содержащий в основном нерастворимый в эфире смолянокислый натрий, полностью освобождают от свободной смолы, пятикратно повторяя эфирную вытяжку. Эфирные слои объединяют, эфир отгоняют, а смолу высушивают до постоянной массы и взвешивают. К водному слою в делительной воронке приливают разбавленную серную кислоту до проявления кислой реакции. Такой обработкой смолянокислый натрий переводят в свободную смолу,

которую затем извлекают эфиром и определяют аналогично определению в первой части описываемого метода.

Содержание свободной смолы определяют по формуле

$$m_c = (m_1 / g) 100, \% \quad (1.33)$$

где m_1 — масса высушенной свободной смолы, г; g — навеска клея, г.

Для определения суммарного содержания смолы в клее в формулу вместо массы свободной смолы подставляют суммарную массу свободной и связанной смолы. В табл. 1.55 приведены результаты определения содержания свободной смолы в различных видах канифольных клеев двумя методами.

Из приведенных в табл. 1.55 данных видно, что при полном омылении канифоли избытком щелочи во всех клеях, кроме талловой канифоли, содержится от 1 до 13 % свободной смолы. Особенно большой ее процент содержится в клее из талловой модифицированной канифоли. Для живичной и талловой канифоли методом прямого титрования получают результаты на 2,5...4,0 % выше, чем методом эфирной экстракции. Для модифицированных видов канифоли наблюдается обратная закономерность. Это объясняется различием в строении и составе канифольных продуктов, подвергаемых анализу. Исходя из этого, при определении содержания свободной смолы рекомендуется метод титрования применять для анализа клеев из немодифицированных видов канифоли, а метод эфирной экстракции — для анализа клеев из модифицированных видов. Это обеспечивает лучшую воспроизводимость результатов.

Определение степени дисперсности канифольного клея. Степень дисперсности клея определяют под микроскопом или на ланаметре

Таблица 1.55
Содержание свободной смолы в различных видах канифольных клеев, определенное разными методами

Вид клея	Содержание свободной смолы, %	
	метод титрования	метод эфирной экстракции
Нейтральный на основе: живичной канифоли талловой канифоли	2,5...10,0	1,0...4,1
	Не обнаруживается	4,04
талловой модифицированной канифоли	7,2...8,1	12,9...13,4
Белый на основе: живичной канифоли талловой модифицированной канифоли	19,5...42,5	14,5...37,5
	34,8	39,1

при увеличении в 600...800 раз. Препарат клея готовят нанесением капли сильно разбавленного клея на предметное стекло. Сверху кладут покровное стекло. Для проведения анализа пригоден любой микроскоп марки МБР, имеющий объективную и окулярную микролинейки. Окулярную микролинейку помещают в окуляр микроскопа, а объективную — на предметный столик. Наблюдая в микроскоп обе шкалы, перемещением объективной микролинейки добиваются совмещения делений обеих микрометрических шкал. После этого подсчитывают число делений окуляр-микрометра, соответствующее числу делений объект-микрометра.

Пример. Одно деление объективной микролинейки равно 0,01 мм, или 10 мкм, при этом 75 делений окуляр-микрометра равны 15 делений объект-микрометра. Цена деления окуляр-микрометра равна $(15 \cdot 0,01) / 75 = 0,002$ мм = 2 мкм.

Далее объективную микролинейку убирают и на предметный столик устанавливают препаратное стекло с клеем. Определяют содержание частичек клея разного диаметра, например до 1 мкм, от 1 до 2 мкм и более 2 мкм. Измерения проводят в трех полях зрения препарата, содержание отдельных фракций выражают в процентах. Следует иметь в виду, что дисперсный состав как различных видов клея из одного вида канифоли, так и одного клея из различных видов канифоли значительно колеблется — все клеи полидисперсны.

Определение содержания щелочи в клее. Оставшуюся после изъятия смоляного комочка жидкость (при определении концентрации клея высаживанием смолы) титруют 0,1 н раствором едкого натра в присутствии фенолфталеина до слабого покраснения.

Содержание щелочи в клее $C_{щ}$ определяют по формуле

$$C_{щ} = \frac{(30 - V) 1000 \cdot 0,004}{20} = 0,2(30 - V), \text{ г/л} \quad (1.34)$$

где V — объем 0,1 н раствора едкого натра, израсходованного на титрование, мл.

Определение концентрации сульфата алюминия методом титрования. Сульфат алюминия добавляют в бумажную массу в процессе проклейки для коагуляции канифольного клея и закрепления его на волокне. Для приготовления раствора сульфата алюминия берут навеску около 10 г и растворяют ее в 90...100 мл теплой дистиллированной воды. Затем определяют концентрацию полученного

раствора (объемным методом или по плотности) и содержание нерастворимого остатка (в неочищенном сульфате алюминия марки БМ). К 2 мл приготовленного раствора сульфата алюминия прибавляют 25 мл 0,05 М-раствора трилона Б и 10 мл ацетатного буферного раствора (рН 5,7...5,8). Содержимое колбы нагревают на электроплитке, доводя в течение 2...3 мин до слабого кипения, затем медленно (на воздухе) охлаждают, прибавляют 30 мл ацетона, 1 мл индикатора дитизона и титруют 0,05 М-раствором $ZnSO_4$ до изменения окраски испытуемого раствора в розово-фиолетовую; 1 мл 0,05 М-раствора трилона соответствует 1,349 мг/мл Al^{3+} . Содержание ионов алюминия x определяют по формуле

$$x = \frac{(25K_1 - aK_2)1,349}{2}, \text{ г/л, (1.35)}$$

где K_1 , K_2 — поправки к 0,05 М-растворам трилона Б и $ZnSO_4$; a — количество сульфата цинка, пошедшего на титрование, мл.

Концентрацию C сульфата алюминия в пересчете на $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ определяют по формуле:

$$C = (x666)/54, \text{ г/л. (1.36)}$$

Концентрацию раствора сульфата алюминия можно определить и по плотности, пользуясь предварительно данными, приведенными в табл. 1.56. Для этого нерастворимый осадок отфильтровывают на обычном фильтре и определяют плотность полученного прозрачного раствора сульфата алюминия с помощью пикнометра вместимостью 10 или 25 мл.

Чистый пикнометр необходимо предварительно высушить при $t = 105^\circ C$ в сушильном шкафу до постоянной массы, охладить в эксикаторе до $t = 15^\circ C$ и взвесить на аналитических весах, потом наполнить его до метки дистиллированной водой и снова взвесить, воду вылить и заполнить пикнометр раствором сульфата алюминия (с помощью пипетки) также при $t = 15^\circ C$ и опять взвесить на аналитических весах. Разделив массу раствора сульфата алюминия на массу воды, получают его плотность (в $г/см^3$).

Допустим, плотность раствора при $t = 15^\circ C$ равна $1,045 г/см^3$. По табл. 1.56 этой плотности соответствует содержание 97 г/л сульфата алюминия с 13 % Al_2O_3 .

Концентрацию раствора сульфата алюминия очень быстро можно определить с помощью рефрактометра. Для этого находят значение коэффициента преломления раствора и

Таблица 1.56
Зависимость концентрации сульфата алюминия от плотности раствора

Плотность при $t = 15^\circ$, $г/см^3$	Плотность при $t = 15^\circ$, $^\circ$ Боме	Концентрация сульфата алюминия, г/л с содержанием Al_2O_3 , %		
		13	14	15
1,005	0,7	11	10	9
1,016	2,1	32	30	28
1,026	3,5	54	50	47
1,036	4,8	75	70	65
1,045	6,1	97	90	84
1,055	7,3	118	110	105
1,064	8,5	140	130	121
1,075	9,7	162	150	140
1,082	10,9	189	170	159
1,092	12,0	205	190	177
1,101	13,1	226	210	196
1,110	14,2	248	230	215
1,119	15,3	259	250	233
1,128	16,3	291	270	252
1,137	17,4	312	290	271
1,145	18,3	334	310	289
1,154	19,2	355	330	308

по калибровочной кривой определяют концентрацию (в процентах), соответствующую этому коэффициенту преломления. Методика определения коэффициента преломления на рефрактометре и калибровочная кривая раствора сульфата алюминия прилагаются к прибору.

Определение содержания нерастворимого в воде остатка. Из средней пробы сульфата алюминия берут навеску 10 г и растворяют в 70...80 мл горячей воды. Отфильтровывают нерастворимый остаток через беззольный бумажный фильтр, промывают его водой до полного исчезновения ионов SO_4^{--} в промывной воде (проба на реакцию с хлоридом бария). Фильтрат собирают в мерную колбу вместимостью 250 мл и оставляют для определения содержания в нем сульфата алюминия методом титрования, а фильтр с осадком сушат, сжигают и прокаливают до постоянной массы. После охлаждения тигль с осадком взвешивают на аналитических весах.

Содержание нерастворимого остатка x рассчитывается по формуле

$$x = \frac{a100}{g}, \%, \quad (1.37)$$

где a — масса прокаленного остатка, г; g — навеска сернокислого алюминия, г.

1.5.7 КОНТРОЛЬ СТЕПЕНИ ПРОКЛЕЙКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Качество проклейки бумаги и картона определяется степенью проклейки. Наряду с ним рекомендуется также определять показатель удержания канифольного клея. В какой-то мере по этому показателю можно судить о степени проклейки бумаги, но главное, что, определяя его, можно составить баланс проклеивающих материалов и получить объективные данные для определения причины неудовлетворительной проклейки, если таковая имеет место.

Определение показателя удержания канифольного клея в бумаге. Навеску готовой проклеенной бумаги массой около 5 г, нарезанной в виде квадратиков 3×3 мм, заворачивают в обессмоленный фильтр и помещают в сборник экстракта 4 аппарата Э-8 (рис. 1.24). В колбу 1 экстрактора на 2/3 ее объема заливают смесь, состоящую из 4 мл концентрированной соляной кислоты и 500 мл этилового спирта. Включают холодную воду в обратный холодильник 3 и при помощи водяной бани проводят экстракцию клея в течение 5 ч. Степень нагрева колбы регулируют так, чтобы в течение 1 ч получить 8...10 переливов спирта из сборника экстракта.

После окончания экстракции спирт отгоняют на водяной бане так, чтобы в колбе осталось 5...10 мл жидкости. Затем колбу помещают в термостат и полностью удаляют оставшуюся жидкость при температуре 105 °С.

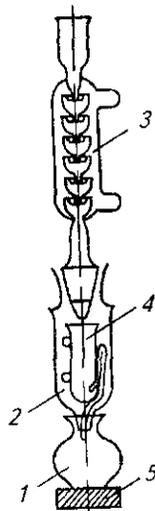


Рис. 1.24. Аппарат Э-8 для определения удержания канифольного клея в бумаге:

1 — колба; 2 — экстрактор, 3 — обратный холодильник; 4 — сборник экстракта, 5 — водяная баня

После охлаждения сухой остаток в колбе растворяют 20 мл диэтилового (серного) эфира. Эфирный раствор фильтруют через обессмоленный фильтр, промывают осадок 20 мл свежего эфира и полученный суммарный фильтрат количественно переносят в предварительно доведенный до постоянной массы бюкс. Эфир упаривают (отгоняют) на водяной бане, а бюкс высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105 °С.

Проводят три параллельных определения. Расхождение между их результатами не должно превышать 5 %. Результаты выражают в процентах по отношению к массе канифольного клея, введенного в суспензию бумажной массы на единицу продукции (1 т бумаги или картона). Удержание канифольного клея $У$ определяют по формуле

$$У = \frac{g_1 \cdot 10^6 \cdot 100}{gG \cdot 10^3} = \frac{10^5 g_1}{gG}, \%, \quad (1.38)$$

где g_1 — масса клея в навеске бумаги, г; g — навеска бумаги, г; G — расход канифольного клея, кг/т.

Пример. Расход канифольного клея составляет 18 кг/т бумаги. Навеска бумаги для анализа 5,3 г, масса клея в навеске оказалась равной 0,081 г. Тогда

$$У = \frac{10^5 \cdot 0,081}{5,3 \cdot 18} = 85 \, \%$$

Определение степени проклейки бумаги. Степень проклейки является одним из показателей качества большого ассортимента бумаги и картона. Для определения этого показателя разработано более 50 методов. В отечественной промышленности стандартом на испытания бумаги установлены чернильно-штриховой метод и метод сухого индикатора. Наряду с ними допускается определение степени проклейки бумаги по впитываемости при одностороннем смачивании (метод Кобба) [50].

Чернильно-штриховой метод определения степени проклейки является наиболее простым и широко распространенным [50]. Сущность его заключается в нанесении на бумагу рейсфедером чернильных штрихов увеличивающейся толщины и определении максимальной ширины штриха, не расплывающегося и не проходящего на другую сторону листа после полного высыхания чернил (окончательно устанавливаются по истечении 24 ч).

Для нанесения штрихов используют стандартные фиолетовые чернила № 2, применяемые для определения степени проклейки всех

видов писчей бумаги, и чернила № 1 — для испытания всех остальных видов проклеенной бумаги.

Для определения степени проклейки бумаги испытуемый лист кладут на ровную поверхность и, наполнив рейсфедер на высоту около 10 мм соответствующими чернилами, наносят на бумагу ряд последовательно утолщающихся штрихов длиной не менее 140 мм. Первый штрих должен иметь ширину 0,25 мм, каждый последующий штрих — на 0,25 мм шире. Ширина последнего штриха 2 мм. Степень проклейки по этому методу выражается в миллиметрах и соответствует максимальной ширине штриха, который не расплылся и не перешел на другую сторону листа после полного высыхания чернил. Например, из четырех штрихов не расплылись и не перешли на другую сторону штрихи шириной 0,25 и 0,50 мм, тогда степень проклейки составляет 0,50 мм.

Пользуясь этим методом, необходимо помнить, что правильно оценить результат проклейки можно только при условии строгого и четкого выполнения вышеописанных действий. На результат определений оказывают большое влияние субъективные факторы, которые приводят к низкой точности и плохой воспроизводимости измерений.

Для сведения к минимуму причин, приводящих к ошибочным результатам при определении степени проклейки чернильно-штриховым методом был предложен прибор ШПБ (штриховой проклейки бумаги). Он прост и надежен в работе, показывает высокую точность и воспроизводимость результатов определений. Прибор (рис. 1.25) состоит из подвижной каретки, в которой укреплены четыре полуавтоматических рейсфедера 2. Рейсфедеры вставлены в муфточки 3, неподвижно закрепленные на валике 6, и удерживаются в них при помощи пружинящих пластинок.

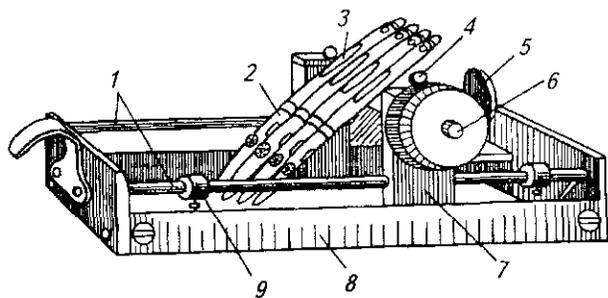


Рис. 1.25. Прибор ШПБ для определения степени проклейки бумаги:

1 — направляющие рамки прибора; 2 — рейсфедеры; 3 — муфточка; 4 — фиксатор; 5 — ручка; 6 — валик; 7 — опорный ползунок; 8 — основание прибора; 9 — стопорные кольца

Прибор должен обеспечивать: одновременное нанесение на поверхность бумаги четырех штрихов с расстоянием между ними 17 ± 1 мм; устойчивое закрепление рейсфедеров на валике каретки под углом 45° к поверхности листа бумаги и возможность их замены; равномерный и одинаковый нажим рейсфедеров на поверхность бумаги с усилием, равным 0,5 Н.

Испытанию подвергают пять листов бумаги каждого образца, отобранного от товарной единицы. Испытуемый лист бумаги помещают на стекло под рамку прибора. Штрихи наносят как на лицевую, так и на сеточную сторону каждого листа. Рейсфедеры наполняют чернилами на высоту 10 мм, плавно опускают на испытуемый образец и горизонтальным движением каретки по рамке прибора проводят штрихи длиной около 140 мм со скоростью, приблизительно равной 80...100 мм/с. Степень проклейки определяют сразу же после высыхания чернил. При этом концы штрихов по 10 мм с каждой стороны не учитываются. Испытания должны проводиться при относительной влажности и температуре, указанных в соответствующих стандартах.

Метод сухого индикатора при определении степени проклейки бумаги основан на измерении времени прохождения воды через толщину бумаги, которое фиксируется в момент изменения окраски индикатора, увлажненного прошедшей водой.

Индикатор состоит из девяти частей сахарной пудры, одной части крахмала и 0,2 части красителя основного фиолетового марки К. Перед смешением сахарную пудру и крахмал растирают отдельно друг от друга, просеивают через сетку № 40 и высушивают при температуре около 100°C в течение 15 ч. Затем составляют смесь, тщательно перемешивая компоненты, высушивают в течение 30 мин и опять просеивают через ту же сетку. Смесь — готовый к употреблению индикатор — должна храниться в склянке с притертой пробкой.

Для определения проклейки методом сухого индикатора из испытуемых листов вырезают пять образцов бумаги размером 50×50 мм, замеряют их толщину и отгибают кверху края шириной 5 мм. На дно образовавшейся коробочки («кораблика») через сетку № 24 насыпают тонким слоем сухой индикатор. «Кораблик» со слоем индикатора опускают в ванну (стеклянную чашу) с водой, имеющей температуру $20 \pm 1^\circ\text{C}$, и включают секундомер. При появлении первых признаков изменения окраски индикатора (фиолетовые точки) секундомер останавливают и записывают время. «Кораблики» изготавливают таким обра-

зом, чтобы с водой соприкасались обе стороны листа бумаги (лицевая и сеточная).

Проклейку D вычисляют по формуле

$$D = t/h, \text{ с/мм}, \quad (1.39)$$

где t — время, с; h — толщина бумаги, мм.

Результаты испытаний выражают средним арифметическим всех пяти определений.

Метод определения степени проклейки бумаги по *впитываемости при одностороннем смачивании (метод Кобба)* основан на определении прироста массы образца после соприкосновения его поверхности с водой в определенных условиях в течение установленного времени на приборе, который состоит из плоского цилиндрического сосуда с внутренним диаметром 112,7 мм.

Испытание производят следующим образом. Из каждого листа пробы с помощью шаблона вырезают два образца бумаги размером 120×130 мм для испытания с лицевой и сеточной сторон. В цилиндр наливают 100 мл воды, температура которой должна быть 20 ± 1 °С. По мере расходования необходимо доливать недостающее количество воды. Образец взвешивают на квадрантных весах и накладывают на край цилиндра испытываемой стороной вниз, затем крышку опускают, прижимают рычагом и защелкивают фиксатор. Цилиндр переворачивают на 180° и одновременно включают секундомер. В перевернутом состоянии цилиндр должен оставаться 45 с. По окончании испытания цилиндр возвращают в исходное положение, открывают крышку и выдвигают подставку. На нее кладут три листа фильтровальной бумаги размером 150×150 мм, на них испытываемый образец и сверху покрывают его еще одним листом фильтровальной бумаги. Затем быстро прокатывают под отжимным валиком. Время с момента возвращения цилиндра в исходное положение до начала отжима образца не должно превышать 10...15 с. После отжима образец немедленно взвешивают на квадрантных весах. Испытанию подвергают пять образцов с лицевой стороны и пять с сеточной. Крышка цилиндра и его края при закладке образца должны быть сухими. Образцы, в которых при испытании вода в каком-нибудь месте прошла на другую сторону, необходимо заменить и испытание повторить.

Впитываемость в граммах на 1 м² подсчитывают отдельно для каждой стороны листа по формуле:

$$G = 100 (b - a), \text{ г/м}^2, \quad (1.40)$$

где b — масса образца после испытания, г; a — масса воздушно-сухого образца, г.

За результат принимается среднее арифметическое пяти испытаний, округленное до 0,1 г.

1.5.8. СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ПРОКЛЕЙКИ БУМАГИ

Для определения степени проклейки бумаги на предприятиях России чаще всего используют два метода — штриховой и по Кобб₆₀. Однако в литературе описаны и другие методы определения проклейки, в частности, широко распространенный в мире метод с использованием прибора фирмы «Hercules» (так называемый Hercules-test, сокращенно HST). В связи с этим возникает необходимость соотнести между собой показатели проклейки бумаги, однако это связано с некоторыми затруднениями. Рассматривая более подробно эти методы, можно понять, почему возникают эти затруднения и какая корреляция существует между показателями, определенными с помощью этих методов.

Сразу же следует оговориться, что корреляцию между различными методами следует определять при использовании одного и того же метода проклейки (т. е. или в массе или с поверхности) и одного и того же проклеивающего реагента. Как только изменяется одно из этих условий, изменяется и соотношение между значениями, полученными разными методами определения проклейки. Здесь мы рассматриваем бумагу с проклейкой в массе алкилкетенимером (АКД) в нейтральной среде.

Начнем со штрихового метода. Этот метод хорошо известен и служит для определения пригодности бумаги для письма чернилами. С его помощью хорошо определяется слабая проклейка, сильно же клееные бумаги будут показывать предельные значения и разницу между ними обнаружить трудно. В случае же проклейки в нейтральной среде АКД появляется дополнительный фактор — нарастание проклейки со временем. Например, при производстве офсетной бумаги с нейтральной проклейкой АКД получили степень проклейки 0,8 мм — нижнее предельное значение. После термообработки бумаги проклейка увеличилась до 1,2 мм. Но эта же бумага, испытанная спустя месяц, показала степень проклейки 2,0 мм по штриховому методу (верхнее предельное значение), 11,5 г/м² по методу

Таблица 1.57
Сравнение степени проклейки бумаги, определенной разными методами

Масса бумаги площадью 1 м ² , г	Проклеивающий агент	Степень проклейки бумаги		
		штриховой метод, мм	поверхностная впитываемость по Кобб ₆₀ , г/м ²	HST (Hercules-test), с
65	АКД	1,6	12,3	59
		1,6	15,0	43
		1,8	13,0	42
		1,8	13,6	40
		1,8	13,1	60
		1,8	14,2	44
		1,8	11,6	500
		1,8	11,8	500
		1,8	12,4	200
		1,6	18,1	63
		1,6	19,3	139
		1,6	18,7	106
		1,6	20,5	98
1,6	19,4	87		
70	АКД	1,6	19,7	76
		1,6	19,5	65
		1,8	19,3	186
		1,8	10,0	198
		1,8	19,7	157
		2,0	18,8	275
		2,0	18,7	214
		2,0	15,7	65
65	АКД, Кюмене	2,0	13,7	150
		2,0	14,3	71
		2,0	13,2	150
		2,0	15,1	200
		1,4	22,1	50
		1,8	9,1	62
75	АКД + поверхностная проклейка	1,8	11,1	70
		2,0	11,7	101
		2,0	11,0	62
		2,0	9,8	112
		2,0	10,6	110
		2,0	9,9	120

Кобб₆₀ (т. е. также предельное значение) и более 500 с по HST (также высокое значение проклейки). Такое нарастание проклейки характерно для АКД, поэтому если после термообработки выработанной бумаги определение степени проклейки покажет хотя бы нижний предел пригодности для письма, эта бумага проклеена, и проклеена в высокой степени.

Метод Кобб₆₀ заключается в определении впитываемости бумагой дистиллированной воды (за 60 с контакта). При штриховом методе определения степени проклейки используют чернила (кислая среда), а при методе Кобб₆₀ — дистиллированную воду. Это отличие принципиально и корреляция между этими методами небольшая (коэффициент корреляции — около 0,5).

Из анализа данных по степени проклейки, определенных штриховым методом и методом Кобб₆₀, следует, что проклейка 0,8 мм соответствует примерно 40 г/м² и более, проклейка 1,0 мм — от 30 до 40 г/м², 1,2 мм — от 20 до 30 г/м², 1,4 мм — около 20 г/м², от 1,6 до 1,8 мм — менее 20 г/м² (реально от 12 до 19 г/м²). Однако эти соотношения справедливы только при проклейке в массу, при поверхностной проклейке метод Кобб₆₀ дает высокие показатели, а штриховой метод — значительно ниже.

Сравнение методов Кобб₆₀ и HST показывает, что область, в которой можно говорить о корреляции между этими методами, невелика. При показателях Кобб₆₀ более 30 г/м² показатели по методу HST становятся менее 10 с — это крайне низкое значение. Значения Кобб₆₀ от 20 до 30 с соответствуют показателям HST приблизительно до 40 с, 19 г/м² соответствует уже 60 с. В области показателей по Кобб₆₀ ниже 18 г/м² наблюдается большое нарастание проклейки по методу HST. В этой области метод Кобб₆₀ гораздо менее чувствителен, чем метод HST. Бумаги с равной степенью проклейки по Кобб₆₀ показывают совершенно различные данные по HST — приблизительно от 70 до 500 с и более.

Сравнительные данные по степени проклейки бумаги, определенной разными методами, приведены в табл. 1.57.

1.5.9. ПРОКЛЕЙКА БУМАГИ В НЕЙТРАЛЬНОЙ И ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДАХ

Отлив бумаги и картона в нейтральной и щелочной средах находит все большее применение во всем мире. Это обусловлено различными причинами, обсуждение которых не входит в нашу задачу. Отметим только, что многие очень важные для бумажников проблемы, имеющие место в мокрой части бумажной машины при отливе в кислой среде, в значительной мере теряют свою остроту или вообще исчезают при переходе к отливу в нейтрально-щелочной области [51].

В России основными предпосылками для развития технологии отлива в нейтрально-щелочной области стали следующие:

- 1) открытие и разработка крупных месторождений мела;
- 2) появление бóльшей потребности в новых видах бумаги и картона;
- 3) обострение экологических проблем;

4) необходимость повышения технико-экономических показателей производства;

5) повышение требований к качеству бумаги.

Следует отметить, что «щелочная проклейка» и «нейтральная проклейка» принципиальных отличий не имеют, и с учетом сложившейся практики оба термина используются, если отлив массы происходит в диапазоне pH 6,8...9,0. Поэтому в целях единообразия терминологии при дальнейшем изложении мы будем использовать термины «нейтральная проклейка» или «нейтральная технология бумаги и картона».

Подобно традиционной проклейке нейтральную проклейку подразделяют на проклейку в массе, поверхностную проклейку и комбинированную проклейку.

С использованием технологии нейтральной проклейки можно производить все виды бумаги и картона, но основными являются три группы продукции, при производстве которых применение нейтральной проклейки имеет особое значение:

1) высокосортная бумага (без древесной массы);

2) картон для упаковки жидкостей;

3) тест-лайнер из макулатуры, средний слой гофрированного картона (флотинг), гипскартон.

В композицию высокосортных видов бумаги часто вводят CaCO_3 . Поэтому выработка такой бумаги в кислой среде с использованием сульфата алюминия невозможна.

Картон для упаковки жидкостей всегда производится в щелочной среде, так как при проклейке в кислой среде он не отвечает требованиям устойчивости к воздействию молочной кислоты.

Тест-лайнер и средний слой гофрированного картона обычно вырабатывается в кислой области. Однако использование макулатуры с повышенным содержанием CaCO_3 в этих условиях вызывает ряд проблем, в связи с чем возникает необходимость перехода к нейтральной технологии [52].

Основные характеристики, необходимые для всей бумажной и картонной продукции, в значительной мере формируются в мокрой части бумажной машины. Именно в мокрой части БДМ в результате сложных коллоидно-химических процессов, механизм которых во многом остается еще не до конца изученным, разрозненные компоненты бумажной массы начинают активно связываться между собой и в результате образуется бумажный лист.

При переходе к нейтральной проклейке производственники сталкиваются с проблемами выбора системы проклейки, системы удержания, пеногасителей, биоцидов и красителей.

1.5.9.1. Химикаты для проклейки бумаги и картона в нейтральной среде

На рис. 1.26 представлены основные системы химикатов для проклейки в нейтральной среде, используемые в настоящее время в России на различных предприятиях ЦБП и поставляемые фирмами под различными торговыми марками. Основные фирмы, работающие на Российском рынке: «Raisio» (Финляндия), «Akzo Nobele» (Швеция), «BASF» (Германия), «Hercofinn» (Финляндия). Широкое применение находят химикаты, производимые в России на совместных предприятиях. Канифольная дисперсия (Сакоцелл) г. Новодвинск, АОЗТ «Новокремс», катионный ПАА (Праестол), г. Краснокамск. Начинает вырабатываться также и АКД отечественного производства в г. Волгограде [53].

Канифольная дисперсия (диспергированная свободная смоляная кислота) позволяет осуществлять проклейку канифольными клеями при более высоких значениях pH по сравнению с канифольным мылом или пастой. Если для канифольной пасты предельное значение pH составляет 5,0, то канифольная дисперсия используется при pH выше 7,5.

Поскольку канифольная дисперсия, производимая в России под названием Сакоцелл 309, находит все более широкое применение, рассмотрим некоторые ее свойства.

Сакоцелл 309 — это высокоэффективная проклеивающая дисперсия с высоким содержанием свободной смолы. Производится на основе модифицированной укрепленной канифоли согласно ТУ-2454-001-44408713-99.

Техническая характеристика Сакоцелл 309:

Внешний вид	Белая дисперсия
Содержание сухих веществ, %	30±1
Размер частиц, мкм	1,0
Вязкость при 20 °С, мПа/с	5
Плотность при 20 °С, кг/м ³	1030
pH раствора	6,1...6,7

Сакоцелл 309 является специальным типом канифольного клея, пригодного для проклейки как в кислой, так и нейтральной области (pH 4,5...7,5). Он используется для проклейки бумаги и картона с покрытием и без покрытия, для проклейки бумаги из древесной массы, целлюлозы и макулатуры, а также бумаги, содержащей в качестве наполнителя мел, каолин или тальк.

Уже небольшое количество Сакоцелла 309 дает хороший эффект проклейки. Если в качестве наполнителя используется мел, то расхо-

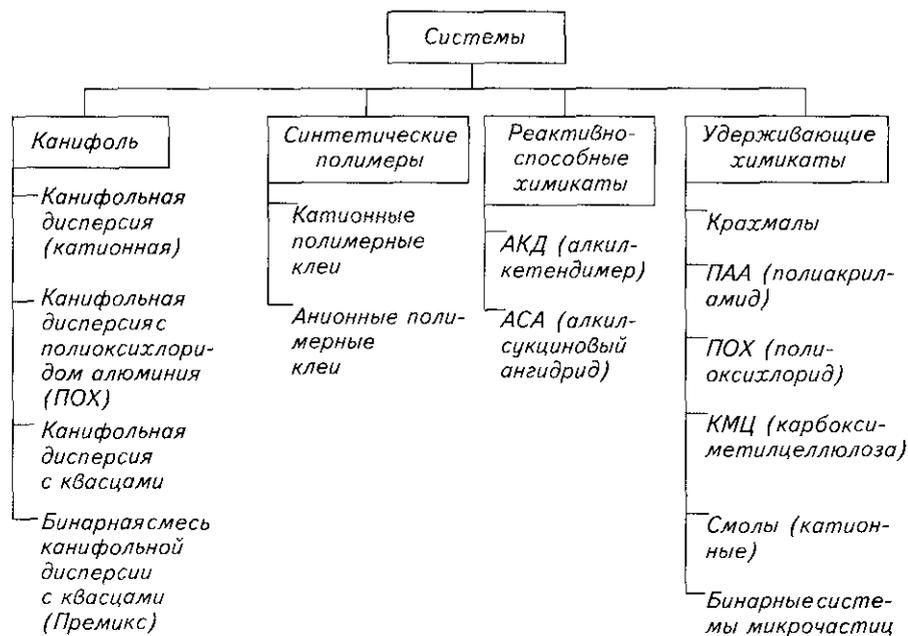


Рис. 1.26. Системы химикатов для нейтральной проклейки

ды клея при выработке высококлееной бумаги составляют 0,5...1,0 % в пересчете на сухое вещество (или примерно 1,7...3,3 % в пересчете на товарный продукт). Если используется каолин или тальк, то расход снижается до 0,2...0,5 % по сухому веществу (или примерно 0,7...1,7 % по товарному продукту). Массный поток, содержащий механическую древесную массу или работающий при повышенной температуре воды, может потребовать более высокого расхода клея.

Сакоцелл 309 можно добавлять в массу и в товарном виде, и после разбавления свежей водой. Для хорошего распределения клея в бумажной массе его необходимо дозировать ближе к машинному бассейну. Во всяком случае до подачи глинозема клей должен быть равномерно распределен между волокнами бумажной массы.

Для стабильной проклейки требуется следующее количество глинозема, %:

Бумага без древесной массы	0,5...1,0
Бумага, содержащая древесную массу и макулатуру	До 2,5

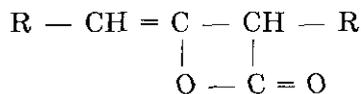
Однажды установленная оптимальная дозировка глинозема должна сохраняться постоянной и при изменении кислотности потока. Значение pH должно корректироваться в гидроразбивателе или в машинном бассейне, но не за счет изменения расхода сульфата алюминия.

На рис. 1.27 приведены сравнительные характеристики механизмов проклейки в мас-

се канифольным мылом и канифольной дисперсией.

Алкилкетендимер (АКД) представляет собой синтетический проклеивающий агент, используемый в производстве бумаги и картона в пределах значений pH от 6,5 до 9,0. АКД вступает в химическую реакцию с целлюлозой, образуя ковалентную химическую связь, которая обеспечивает высокую устойчивость целлюлозной поверхности по отношению к кислотам, щелочам и воде [53].

Основным проклеивающим материалом является алкилкетендимер, получаемый на основе жирных кислот. Его химическое строение можно представить следующей формулой



Состав алкильных групп (R) в этой структуре зависит от природы жирных кислот, используемых для приготовления димера. Типичный набор жирных кислот представляет смесь стеариновой (C₁₈H₃₃) и пальметиновой (C₁₆H₃₃) кислот. Исходя из этого, алкильная группа будет выражаться формулой C₁₆H₃₃ или C₁₄H₂₉.

Как показано на рис. 1.28, при взаимодействии кетендимера с целлюлозой происходит разрыв лактоновой структуры и образуется β-кетозэфир, обычно обозначаемый как АКД-связь, на основе которой формируется боль-

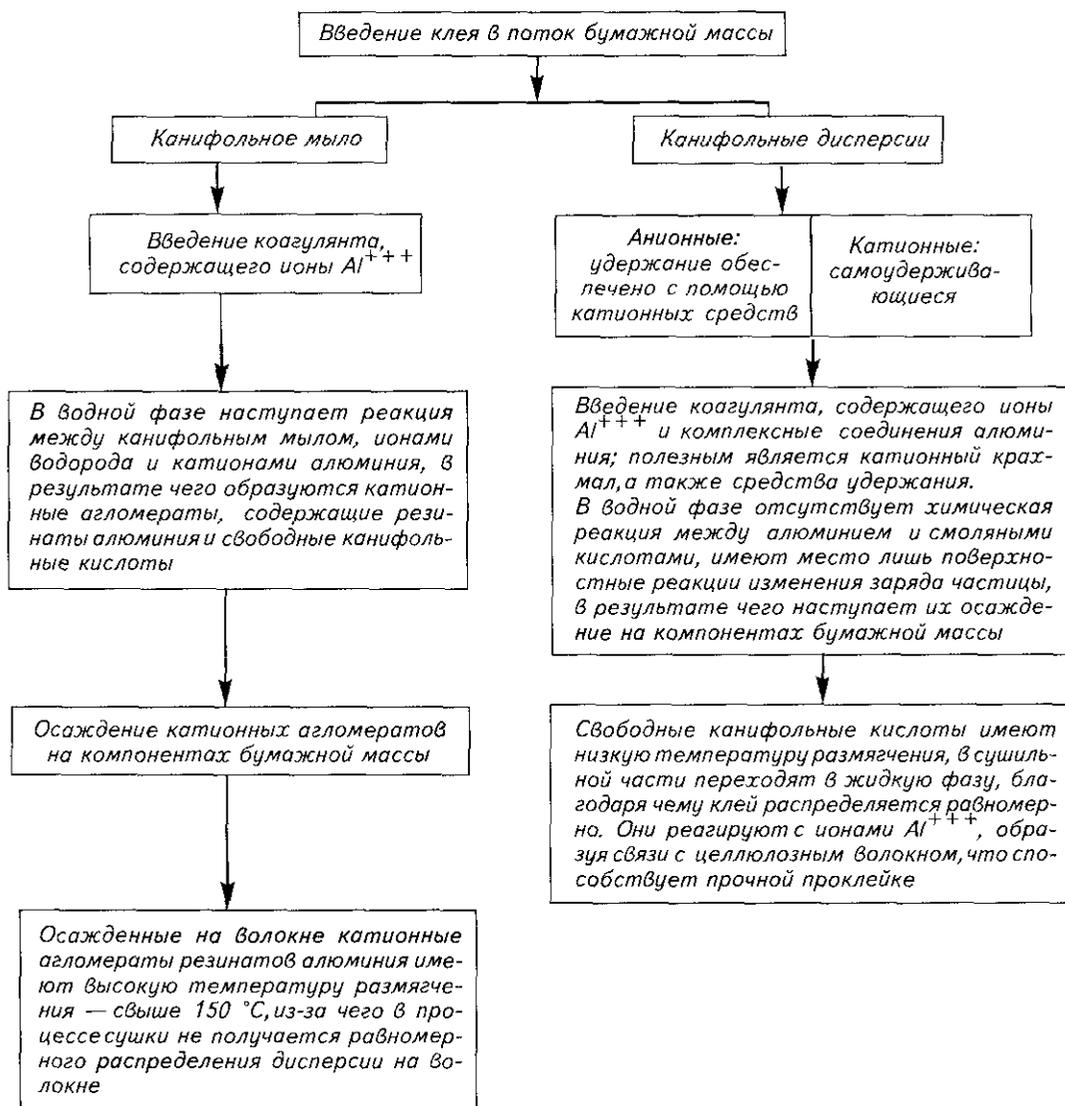


Рис. 1.27. Сравнение механизмов проклейки в массе канифольным мылом и канифольной дисперсией

шая часть связующих соединений. Затем в реакцию вступает вода, в результате чего образуются диоксиды углерода и кетона. Образовавшийся на основе реакции с водой кетон обычно носит название гидролизата. Он представляет собой воскообразное вещество с температурой плавления около 70...75 °С, которое способствует процессу проклейки.

В Европе нейтральный метод проклейки стал заменять кислотный уже в начале 1970-х годов, и в настоящее время около 70 % бумаги, не включающей древесной массы, проклеивается нейтральным методом с использованием АКД.

Основными причинами перехода к нейтральному методу проклейки является возможность использования карбоната кальция в качестве наполнителя, а также карбонатных по-

крытий с высокой степенью белизны, что особенно важно для Российской Федерации. Помимо этого нейтральный метод проклейки обладает следующими преимуществами:

- обеспечивает более высокую степень гидрофобности и большую прочность бумаги;
- снижает коррозию оборудования и удлиняет срок службы одежды буммашин;
- повышает удержание наполнителя и позволяет повысить зольность бумаги без ухудшения соответствующих показателей ее прочности;
- усиливает эффект действия отбеливающих агентов.

По сравнению с обычными канифольными материалами проклейка с применением АКД в большей степени увеличивает устойчивость бумаги ко всем видам проникающих жидко-

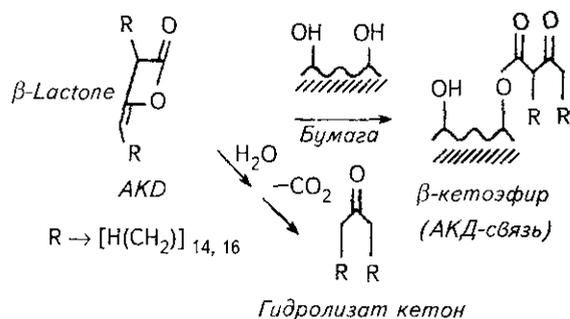


Рис. 1.28. Схема процесса АКД-проклейки

стей. Это объясняется химической устойчивостью АКД по отношению к воздействию на бумагу жидкостей, что позволяет использовать его для создания материалов с различной степенью устойчивости по отношению к щелочам, таких как крафт-лайнер, картон, устойчивый к действию молочной кислоты и фруктовых соков, упаковочные материалы для мясных продуктов и т. д.

Что касается механических свойств бумаги и картона, то отказ от кислой среды и переход к отливу в нейтральной или слабощелочной среде, особенно при отсутствии в массе сульфата алюминия или квасцов, обеспечивает значительный прирост очень многих показателей прочности. Таким образом, эффект упрочнения при щелочной проклейке объясняется не упрочняющим действием АКД, а отсутствием ослабляющего бумагу действия полигидроксикомплексов алюминия, неизбежного при канифольной проклейке в кислой среде.

Повышенная прочность изготовленной в щелочной среде бумаги позволила многим фабрикам в больших объемах использовать листовую целлюлозу вместо более дорогой хвойной целлюлозы.

Отлив бумаги в кислой среде не только снижает первоначальную прочность бумаги, но и резко уменьшает ее долговечность. Многочисленные исследования показывают, что печатная книжная бумага, изготовленная при низких значениях pH, сохраняет приемлемый уровень своих характеристик в течение всего лишь 25...30 лет. Эти исследования основываются на имитации условий многолетнего старения: лист бумаги выдерживают при температуре 100 °С в течение трех дней, что равноценно 25 годам естественного старения. Изготовление печатной книжной бумаги в условиях щелочной среды с использованием наполнителя CaCO_3 и проклеивающей добавки АКД сохраняет первоначальную прочность бумажного листа несколько столетий.

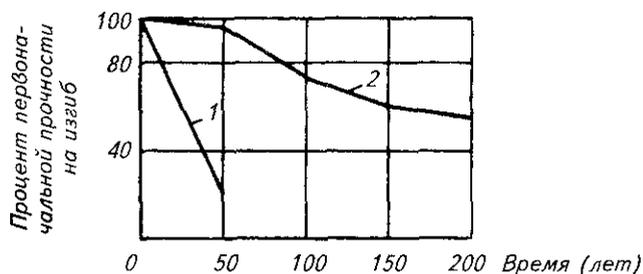


Рис. 1.29. Сравнительная прочность бумаги с разными типами проклеек после искусственного старения: 1 — канифольный клей (pH 4,3.. 5,3), 2 — АКД (pH 7,5.. 8,5)

Из графиков, приведенных на рис. 1.29, следует, что бумага, выработанная в нейтральной среде и проклеенная АКД, после продолжительного старения гораздо лучше сохраняет прочность на изгиб по сравнению с бумагой, проклеенной канифолью в кислой среде.

Производство бумаги в нейтральной или щелочной среде позволяет до минимума уменьшить коррозию оборудования. Руководство бумажных фабрик уже осознало, какую экономию средств при производстве бумаги дает переход от кислой среды к щелочной. Особое значение такая экономия имеет для фабрик, использующих сушильные цилиндры типа Yankee. Материальные потери, связанные с коррозией оборудования, часто не учитываются, но при тщательном анализе затрат становится ясно, что большинство фабрик ежегодно может экономить значительные средства в результате перехода с кислотного отлива бумаги на щелочной [54].

При изготовлении бумаги в щелочной среде эффективность оптических отбеливателей на 25...40 % выше, чем при традиционном способе ее производства, что позволяет в значительной степени снизить использование этих люминофоров.

1.5.9.2. Факторы, влияющие на проклейку бумаги в нейтральной среде

Проклейка АКД пригодна для всех видов волокнистой массы, в то время как канифоль проклеивает избирательно (табл. 1.58).

Окисляющие вещества, такие как свободный хлор (остаточный хлор), ионы гипохлорита и перекиси негативно влияют на процесс проклейки с использованием АКД, поскольку затрагивают механизм химического взаимодействия. Окисляющие вещества разрушают крахмал в дисперсной системе, вклю-

Таблица 1.58
Способность различных волокнистых масс проклеиваться канифольными клеями

Особенность массы	Способность к проклейке канифольными клеями
Древесная порода: лиственная хвойная	Повышенная Пониженная
Способ получения массы: сульфатный нейтральносульфитный сульфитный термомеханическая масса древесная масса	Хорошая » » » Плохая
Белизна массы	С увеличением белизны снижается
Содержание α -целлюлозы	С увеличением содержания α -целлюлозы снижается

чающей АКД, и способствуют гидролизу АКД.

Остаточный хлор в целлюлозе можно нейтрализовать добавлением сульфита натрия из расчета 2...4 кг на 1 т сухой целлюлозы.

Влияние значения pH и щелочности среды. Влияние значения pH целлюлозной массы очень велико. Увеличение pH способствует усилению реакции кетендимера с целлюлозой. Однако следует отметить, что при значении pH выше 9,0 происходит интенсивное взаимодействие димера с водой, результатом которого является образование кетона, препятствующего процессу проклейки. Очень высокое значение pH может также привести к окислению отбеленной целлюлозы, а значит к уменьшению белизны и прочности бумаги.

Стандартным значением pH при нейтральном производстве бумаги является 7,5...8,5. На рис. 1.30 показана зависимость степени проклейки с АКД от значения pH и щелочности массы.

Для достижения большей эффективности и лучшей степени проклейки при использовании АКД щелочность и уровень кислотности

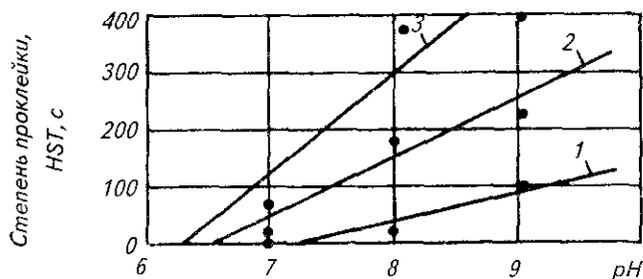


Рис. 1.30. Зависимость степени проклейки с АКД от значения pH и общей щелочности массы в ед. CaCO₃:
1 — 0 ppm; 2 — 50 ppm; 3 — 150 ppm

ти (pH) массы должны иметь оптимальные значения. В этом случае щелочность массы определяется количеством щелочи в 0,02 мл нормального раствора серной кислоты, которое необходимо для нейтрализации 100 мл оборотной воды. Полученный результат определяется количеством карбоната кальция, выраженного в частях на миллион.

Влияние сульфата алюминия. В отличие от проклейки с применением канифоли, ионы алюминия отрицательно действуют при проклейке АКД, поскольку замедляют процесс реакции АКД с целлюлозой.

Как видно из рис. 1.31, при значении pH, равном 7,0 и щелочности 150 частей на миллион 0,25% -ное содержание Al₂(SO₄)₃ снижает уровень проклейки приблизительно на 15%. При pH 8 и такой же щелочности зависимость эффекта проклейки АКД от наличия в массе сульфата алюминия уменьшается, соответствующее снижение степени проклейки составляет менее 10%. В некоторых случаях наличие небольшого количества сульфата алюминия (0,1%) может оказать даже положительное воздействие на эффективность проклейки (например, в целлюлозной массе из макулатуры за счет связывания ненужных анионов и улучшения удерживаемости высокодисперсных компонентов массы).

Удержание АКД. Поскольку коллоидный раствор АКД содержит и катионный крахмал, то частицы клея имеют небольшой положительный заряд. Однако, несмотря на это, вместе с добавкой АКД следует использовать определенные средства для лучшего удержания кетендимера. В качестве этих средств обычно выступают катионные полиакриламиды, катионные крахмалы и смолы. На предприятиях Европы часто используют двухкомпонентные системы удерживания (например, Композил и Гидрокол).

Наличие наполнителей. Наполнители, используемые в производстве бумаги и картона, отрицательно воздействуют как на проклейку с помощью АКД, так и на проклейку канифолью (рис. 1.32).

Влияние наполнителя на проклейку АКД обуславливается его природой, расходом и размером частиц. Карбонат кальция в меньшей степени затрудняет проклейку, чем каолин, возможно, за счет своего буферного воздействия на значения pH целлюлозной массы. Переосажденный карбонат кальция (PCC) отличается большим отрицательным воздействием по сравнению с карбонатом кальция в основном благодаря большей площади поверхности.

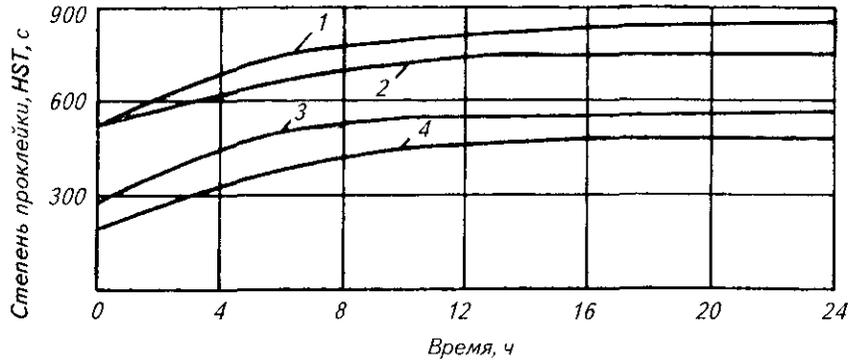


Рис. 1.31. Зависимость степени проклейки с АКД от времени при различных значениях pH и различном содержании сульфата алюминия: 1 — pH8 [без Al₂(SO₄)₃]; 2 — pH8 [0,25% Al₂(SO₄)₃]; 3 — pH7 [без Al₂(SO₄)₃]; 4 — pH7 [0,25% Al₂(SO₄)₃]

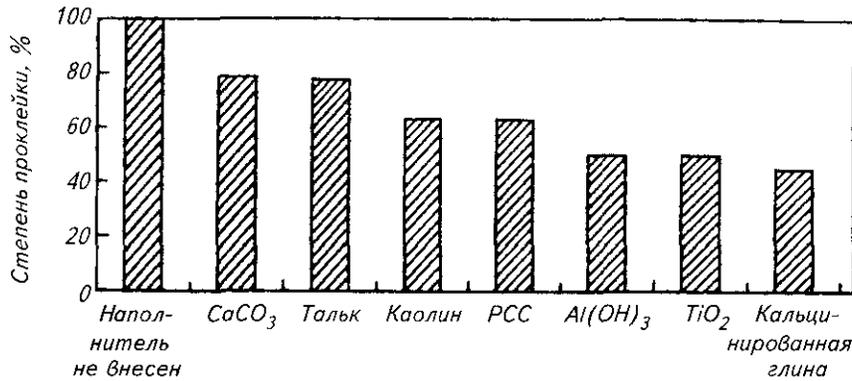


Рис. 1.32. Зависимость степени проклейки с АКД от типа наполнителя при 10%-ном его расходе

Влияние места ввода АКД. При использовании различных добавок, в том числе и АКД, важно правильно определить точки их ввода в технологический поток. До введения дисперсии АКД ее следует разбавить до концентрации 2...5 %, что облегчает процесс переме-

шивания с целлюлозной массой. Если температура в баке постоянного уровня превышает 35 °С, АКД вносится в непосредственной близости от напорного ящика бумагоделательной машины (например, после очистителей массы). При температуре ниже 35 °С АКД лучше вно-

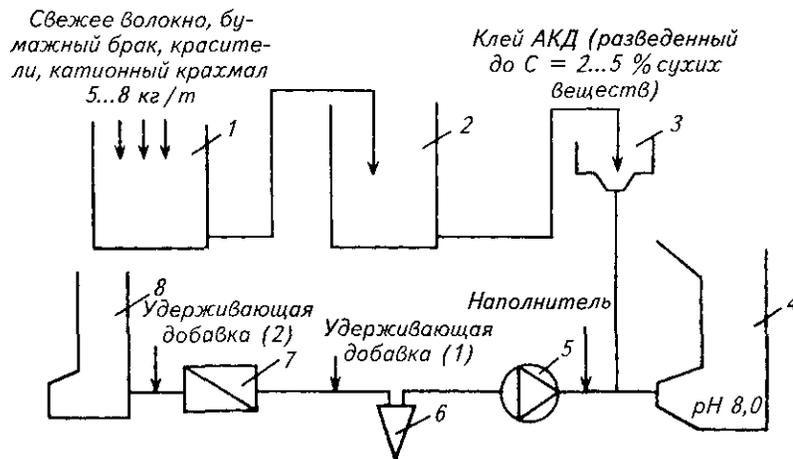


Рис. 1.33. Точки внесения химикатов в бумажную массу:

1 — композиционный бассейн; 2 — машинный бассейн; 3 — бак постоянного уровня; 4 — сборник регистровой воды; 5 — смесительный насос; 6 — центриклинер; 7 — узлоловитель; 8 — напорный ящик

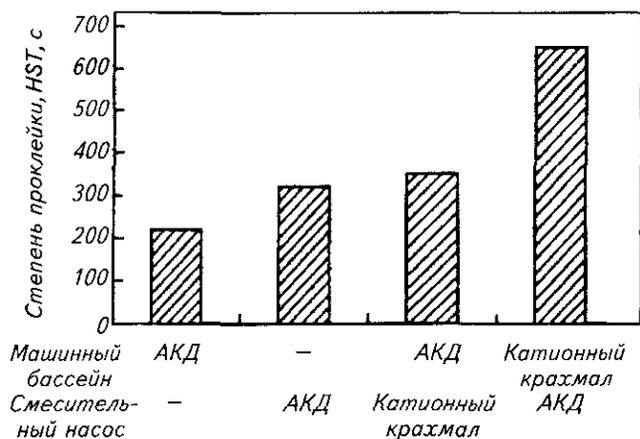


Рис. 1.34. Зависимость степени проклейки от точки ввода АКД и наличия в массе катионного крахмала

сильно в неразбавленную массу, например, в бак постоянного уровня (рис. 1.33).

Добавление в бумажную массу катионного крахмала увеличивает удержание, а значит и повышает эффект проклейки АКД. Добавка крахмала до внесения АКД помогает также нейтрализовать мелкие анионные фракции. Диаграмма рис. 1.34 наглядно демонстрирует как сильно влияют на степень проклейки бумаги изменение точки ввода АКД, а также наличие или отсутствие в массе катионного крахмала.

Обычный расход катионного крахмала составляет 5...8 кг/т при степени его замещения от 0,025 до 0,40.

Влияние катализаторных смол. В непрерывно развивающемся и едином в своей основе процессе проклейки АКД можно выделить следующие составные части:

- 1) удержание агента в бумажной массе;
- 2) равномерное распределение добавки по всему объему бумажной массы;
- 3) ориентация молекул АКД относительно гидроксильных групп целлюлозы;

4) взаимодействие добавки с целлюлозой в сушильной части БДМ.

Использование катализаторных смол позволяет активно воздействовать на удержание и ориентацию АКД и рекомендуется в тех случаях, когда масса плохо поддается проклейке. При этом необходимо учитывать, что смолы могут отрицательно воздействовать на оптические отбеливатели и снижать белизну бумаги.

Смолы-активаторы увеличивают скорость и интенсивность реакции АКД с целлюлозой, оказывая первоначальное воздействие на удержание и ориентацию добавки. Активаторные смолы, как правило, являются одним из типов катионных удерживающих средств: они помогают удержать частицы дисперсии в ходе процесса изготовления бумаги. Считается также, что смолы-активаторы увеличивают скорость реакции за счет повышения химической активности целлюлозы, поверхность которой на стадии ориентации становится более восприимчивой к отдельным молекулам АКД.

Сушка бумаги. В отличие от канифольной проклейки, АКД не всегда проявляет свои возможности до конца машинного цикла производства бумаги. Поэтому важно, чтобы реакция взаимодействия АКД с целлюлозой завершилась за возможно короткий период времени, для чего температуру сушки бумаги увеличивают до максимально возможной. В какой мере степень проклейки с АКД зависит от температуры сушки бумаги, показывают графики, приведенные на рис. 1.35. Для расчета конечной степени проклейки необходимо провести проверку созревания продолжительностью 5 мин при температуре 105 °С.

Влияние вспомогательных химических веществ. Выше уже отмечалось положительное влияние на проклейку АКД катионного крахмала и других средств удержания. Следует от-

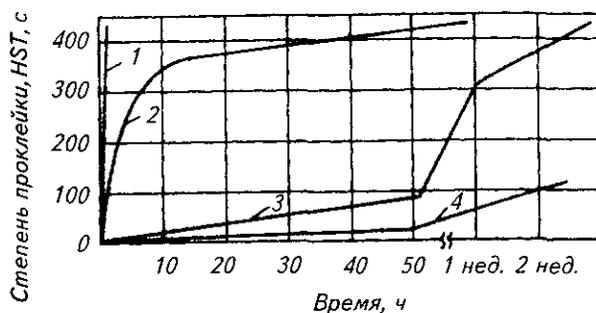


Рис. 1.35. Зависимость степени проклейки с АКД от времени при различной температуре массы:

1 — 110 °С; 2 — 50 °С; 3 — 24 °С; 4 — 5 °С

метить также положительный эффект от применения обезвоживающих средств и смол, придающих бумаге прочность во влажном и сухом состояниях [55].

Другие добавки, наоборот, наносят вред процессу проклейки, многие добавки являются гидрофильными по своей природе и действуют как смачивающие (увлажняющие) вещества.

Практика использования различных добавок при производстве бумаги и картона позволила классифицировать их следующим образом:

1) добавки, улучшающие проклейку:

- обезвоживающие добавки;
- катионный крахмал;

- удерживающие добавки;
- смолы, придающие влагопрочность;
- смолы, повышающие прочность в сухом состоянии.

2) добавки, ухудшающие проклейку:

- пеногасители;
- поверхностно-активные вещества (диспергирующие агенты, смачивающие вещества);
- наполнители (особенно высокодисперсные);
- различные типы масел и смазочные материалы;
- очистители для сукон и сеток;
- окислители (при концентрации свыше 3...4 ppm).

1.6. НАПОЛНЕНИЕ БУМАЖНОЙ МАССЫ

Широкое распространение процесса наполнения бумажной массы в производстве бумаги для письма и печати определяется двумя основными причинами:

заменой части дорогостоящего растительного беленого волокна на дешевое минеральное вещество, что непосредственно сказывается на снижении себестоимости продукции;

улучшением комплекса эксплуатационных характеристик бумаги и картона, в частности, печатных свойств, оптических показателей, равномерности макроструктуры.

Количественный предел содержания наполнителей в бумаге и картоне ограничен отрицательным влиянием наполнителей на показатели прочности и степень проклейки [56, 57].

1.6.1. ВИДЫ НАПОЛНИТЕЛЕЙ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Существуют природные наполнители, добываемые в виде минерального сырья, и наполнители, полученные также на основе минерального сырья, но прошедшего соответствующую химическую обработку, и выделенные в ходе соответствующих химических преобразований. В табл. 1.59 приведены характеристики природных наполнителей, в табл. 1.60 — характеристики наполнителей — продуктов химических преобразований.

Каолин — один из наиболее распространенных минеральных пигментов, используемых как для наполнения бумаги и картона, так и в качестве основного компонента для поверхностных покрытий. Наиболее известны месторождения каолина в США, Великобритании,

Бразилии, а также в Казахстане и Украине. Каолин по химическому составу — силикат алюминия. Белизна каолина и размеры его частиц в значительной степени зависят от месторождения, методов получения, очистки, отбелики, флотации [58, 59]. Характеристика лучших сортов каолина месторождений Великобритании и США приведена в табл. 1.61.

На российском рынке получили наибольшее распространение сорта каолина месторождений Украины: КП-87, КП-84 — для покрытий, КН-84, КН-82, КН-80, КН-78, КН-77, КН-73 — для наполнения. Число в обозначении обозначает показатель белизны данной марки каолина.

Качество товарного каолина определяется его оптическими характеристиками и гранулометрическим составом. Эти свойства каолина зависят от качества природного продукта, технологии его добычи и обогащения, очистки каолина от красящих примесей. Наиболее распространенными примесями являются гидроксиды и оксиды железа, оксиды титана, глинистые минералы (гидроглины, хлорит, нонтронит), органические примеси.

Пути улучшения качества каолина для бумажной промышленности можно разделить на две группы: это, во-первых, обеспечение оптимальных условий добычи, транспорта, хранения каолина и, во-вторых, вопросы технологии добычи, обогащения, очистки, отбелики. Оптимальные условия добычи каолина-сырца заключаются в раздельной добыче массовых, рядовых марок для наполнения и покрытий и лучших, элитных сортов каолина. Для элитных сортов предпочтительны отдельные карьеры меньшей производительности.

Транспортировка каолина для наполнения в открытых вагонах упрощает механизацию

Таблица 1.59

Основные свойства природных наполнителей

Наполнитель	Химическая формула и состав, %	Плотность, г/см ³	Коэффициент преломления	Размер частиц, мкм	Степень белизны, % ISO
Каолин	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ (Al_2O_3 — 34...42; SiO_2 — 43...52; H_2O — 12...15)	2,6...3,2	1,55...1,6	0,5...10,0	70...84
Мел природный	$CaCO_3$ ($CaCO_3$ — 95...99; $MgO \cdot MgCO_3$ — 1...5)	2,5...2,7	1,50...1,65	0,7...5,0	85...95
Тальк	$Mg_3H_2(SiO_3)_4SiO_2$ — 60...62; MgO — 30...35; H_2O — 1,9...4,3)	2,6...2,8	1,56...1,57	0,5...10,0	70...95
Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (CaO — 32,6; SO_3 — 46,5; H_2O — 20,9)	2,3...2,4	1,52...1,55	1,0...5,0	70...80
Барит	$BaSO_4 \cdot H_2O$ ($BaSO_4$ — 80; H_2O — 20)	4,5	1,65	2,0...5,0	93...95
Силикат кальция	$CaSiO_3$ — 96	2,5...2,9	1,53...1,62	1,0...10,0	80...95

Таблица 1.60

Основные свойства наполнителей — продуктов химических преобразований

Наполнитель	Химическая формула и состав, %	Плотность, г/см ³	Коэффициент преломления	Размер частиц, мкм	Степень белизны, % ISO
Мел переосажденный	CaCO ₃ (CaCO ₃ — 95,6; H ₂ O — 4,4)	2,7...2,9	1,55...1,66	0,2...0,5	95...97
Диоксид титана:	рутил	TiO ₂ — 99	4,2	0,2...0,5	97...99
	анатаз	То же	3,3	0,1...0,5	98...99
Бланфикс	BaSO ₄	4,5	1,64	0,5...2,0	95...97
Сульфид цинка	ZnS	4,0	2,37	0,3...0,5	97...98
Оксид цинка	ZnO	5,6	2,01	0,3...0,5	97...99
Литопон	ZnS + BaSO ₄ (ZnS — 28...30; BaSO ₄ — 70...72)	4,3	1,84...2,0	0,3...0,5	97...98

выгрузки вагонов, но создают опасность его загрязнения по пути следования. Наилучший способ транспортировки — перевозка в виде 65...70%-ной пасты в специальных цистернах, при необходимости — с обогревом.

Каолин для мелования перевозится в мелкой закрытой таре — бумажных или поли-

Таблица 1.61

Основные свойства некоторых сортов каолина

Марка каолина	Белизна, % ISO	Гранулометрический состав, %		Назначение
		< 2 мкм	> 10 мкм	
Великобритания				
Supramath	83,0	65	3,0	Покрытия
Dinkie	83,0	75	0,5	»
SPS	85,5	80	0,2	»
Supragloss 90	86,5	90	0,1	»
Intrafill B	82,5	55	8	Наполнение
Intrafill C	81,0	50	8	То же
Intrafill D	79,5	50	8	»
Intrafill E	77,0	30	20	»
Intraplus	82,5	58	2	»
Suprasmooth 50	79,5	53	6	»
Suprasmooth 65	83,0	64	2	»
США				
Alphafine	88,5	98	—	Наполнение
Alphagloss	88,5...90,5	95	—	Наполнение, покрытие
Astraplus	88,5...89,5	90	—	То же
Astraglaze	86,0	94...95	—	»
Premier	86,0	92	—	Наполнение
KCS	84,5	81	—	То же

этиленовых мешках, контейнерах, желательнее — в виде суспензий. Хранить каолин следует в отдельных помещениях, в бункерах или кучах, отдельно по сортам, а лучше всего — в виде суспензии в больших емкостях.

Для улучшения оптических свойств и гранулометрического состава каолина используются следующие методы (раздельно или в комплексе):

механическая очистка с помощью седиментации, центрифугирования, пропускания через гидроциклоны различного диаметра;

химическая очистка путем удаления окрашенных оксидов железа и титана (восстановительная или просто кислотная отбелка) и удаления органических примесей из каолина (окислительная отбелка), а также очистка комбинированными методами;

магнитная сепарация в магнитном поле высокой напряженности;

флотационная очистка;

селективная флокуляция;

термическая отбелка.

Каолин широко используют для наполнения большинства видов бумаги для печати и письма, белых покровных слоев картона, других видов бумаги из беленых полуфабрикатов.

Каолины для покрытий практически всегда входят в состав меловальных паст и пигментирующих суспензий [59]. Характеристика каолина как компонента покровных паст и суспензий приведена в п. 2.2.3.1.

Карбонатные наполнители широко используются в производстве печатных видов бумаги. Их потребление значительно возросло в связи с переходом на нейтральный и слабощелочной способ производства бумаги. Сырье для получения карбонатных наполнителей широко распространено в земной коре в виде осадочных горных пород (около 1 % от

массы земной коры). В мире имеется более 50 заводов, производящих из этого сырья порошкообразные наполнители или их суспензии высокой концентрации для бумажной промышленности.

В качестве наполнителя и частично для покровных паст используются природный измельченный карбонат кальция, а также и переосажденный карбонат кальция.

Сырьем для природного измельченного карбоната кальция являются мел, известняк, мрамор. Существует два основных метода производства наполнителей и покровных пигментов из карбоната кальция природного происхождения — сухой и мокрый помол (рис. 1.36).

Белизна природного карбоната кальция колеблется от 80 до 96 % ISO. Доля фракций с размером частиц до 2 мкм лежит в диапазоне от 40 до 98 %. Суспензированная продукция содержит 65...78 % твердых веществ. Дисперсия карбоната кальция может иметь катионный или анионный характер. Суспензированная продукция имеет следующие преимущества:

- сниженный максимальный размер частиц;
- улучшенная однородность;
- поставка в готовом для использования виде;
- легкость переработки.

Переосажденный карбонат кальция производится путем прокаливании известняка при

температуре 800...900 °С до оксида кальция CaO. Оксид кальция (негашеная известь) обрабатывается водой для получения известкового молочка Ca(OH)₂. Через известковое молочко пропускается углекислый газ CO₂, в результате чего образуется карбонат кальция CaCO₃. Процесс осаждения может регулироваться в целях получения частиц необходимой формы и размера. Чаще всего частицы переосажденного карбоната кальция имеют призматическую форму. Белизна — 91...97 % ISO, размер частиц — до 98 % менее 2 мкм, до 70 % — менее 1 мкм. Характеристика лучших сортов карбонатных наполнителей и пигментов приведена в табл. 1.62.

Российские карбонатные наполнители имеют белизну до 88 % по ISO, степень дисперсности меньшую, чем у лучших зарубежных наполнителей — содержание частиц менее 2 мкм — 60...70 %, более 10 мкм — до 10 %.

Карбонатные наполнители не могут использоваться в кислой среде из-за растворения с выделением большого количества углекислого газа CO₂, поэтому карбонат кальция не сочетается с кислой канифольной проклейкой.

В последние годы природный и переосажденный карбонат кальция широко используется как пигмент для мелования бумаги (подробнее см. п. 2.2.3.2), в том числе и содержащей древесную массу, прежде всего для офсетной бумаги различного назначения.

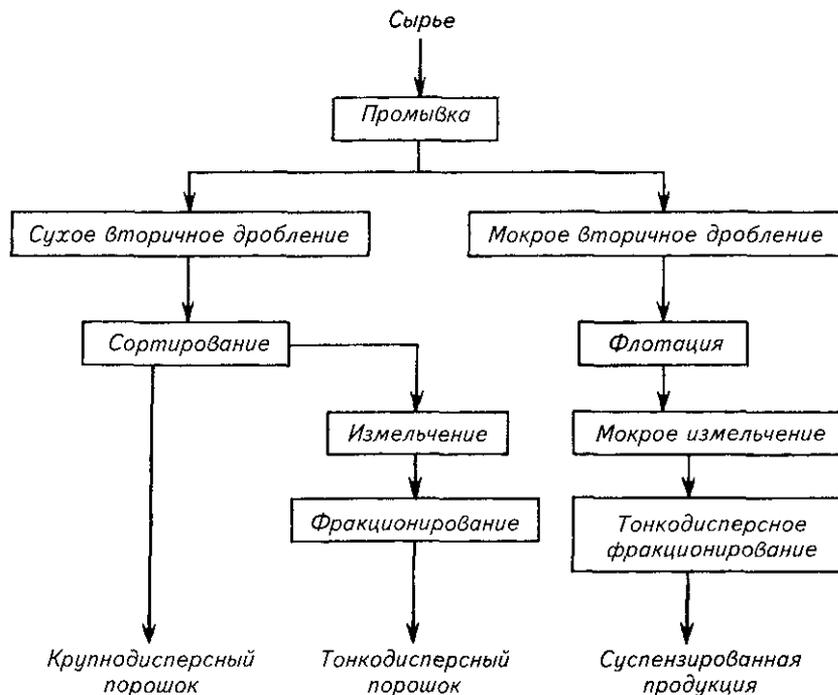


Рис. 1.36. Схема вариантов производства наполнителей и покровных пигментов из карбоната кальция

Таблица 1.62

Основные свойства лучших сортов карбонатных наполнителей и пигментов

Марка	Белизна, % ISO	Гранулометрический состав, %		Область применения и основные преимущества
		<2 мкм	>10 мкм	
Поставляются фирмой ЕСС				
Carbilux	94,0	99	—	Лучший лоск и высокая степень белизны
C95HS	94,5	95	—	Высокий лоск и исключительная степень белизны
C90HS	95,0	90	—	
C75HS	95,0	75	—	Для покрытий
C60HS	95,0	60	—	Матовые покрытия и подслои
Intracarb 80	94,0	80	—	Матовые покрытия, подслои и наполнение
Intracarb 60	94,0	60	—	Высокодисперсный наполнитель
LX95	87,0	95	—	Наполнение
LX75	87,0	75	—	Высокий лоск, средняя степень белизны
Поставляются фирмой «Ошпа»				
Hydrocarb 40-VA (Чехия)	93	40	> 2	Наполнение
Hydrocarb 50 VA (Чехия)	93	50	> 1	»
Hydrocarb 60-FO/LV 75 (Финляндия)	93	60	> 0,5	»
Hydrocarb 90LV 75 (Финляндия)	94,5	90	—	Пигмент для мелования
Hydrocarb 90-OG (Франция)	91	90	—	То же
Hydrocarb 90-FO/LV 75 (Финляндия)	93	90	—	»
Hydrocarb tiller FO/LV 65 (Финляндия)	93	54	> 2	Наполнение

Тальк — это минерал, образовавшийся в результате выветривания горных пород. Он представляет собой гидратированный силикат магния, химическая формула — $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Тальк содержит 60...63 % SiO_2 , 30...32 % MgO , 4,8 % — H_2O , а также примеси железа и алюминия. Тальк — очень мягкий, низкоабразивный, химически инертный, нерастворимый в воде, органophilный, гидрофобный минеральный пигмент с частицами пластинчатой формы.

В природе встречается тальк разных оттенков — от белого до желтого и зеленого. Тальковую руду сортируют по цвету, просушивают, подвергают дроблению, а затем размолу, после чего просеивают.

Белизна его невысока — 85...87 %. Частицы имеют форму пластин, чешуек. Размер частиц талька колеблется от 0,3 до 10 мкм при наличии преобладающей фракции с размерами частиц 0,3...5,0 мкм.

Наиболее крупные месторождения талька находятся в Австралии, Австрии, Канаде, Китае, Корее, Норвегии, Франции, Финляндии, Испании и США. На российском рынке изве-

стен китайский, корейский и финский тальк (Finntalc). Finntalc имеет белизну 86 %, частиц размером менее 2 мкм — 49 %, более 10 мкм — 1 %. В России месторождения талька находятся на Урале, на Кавказе и в Красноярском крае.

Тальк применяют в целлюлозном и бумажном производствах и в процессе облагораживания макулатуры. Благодаря своей органophilности и большой удельной поверхности из-за пластинчатого строения частиц тальк успешно используется для борьбы со смоляными затруднениями. Дозировка талька для этих целей в производстве бумаги в зависимости от количества вредной смолы составляет 10...40 кг/т.

Диоксид титана (TiO_2) представляет собой кристаллический порошок с высокой белизной (до 98 %) и высокой степенью дисперсности (средний размер частиц 0,3...0,5 мкм). Добавка даже небольших количеств диоксида титана (2...3 %) придает бумаге такую же степень непрозрачности, какую имеет бумага, содержащая 30 % каолина. В промышленности используются две кристаллические фор-

мы диоксида титана: анатаз (коэффициент преломления 2,55, плотность — до 3,9 г/см³, твердость по Моосу — до 6,0) и рутил (коэффициент преломления 2,70, плотность — до 4,2 г/см³, твердость по Моосу — до 7,0). Благодаря высокому коэффициенту преломления, а также высокой светостойкости, белизне и дисперсности диоксид титана используется для производства декоративного слоя бумажно-слоистых пластиков, при этом полностью укрывает темный цвет внутренних слоев бумаги-основы (см. также п. 2.2.3.5).

1.6.2. УДЕРЖИВАНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ В БУМАГЕ

1.6.2.1. Определение степени удержания наполнителей

Под степенью удержания наполнителей в бумаге понимается выраженное в процентах отношение количества наполнителя, содержащегося в бумаге на накате, к количеству наполнителя в массе перед ее поступлением на сетку бумагоделательной машины. Содержание наполнителя в массе и в бумаге определяется по формулам:

$$H_M = 100 \frac{Z_M - Z_B}{100 - Z_M - C}; \quad (1.41)$$

$$H_B = 100 \frac{Z_B - Z_B}{100 - Z_B - C}; \quad (1.42)$$

где H_M , H_B — содержание а. с. наполнителя в а. с. массе и а. с. бумаге соответственно, %; Z_M , Z_B , Z_B — содержание золы в а. с. массе, а. с. бумаге и а. с. волокне соответственно, %; C — потери при прокаливании а. с. наполнителя, %.

Величина потерь наполнителей при прокаливании приведена в табл. 1.63, а данные

Таблица 1.63

Потери наполнителей при прокаливании [61]

Показатель	Потери при прокаливании, %
Каолин	12...14
Тальк	4...6
Карбонат кальция	38...42
Гипс необожженный	18...22
Диоксид титана	0,2...0,5
Сульфид цинка	14...18

Таблица 1.64

Содержание золы в различных волокнистых материалах

Материал	Содержание золы, %
Целлюлоза древесная сульфитная:	
беленая	0,4...0,5
небеленая	0,5...1,2
Целлюлоза древесная сульфатная:	
беленая	1,0...1,3
небеленая	0,4...1,4
Целлюлоза лиственная беленая	0,4...1,0
Древесная масса	0,5...2,0

о содержании золы в различных волокнистых материалах — в табл. 1.64.

Степень удержания наполнителя $У$ рассчитывается по формуле

$$У = 100 \frac{H_B}{H_M} = 100 \frac{(Z_B - Z_B)(100 - Z_M - C)}{(Z_M - Z_B)(100 - Z_B - C)}, \quad \% \quad (1.43)$$

Определенное значение $У$ является так называемым удержанием за один проход. Общее удержание, или степень использования $И$, определяется с учетом использования оборотной воды, мапинного брака и массы, уловленной на массоулавливающей аппаратуре

$$И = 100 \frac{K_H}{K_3}, \quad \% \quad (1.44)$$

где K_3 — количество в. с. наполнителя, загружаемого в массу для выработки B кг бумаги, кг; K_H — количество в. с. наполнителя, содержащегося в B кг бумаги брутто на накате, кг,

$$K_H = \frac{BH_B}{100 - e}, \quad \text{кг} \quad (1.45)$$

где B — количество в. с. бумаги брутто на накате, кг; H_B — содержание а. с. наполнителя в а. с. бумаге, %; e — влажность в. с. бумаги, %.

1.6.2.2. Теоретические основы механизма удержания наполнителей

Производство бумаги будет более рентабельным, если безвозвратные потери используемых волокнистых полуфабрикатов и химикатов будут минимальными. С экономической точки зрения важным является показатель

общего удержания, рассчитанного для длительного промежутка времени и для всего технологического цикла бумажной фабрики, включая внутрицеховую систему улавливания волокна и наполнителей. Если количество использованного за какой-то промежуток времени компонента композиции бумаги или картона принять за 100 %, то разница между 100 % и процентом общего удержания составит безвозвратные потери. Чем ближе к нулю процент безвозвратных потерь, тем рентабельнее работает предприятие, тем меньше загрязнение сточных вод и расходы на их очистку [56, 67].

С технологической стороны процесса больше связано так называемое *однопроходное удержание*, т. е. удержание, рассчитанное по формуле (1.43). Однопроходное удержание должно быть оптимальным, так как чрезмерно высокое удержание при определенных обстоятельствах может отрицательно сказаться на равномерности макроструктуры бумаги.

Необходимость совершенствования процесса удержания определяется следующими факторами:

возрастающим значением экологических проблем;

увеличением степени замкнутости цикла и требуемой при этом более тщательной очистки оборотной воды;

расширением сырьевой базы (макулатура, коротковолокнистые полуфабрикаты, полуфабрикаты высокого и сверхвысокого выхода);

увеличивающейся скоростью бумагоделательных машин;

удорожанием машинного времени;

новыми технологиями формования бумаги и картона;

интенсификацией отдельных физико-химических процессов (флокуляции, фильтрации, седиментации, флотации и т. д.).

Удержание наполнителей связано с фильтрационными и коллоидно-химическими явлениями, протекающими при подготовке бумажной массы и на сеточном столе бумагоделательной машины. Степень удержания наполнителей в бумаге определяется количеством наполнителя, связанного тем или иным способом с волокном, и способностью этих связей противостоять скалывающим нагрузкам, возникающим при перемешивании и перемещении бумажной массы, а также при формовании бумажного полотна. Таким образом, для повышения степени удержания необходимо создание условий, при которых наибольшее количество наполнителя будет связано с волокном достаточно прочно [57, 60].

Процесс наполнения можно условно разделить на три стадии, принципиально отличающиеся друг от друга характером протекающих явлений. Все эти стадии протекают в гетерогенной системе, достаточно разбавленной для обеспечения сравнительно свободного перемещения частиц, составляющих систему.

Для 1-й стадии процесса характерно отсутствие в системе каких-либо коагулянтов и флокулирующих веществ. В этом случае связь наполнителей с целлюлозным волокном может возникнуть только в результате преодоления энергетического барьера, существующего между двумя отрицательно заряженными поверхностями. Возникающая при преодолении энергетического барьера связь «волокно—наполнитель» обусловлена силами межмолекулярного взаимодействия (силами Ван-дер-Ваальса). Невысокая удерживаемость наполнителей объясняется наличием небольшого числа частиц, преодолевающих энергетический барьер, и малыми энергиями ван-дер-ваальсовского взаимодействия.

2-я стадия процесса наполнения характеризуется наличием в системе низкомолекулярных коагулирующих электролитов, чаще всего солей алюминия. Сорбция ионов алюминия или продуктов их гидролиза ведет к снижению отрицательного заряда, иногда к перезарядке наполнителя. Суммарный заряд системы приближается к изоэлектрической точке, энергетический барьер и силы электростатического притяжения исчезают. Это способствует образованию большего числа связей «волокно—наполнитель» и росту прочности образующихся агрегатов, что увеличивает удерживаемость наполнителя.

3-я стадия процесса наполнения характеризуется введением в систему различных высокомолекулярных флокулянтов и происходящим процессом флокуляции, т. е. образованием агрегатов «волокно—наполнитель», связь внутри которых обеспечивается прочными полимерными мостиками. При этом степень удержания значительно возрастает.

Высокая степень удержания компонентов бумажной массы на сетке бумагоделательной машины обуславливает следующие преимущества:

снижение концентрации в напорном ящике и в оборотной воде (улучшение формования, улучшение качества бумаги, снижение загрязненности оборудования, увеличение производительности, снижение потерь при очистке и сортировании, снижение затрат на полуфабрикаты и химикаты);

эффективное использование наполнителей (лучшее распределение наполнителей в массе, улучшение макроструктуры бумаги);

снижение потерь волокна и наполнителей, уходящих в стоки (снижение затрат на очистку стоков, выполнение законодательных норм, улучшение экологических аспектов производства);

более полное использование добавок благодаря увеличению удержания мелкого волокна (сохранение клея, красителей, других добавок, снижение потерь добавок в стоках, снижение БПК и ХПК в стоках);

возможность увеличения степени замкнутости системы циркуляции оборотной воды (снижение расхода воды, энергии).

1.6.2.3. Системы фиксации наполнителей

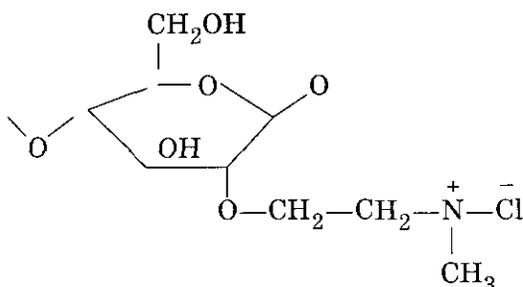
Системы фиксации — комплекс химических вспомогательных веществ (ХВВ), обеспечивающих оптимальное протекание физико-химических процессов (сорбции, коагуляции, флокуляции, осаждения и т. д.) для достижения необходимой степени удержания.

Коагулянты — неорганические и синтетические органические вещества, обладающие сильным катионным зарядом и низкой молекулярной массой (соли алюминия — квасцы, сульфат алюминия, полиоксихлорид алюминия). Коагулянты, сорбируясь на волокне и частицах наполнителя, снижают их отрицательный заряд, вплоть до перезарядки наполнителей, и подводят систему к изоэлектрическому состоянию.

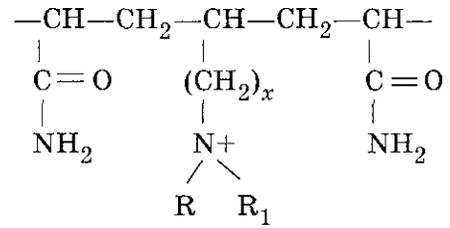
Флокулянты — синтетические полимерные продукты, обладающие высокой молекулярной массой, неионогенные либо имеющие катионный или анионный заряд.

Наиболее характерными флокулянтами являются:

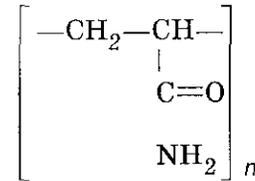
катионный крахмал



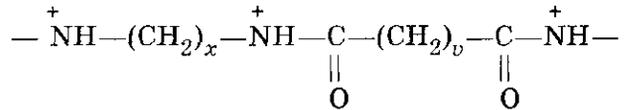
катионный полиакриламид



анионный полиакриламид



полиамидамин



На эффективность полимеров-флокулянтов влияют тип мономерных звеньев в полимере, заряд полимера, молекулярная масса, конфигурация (линейная, разветвленная, сшитая, псевдокристаллическая и др.), природа (натуральные или синтетические). Большинство полимеров-флокулянтов — полиэлектролиты, т. е. вещества, диссоциирующие в воде на макромолекулярный полиион с положительным (поликатион) или отрицательным (полианион) зарядом и низкомолекулярный противоион.

К неионогенным полимерам-флокулянтам относятся эфиры целлюлозы и сополимеры эфиров целлюлозы и акриламида, обладающие исключительно высокой молекулярной массой и эффективностью.

Эффективность синтетических полиэлектролитов может привести к макрофлокуляции, т. е. к образованию крупных хлопьев, ухудшающих макроструктуру бумажного полотна. Эти хлопья необходимо диспергировать, что уменьшает удержание.

Существуют специальные добавки — микрочастицы, вводимые в поток перед отливом, которые объединяют разрушенные макрофлокулы в микрофлокулы, что значительно увеличивает степень удержания. Микрочастицы могут быть неорганические (бентонит, кремнезоль) или синтетические органические (полифлекс). Микрочастицы имеют трехмерную структуру, субмикронные размеры и чаще всего сильный анионный заряд.

Влияние химических вспомогательных веществ на основные технологические параметры показано в табл. 1.65.

Для правильного подбора системы фиксации следует предварительно определить ряд параметров мокрой части, а именно:

значение рН среды (кислая — 4,0...6,0, нейтральная — 6,5...7,5, слабощелочная — 8,0...9,0);

удельную электропроводность, зависящую от количества ионизированного вещества, главным образом от содержания солей; соли оказывают экранирующий эффект на заряженные функциональные группы, снижая их активность; удельную электропроводность обычно выражают в микросименсах на сантиметр (мкСм/см);

дзета-потенциал, или электрокинетический потенциал, наличие которого у компонентов бумажной массы обуславливает существование сил отталкивания между ними; для оптимального удержания дзета-потенциал системы должен быть близок к нулю; обычно выражают в милливольтках (мВ).

катионную или анионную потребность; катионная потребность обусловлена растворенными анионными веществами, называемыми анионными загрязнениями (соответственно для анионной потребности — катионными загрязнениями).

Катионная (анионная) потребность влияет на процессы проклейки, наполнения, обезво-

живания и может являться причиной их неудовлетворительного протекания. Значения катионной (анионной) потребности выражаются в микромолях на 1 кг фильтрата бумажной массы (мкмоль/кг).

1.6.2.4. Влияние технологических параметров на удержание наполнителей

Концентрация бумажной массы при отливе. Снижение концентрации в напускном устройстве уменьшает степень удержания. Высокая степень разбавления бумажной массы увеличивает расстояния между частицами компонентов, что способствует их подвижности. Уменьшение связеобразования в бумажной массе ослабляет образовавшиеся агломераты частиц, и они легче разрушаются при приложении нагрузок (сортирование, перемешивание, перемещение). Для сохранения необходимой степени удержания требуются большие расходы флокулянтов либо использование более эффективных систем фиксации.

Другой причиной снижения удержания при разбавлении бумажной массы является необходимость форсирования обезвоживающих нагрузок. При этом скорость удаления воды на сеточном столе возрастает, соответственно возрастают скалывающие нагрузки и провал наполнителя под сетку.

Масса 1 м² бумаги. Чем выше масса 1 м² бумаги, тем более высокой следует ожидать степень удержания наполнителей.

При повышении массы 1 м² бумаги, как правило, увеличивают концентрацию массы в напускном устройстве, увеличивается скорость образования на сетке волокнистого фильтрующего слоя, снижается скорость обезвоживания. Все это способствует увеличению удержания наполнителей в бумаге.

Номер сетки. Общепринятое мнение, что с увеличением номера сетки возрастает удержание наполнителя, нуждается в корректировке. Обезвоживание непосредственно через сеточную ткань заканчивается почти мгновенно при контакте бумажной массы с сеткой, поскольку сразу же начинается образование волокнистого фильтрующего слоя. Поры волокнистого слоя значительно тоньше, чем ячейки сетки, поэтому удерживаемость при прочих равных условиях определяется именно пористой структурой волокнистого фильтрующего слоя.

Таблица 1.65
Влияние химических вспомогательных веществ на технологические параметры

Вещество	Технологические параметры			
	Обезвоживание	Удержание	Макроструктура	Прочность
Соединения алюминия:				
кислая среда	+	+	-	-
нейтральная среда	0	+	0	+
Крахмал				
нативный (анионный)	-	-	+	+
катионный	+	+ / 0	+ / 0	+
Полиакриламид катионный	+	+	- / 0	0
Упрочняющие катионные полимеры (полиэтиленамин, полиамины и т. д.)	+	+	-	+
Системы микрочастиц (бенгонит, силиказоль, полифлекс)	0	+	+	+ / 0

Примечание. «+» — положительное влияние; «-» — отрицательное влияние; 0 — нет влияния.

Вид волокна и степень помола. Как правило, более коротковолокнистые виды целлюлозы способствуют повышению удержания благодаря формированию более плотного фильтрующего слоя на сетке. По этой же причине положительно влияет на степень удержания увеличение степени помола целлюлозных полуфабрикатов.

Однако при использовании в композиции заметных количеств древесной массы достижение высокой степени удержания затрудняется. Это связано как с особенностями поверхности древесномассных волокон, так и с увеличенным провалом коротковолокнистых фракций древесной массы, увлекающих за собой и частицы наполнителя [56].

Количество введенного наполнителя. По содержанию наполнителей различные виды бумаги классифицируются следующим образом:

беззольные, т. е. не содержащие наполнителей, а имеющаяся зольность, как правило, менее 1 %, обусловлена естественной зольностью волокнистых полуфабрикатов;

малозольные с содержанием наполнителя 1...5 %;

среднезольные с содержанием наполнителя 5...15 %;

высокозольные с содержанием наполнителя свыше 15 %.

Чем больше наполнителя введено в бумажную массу, тем труднее его удержать, соответственно меньше степень удержания. При высоком содержании наполнителя в бумажной массе увеличивается количество частиц, которые должны быть связаны с волокнами, что требует увеличения расходов флокулянтов [58].

Вид наполнителя. Характеристики наполнителя по убыванию степени влияния на удерживаемость можно расположить в следующий ряд:

- степень дисперсности;
- форма частиц;
- плотность;
- химическая инертность (растворимость);
- дзета-потенциал.

При использовании современных систем фиксации лучше удерживаются высокодисперсные наполнители. Мелкие частицы более прочно связываются в микрофлокулы и медленнее оседают при формировании волокнистого фильтрующего слоя, что особенно важно при отливе на плоской сетке. Быстро оседающие крупные частицы наполнителя активно вымываются с сеточной стороны листа.

Лучше удерживаются наполнители с пластинчатой и удлиненной формой частиц (тальк).

Наполнители с формой частиц, приближенной к сферической, удерживаются в меньшей степени.

Более высокая плотность (удельная масса) наполнителя отрицательно сказывается на степени удержания. Так, диоксид титана, несмотря на очень высокую дисперсность, удерживается хуже большинства наполнителей, так как более тяжелые частицы TiO_2 требуют более прочных связей с волокном для сохранения необходимой устойчивости микрофлокул.

Растворимость наполнителей в воде значительно снижает удержание. Особое значение эта характеристика имеет для карбоната кальция, растворяющегося в кислой среде. Это свойство карбоната кальция исключает его использование при значении pH 4,0...5,5, характерном для бумажной массы с квасцами или сульфатом алюминия.

При прочих равных условиях наполнитель с высоким значением дзета-потенциала удерживается хуже, поскольку увеличивается его электростатическое отталкивание при контакте с волокном. Однако при использовании современных систем фиксации влияние исходного значения дзета-потенциала частиц наполнителя не является существенным.

1.6.3. ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ХОД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СВОЙСТВА БУМАГИ

В литературе сформулирован перечень свойств, которыми должен обладать идеальный наполнитель:

- высокая степень белизны;
- высокий коэффициент преломления световых лучей;
- хорошая кроющая способность (оптимальное соотношение размеров частиц наполнителя и длин волн видимого спектра);
- низкая плотность для предотвращения разносторонности бумаги;
- мягкость, обеспечивающая незначительную абразивность;
- полная нерастворимость в воде и химическая нейтральность;
- высокое удержание в бумаге;
- низкая стоимость;
- низкая вязкость суспензий;
- экологическая безопасность.

Наполнителя, в полной мере отвечающего этим требованиям, не существует. Степень соответствия реально используемых в производ-

стве наполнителей данным требованиям определяет их распространенность и конкурентоспособность.

Существует комплекс показателей бумаги, в значительной степени зависящих от содержания наполнителей и связанных с изменением связеобразования в процессе наполнения. К ним относятся механическая прочность бумаги, ее гигроскопичность, деформационные характеристики, степень проклейки и влагопрочности. Влияние наполнителей на межволоконное связеобразование следует считать однозначно отрицательным. Наполнитель, особенно крупнодисперсный, располагаясь между волокнами, препятствует их сближению на расстояния, необходимые для образования прочной водородной связи. Одновременно частицы наполнителя, сорбируясь на поверхности волокна, блокируют гидроксилы, потенциально способные к образованию межволоконных связей. Это явление, очевидно, более характерно для высокодисперсных наполнителей, хотя бы в силу большего числа частиц при одинаковом содержании наполнителей в бумаге. Но в целом снижение показателей прочности бумаги следует связывать как с расклинивающим действием наполнителей, так и с блокированием активной поверхности волокон. Уменьшение деформации бумаги и сохранение стабильности ее размеров объясняется меньшей усадкой при сушке, а также менее интенсивным образованием связей между волокнами.

Повышение гигроскопичности бумаги, снижение степени проклейки и трудности с приданием влагопрочности в присутствии наполнителей определяются ростом пористости бумаги в результате расклинивающего действия частиц наполнителя.

Одновременно с блокирующим и расклинивающим действием наполнителей следует учитывать и то обстоятельство, что при увеличении содержания инертного наполнителя в бумаге снижается количество растительных волокон, способных к образованию связей: при одной и той же массе 1 м^2 в наполненной бумаге на 15...20 % меньше активного компонента композиции, чем в бумаге без наполнителя. Поэтому показатели прочности, соотносимые к массе 1 м^2 бумаги, будут иметь стабильно более низкие показатели у наполненных видов бумаги. Это положение справедливо для пигментированных и мелованных видов бумаги и картона.

Влияние наполнителей на ход технологических процессов. Наиболее существенное влияние наполнители оказывают на процесс

проклейки бумаги и картона. Чем выше содержание наполнителей, тем сложнее получить бумагу с высокой степенью проклейки. Это связано с ростом пористости наполненной бумаги. Крупнодисперсные наполнители снижают степень проклейки в большей степени, чем высокодисперсные. Распространенные наполнители в порядке увеличения отрицательного влияния на проклейку располагаются в следующий ряд: карбонат кальция, тальк, каолин, двуокись титана.

В присутствии наполнителей снижаются смоляные затруднения в производстве бумаги. Частицы вредной смолы и наполнителей взаимодействуют между собой, образуя агломераты значительно меньшей липкости. Благодаря более крупным размерам эти агломераты осаждаются на ранних стадиях технологического процесса и не загрязняют одежду машин и готовую продукцию. В этом отношении особенно эффективен тальк, обладающий высокой органотфильностью и пластинчатой формой частиц. В присутствии сравнительно небольших количеств талька (10...40 кг/т) смоляные затруднения значительно уменьшаются.

Присутствие наполнителя изменяет реологические характеристики бумажной массы, ее вязкость существенно снижается и соответственно уменьшается расход энергии на перемешивание бумажной массы и ее транспортировку.

Бумажная масса, содержащая наполнитель, быстрее обезвоживается, в результате чего возрастает сухость после сеточной и прессовой частей. Увеличивается также скорость сушки бумажного полотна вследствие увеличения пористости бумаги.

Присутствие в бумажной массе наполнителей отрицательно сказывается на работе одежды машин, особенно в мокрой части. Они оказывают абразивное действие на формирующие сетки и забивают поры прессовых сукон. Применение высокодисперсных наполнителей, а также наполнителей с меньшей абразивностью снижает абразивный износ формирующей сетки.

Необходимо стремиться к более высокому однопроходному удержанию наполнителей. При этом меньше наполнителя оказывается между сеткой и крышками отсасывающих ящиков, а также в отходящей от зоны прессования воде, попадающей в поры прессовых сукон.

Влияние наполнителей на свойства бумаги. Присутствие наполнителей в бумаге и картоне оказывает как положительное, так и отрицательное влияние на показатели их качества (табл. 1.66).

Таблица 1.66
Влияние наполнителей на свойства бумаги

Увеличивают показатель	Уменьшают показатель
Объемная масса	Механическая прочность
Воздухопроницаемость	Степень проклейки
Впитывающая способность	Влагопрочность
Пылимость	Деформация
Гладкость и лоск	
Белизна	
Непрозрачность	
Печатные свойства	
Долговечность	
Равномерность макроструктуры	
Разносторонность	

Степень влияния наполнителей на вышеперечисленные показатели зависит от вида и количества вводимого наполнителя, а также применяемой системы их фиксации в бумажной массе и совокупности присутствующих в ней химических реагентов.

При увеличении содержания наполнителя в бумаге уменьшается ее толщина при постоянной массе 1 м^2 . Установлено, что чем выше степень дисперсности наполнителя, тем в большей степени снижается толщина бумаги и, соответственно, увеличивается ее плотность.

Воздухопроницаемость бумаги увеличивается при повышении содержания в ней наполнителя. Это явление напрямую связано с ростом пористости бумаги, которая значительно увеличивается при использовании крупнодисперсных наполнителей.

С увеличением содержания наполнителя возрастает непрозрачность бумаги, особенно при использовании высокодисперсных наполнителей и наполнителей с высоким коэффициентом преломления. Наиболее эффективно непрозрачность увеличивает диоксид титана.

Наполнитель положительно влияет на деформацию бумаги при увлажнении, т. е. стабильность ее размеров. Эти характеристики зависят от развития межволоконного связеобразования, и поскольку наличие наполнителя снижает интенсивность связеобразования, соответственно снижается деформация бумаги при намокании и последующем высыхании.

Наполнители благоприятно влияют на печатные свойства бумаги (гладкость, лоск, мягкость, красковосприимчивость, сжимаемость, белиз-

на, светостойкость и т. д.). Следует отметить, что гладкость и лоск наполненной бумаги резко увеличиваются в процессе каландрирования на мягком каландре или суперкаландре.

Белизна и светостойкость бумаги увеличиваются при повышении белизны и коэффициента преломления наполнителя.

Красковосприимчивость связана с увеличением пористости и впитывающей способности бумаги, а также с ее мягкостью и сжимаемостью. Все эти показатели улучшаются с ростом содержания наполнителя и увеличением его дисперсности.

Увеличение содержания наполнителя способствует созданию более равномерной макроструктуры бумаги благодаря улучшению формования бумажного полотна на сеточном столе, снижению хлопьеобразования и равномерному распределению высокодисперсных частиц наполнителя между целлюлозными волокнами.

В то же время с увеличением содержания наполнителей снижаются показатели прочности бумаги, особенно сильно сопротивления излому, разрыву, продавливанию, в меньшей степени — раздиранию. С ростом содержания наполнителя уменьшается прочность поверхности, что приводит к повышенной пылимости и снижению сопротивления выщипыванию.

Повышенное содержание наполнителя увеличивает разносторонность бумаги, особенно при формировании на плоском сеточном столе.

Наполнение в нейтральной или слабощелочной среде. Преимущества отлива бумаги в нейтральной или слабощелочной среде обусловлены главным образом отказом от использования значительных количеств глинозема и возможностью применения карбоната кальция как в качестве наполнителя бумаги-основы, так и в виде компонента меловального покрытия.

Для проклейки в нейтрально-щелочных средах в качестве заменителей классическому канифольному клею разработаны и внедрены в производство синтетические проклеивающие вещества.

Нейтральный и слабощелочной способы производства бумаги с использованием карбоната кальция в качестве наполнителя имеют ряд преимуществ по сравнению с классической технологией отлива в кислой среде с наполнителем каолином. Наиболее существенные из них для самой бумаги связаны с прочностью, белизной и долговечностью, а для процессов бумажного производства — с размолом, обезвоживанием и сушкой.

Эффективность анионоактивных оптических отбеливателей усиливается в нейтральной и слабощелочной средах. Это связано с отсутствием в системе сульфата, который подобно всем катионоактивным добавкам снижает эффективность анионных оптических отбеливателей. Высокий уровень белизны карбонатных наполнителей позволяет экономить до 80 % оптических отбеливателей по сравнению с кислым способом производства бумаги.

При работе в нейтральных и слабощелочных условиях повышается прочность бумаги. Это позволяет при сохранении неизменного уровня прочности поднять на 3–5 % зольность бумаги. Повышению прочности способствует также более благоприятный режим размола (слабощелочная среда, отсутствие минерализации и соединений алюминия). Другим важным фактором, способствующим упрочнению, является высокая степень удержания крахмала в мокрой части бумагоделательной машины и хорошая восприимчивость к крахмалу в клеильном прессе.

Отказ от использования сульфата алюминия и низких значений pH способствует значительному повышению стойкости бумаги по отношению к старению.

Карбонат кальция, действующий как буферное соединение в процессе кислого гидролиза древесных волокон при длительном хранении бумаги, придает ей высокую устойчивость к старению. В процессе переработки нейтральная или слабощелочная бумага теряет свою прочность и белизну в значительно меньшей степени, чем бумага, произведенная в кислых условиях.

Слабощелочная среда и низкая минерализация обеспечивают меньшую энергоемкость размола по сравнению с кислой средой. Экономия электроэнергии может достигать 20–

25 %. При этом надо учитывать возможное снижение пористости бумаги.

Более благоприятное протекание процесса обезвоживания и сушки связано с отсутствием гидроксокомплексов алюминия в волокнистом слое и наличием карбоната кальция в качестве наполнителя. По сравнению с каолином карбонат кальция создает более микропористую структуру бумаги. Кроме того, карбонатные наполнители более гидрофобны, чем каолин. Эти преимущества могут трансформироваться в экономию пара или повышение производительности буммашины.

Вследствие меньшей минерализации нейтральные или слабощелочные системы позволяют осуществить более полное замыкание цикла оборотного водопользования, что способствует лучшему обезвоживанию благодаря повышению температуры бумажной массы.

Благодаря сильному буферному действию карбонат кальция поддерживает значение pH системы на стабильном уровне в диапазоне 7,2...8,4.

Удерживающие или фиксирующие системы в нейтральной и слабощелочной средах работают без соединений алюминия. Наиболее широко применяется сочетание модифицированного крахмала и полимерных флокулянтов. В качестве последних можно рекомендовать полиэтиленамин с последующим введением анионного полиакриламида. Высокоэффективными системами удержания являются системы на основе модифицированного катионного крахмала или катионного полиакриламида в сочетании с коллоидным диоксидом кремния или анионным бентонитом.

Для снижения смоляных затруднений в нейтральной или слабощелочной среде можно использовать катионные синтетические полимеры со средней молекулярной массой.

1.7. ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ БУМАЖНОЙ МАССЫ К ОТЛИВУ

1.7.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПОДГОТОВКИ БУМАЖНОЙ МАССЫ К ОТЛИВУ

Система подготовки бумажной массы к отливу является необходимой составной частью общей схемы бумаго- и картоноделательных машин. Назначение этой системы — окончательная подготовка бумажной массы перед подачей ее в напорный ящик машины. Окончательная подготовка решает следующие задачи:

разбавление массы после машинного бассейна;

окончательная очистка массы от посторонних включений, попадающих в нее при составлении композиции;

удаление пучков, лепестков и сгустков волокон из массы перед подачей ее на машину; удаление содержащегося в массе воздуха (деаэрация).

Система подготовки бумажной массы перед отливом включает отдельные блоки — подсистемы (модули). Это блоки разбавления массы, вихревых очистителей, удаления воздуха из массы, машинных напорных сортировок. Составной частью системы являются насосы, арматура и коммуникации для перемещения бумажной массы, отходов, оборотной и чистой воды. В зависимости от вида полуфабрикатов и требований к продукции отдельные блоки подготовки массы могут совмещать некоторые функции или отсутствовать. В случае выпуска многослойной

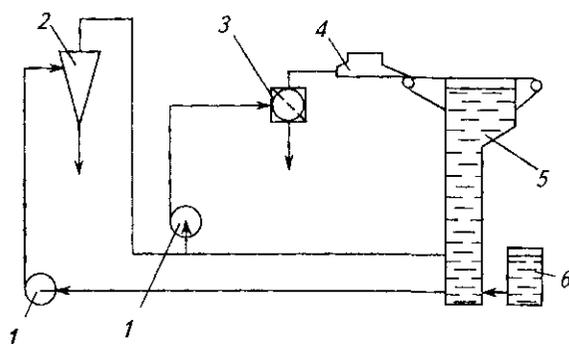


Рис. 1.37. Схема системы подготовки массы с двухступенчатым ее разбавлением:

1 — смесительные насосы; 2 — вихревой очиститель; 3 — машинная сортировка; 4 — напорный ящик; 5 — бак подсеточной воды; 6 — машинный бассейн

продукции (картон, бумага-основа и др.) для каждого слоя необходимо иметь свою отдельную систему подготовки массы перед отливом. Работа всех элементов схемы подготовки должна контролироваться системой автоматических измерений и регулирования. Конструкция и режимы эксплуатации отдельных блоков и элементов системы оказывают существенное влияние на качество бумажного полотна и работу бумагоделательной машины в целом.

Волокнистые полуфабрикаты (целлюлоза, древесная масса, макулатура), поступающие на бумажную фабрику, уже прошли очистку в соответствующих отделах, и должны содержать минимум загрязнений. Соответственно и уровень отходов и потерь волокна на данной стадии подготовки должен быть низким.

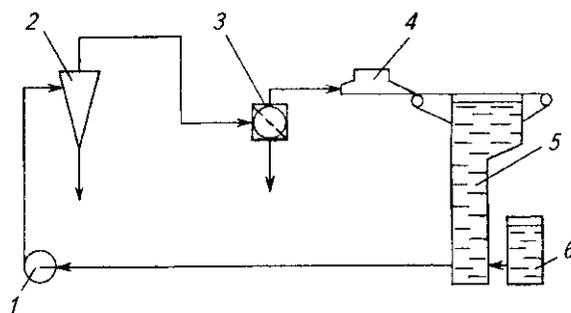


Рис. 1.38. Схема системы подготовки массы с одноступенчатым ее разбавлением:

1 — смесительный насос; 2 — вихревой очиститель; 3 — машинная сортировка; 4 — напорный ящик; 5 — бак подсеточной воды; 6 — машинный бассейн

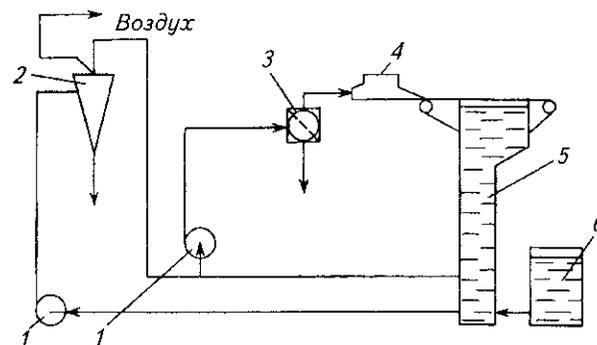


Рис. 1.39. Схема системы подготовки с двухступенчатым разбавлением массы и удалением легких включений и воздуха:

1 — смесительные насосы; 2 — вихревой очиститель для удаления тяжелых и легких включений и воздуха; 3 — машинная сортировка; 4 — напорный ящик; 5 — бак подсеточной воды; 6 — машинный бассейн

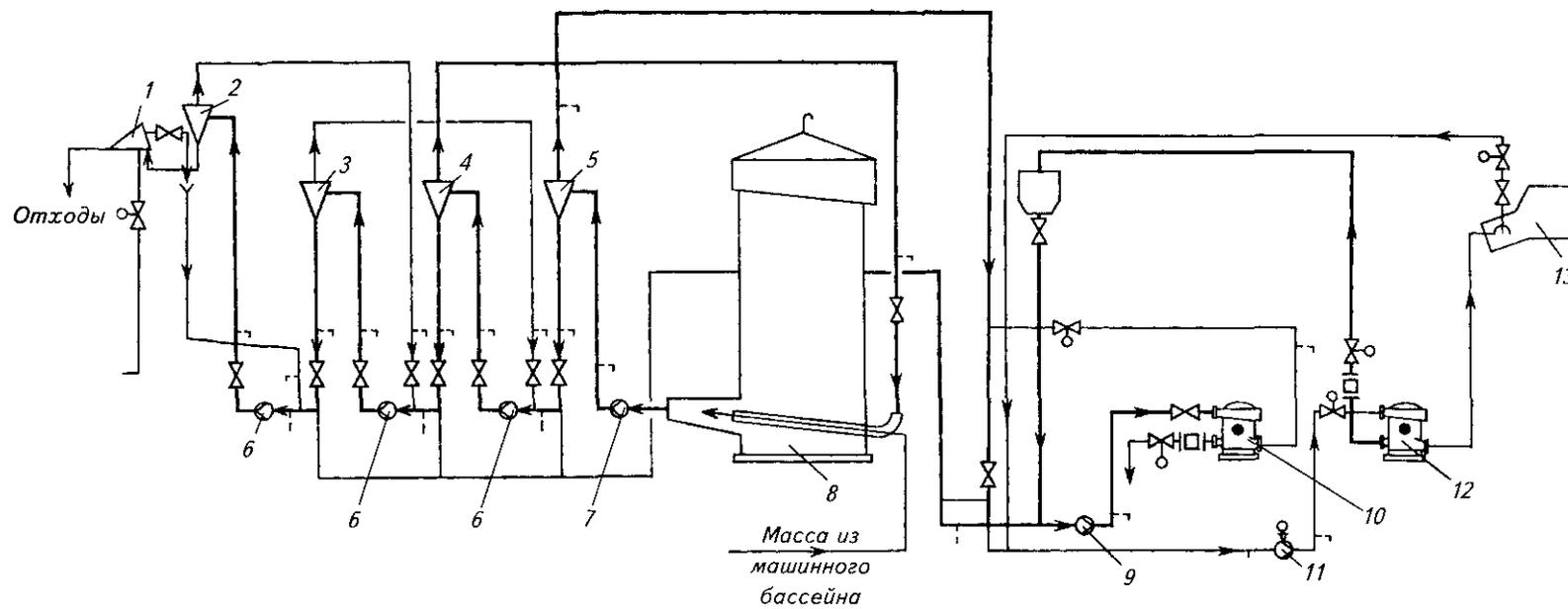


Рис. 1.40. Технологическая схема подготовки массы к отливу с двухступенчатым разбавлением:

1 — Fibermizer; 2-5 — вихревые очистители 4-, 3-, 2- и 1-й ступеней соответственно; 6, 7, 9, 11 — смешивальные насосы; 8 — подсеточный колодец; 10, 12 — машинные сортировки 2 й и 1-й ступени соответственно; 13 — напорный ящик

Типовые технологические схемы подготовки массы перед подачей на бумагоделательную машину с одноступенчатым и двухступенчатым разбавлением массы без ее деаэрации представлены на рис. 1.37–1.39.

При низкой концентрации в напорном ящике (менее 0,4...0,5 %) обычно применяют систему с двухступенчатым разбавлением массы (см. рис. 1.37). Первое разбавление массы происходит перед системой вихревых очистителей до концентрации 0,7...1,0 %, а второе — перед машинными сортировками до требуемой концентрации массы в напорном ящике. Это позволяет значительно уменьшить размер системы вихревых очистителей.

Системы с двойным разбавлением применяются также в случаях производства широкой номенклатуры бумаг с различной массой 1 м^2 , что часто связано с изменениями объемного расхода массы. В системе с двухступенчатым разбавлением благодаря возможности сохранения на вихревых очистителях постоянства расхода массы (по объему) и соблюдения заданного перепада давления обеспечивается более стабильная работа оборудования. Однако для устойчивой работы системы с двухступенчатым разбавлением требуется достаточное количество воды для 2-й ступени разбавления.

В остальных случаях обычно применяют одноступенчатую систему разбавления (см. рис. 1.38), когда масса перед системой очистителей разбавляется до требуемой для напорного ящика концентрации.

Отличительной чертой системы, представленной на рис. 1.39, является использование вихревых очистителей, предназначенных для улавливания и удаления, наряду с тяжелыми, легких включений и воздуха. Это обеспечивает повышение качества массы, подаваемой на буммашину. После вихревых очистителей масса поступает на второй смесительный насос, где дополнительно разбавляется оборотной водой и подается к машинным сортировкам. Наличие этого насоса позволяет обеспечить стабильное и, если необходимо, повышенное давление на входе в машинную сортировку. Данная схема достаточно универсальна и может быть использована для широкого ассортимента продукции.

На рис. 1.40 в качестве примера представлена более подробная технологическая схема подготовки массы к отливу с двухступенчатым разбавлением без специальных устройств для деаэрации.

Бумажная масса поступает из машинного бассейна, разбавляется оборотной водой из

подсечного колодца 8 и смесительным насосом 7 подается на вихревые очистители 1-й ступени 5. Очищенная масса поступает далее на второй смесительный насос 11, где происходит окончательное ее разбавление, затем на машинную сортировку 1-й ступени 12 и в напорный ящик 13. Регулирование потока производится смесительным насосом с частотным регулятором, который получает сигнал от напорного ящика. Отходы 1-й ступени вихревых очистителей разбавляются оборотной водой до концентрации, меньшей, чем концентрация массы, подаваемой на 1-ю ступень очистителей, и поступают на 2-ю ступень очистки 4. Хорошая масса со 2-й ступени подается на 1-ю ступень через подсечный колодец 8, а отходы, после разбавления до концентрации, меньшей, чем на 2-й ступени 4, поступают на 3-ю ступень очистителей 3. Аналогично — с последней ступенью 2. Для окончательного отделения хорошего волокна от загрязнений и минимизации его потерь установлен вихревой очиститель *Fibermizer* 1. Отходы от 1-й ступени сортирования в машинных сортировках 12 после разбавления в смесительном насосе 9 поступают на 2-ю ступень 10. Хорошая масса со 2-й ступени 10 подается на 1-ю ступень 12 — до смесительного насоса 11. Сюда же поступает перелив из напорного ящика 13.

На рис. 1.41 приведена схема подготовки массы перед подачей на машину с использованием специальной системы деаэрации (декулатора). Часть деаэрированной массы через перелив декулатора возвращается обрат-

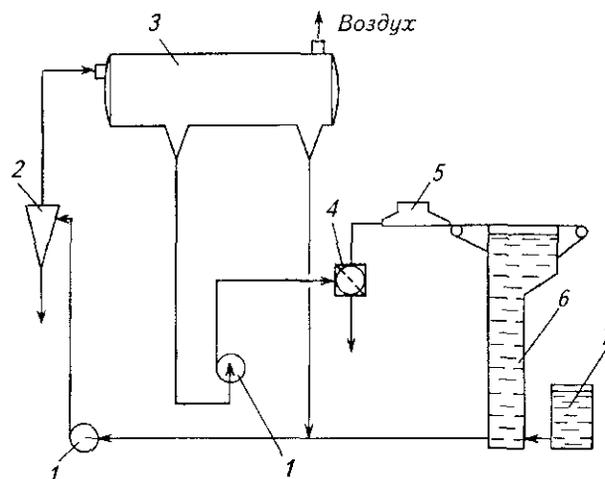


Рис. 1.41. Схема подготовки массы с использованием системы деаэрации:

1 — смесительные насосы; 2 — вихревой очиститель; 3 — декулатор; 4 — машинная сортировка; 5 — напорный ящик; 6 — бак подсечной воды; 7 — машинный бассейн

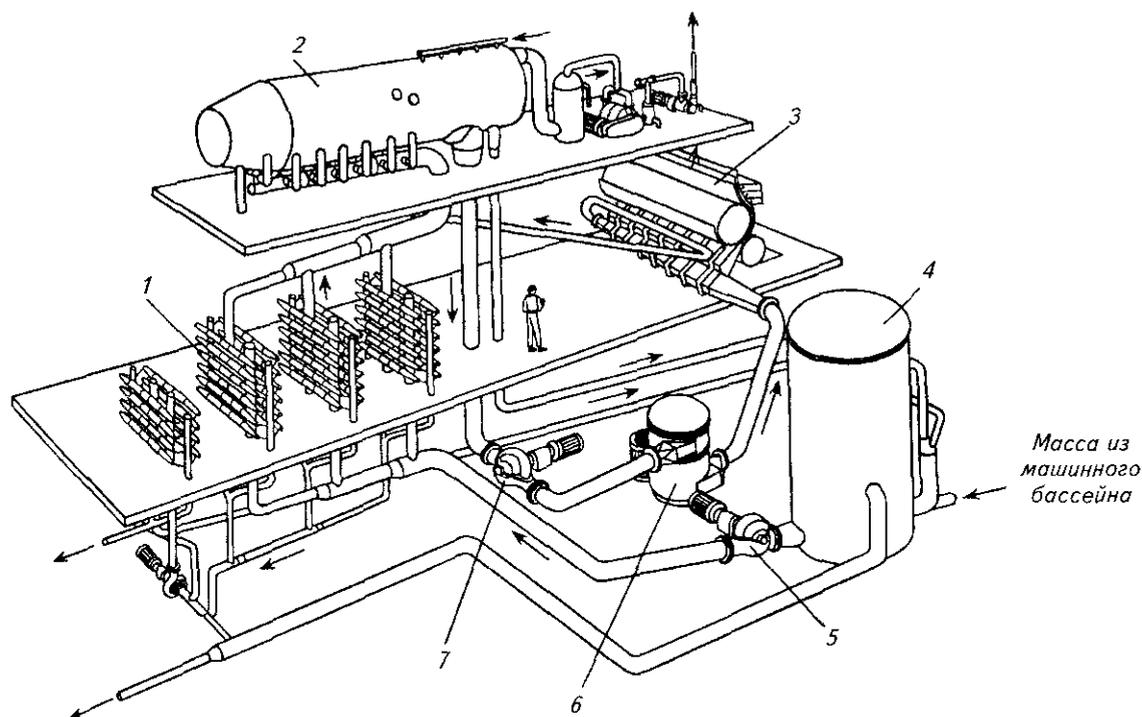


Рис. 1.42. Система очистки и деаэрации массы перед БДМ, разработанная фирмой «Ahlstrom»:
 1 — система вихревых очистителей; 2 — декулятор; 3 — напорный ящик; 4 — бассейн оборотной воды;
 5 — смесительный насос; 6 — центробежная сортировка; 7 — насос

но в систему очистки. Основной поток, после разбавления, перекачивается к машинным сортировкам. Возможно разбавление массы в декуляторе путем подачи в него подсеточной оборотной воды. Данная схема широко распространена в качестве составной части современных высокоскоростных бумагоделательных машин.

На рис. 1.42 представлена более наглядная схема системы подготовки массы к отливу с использованием декулятора, разработанная фирмой «Ahlstrom» (Финляндия).

Густая масса, поступающая из машинного бассейна, разбавляется оборотной водой и перекачивается к установке вихревых очистителей 1, расположенных на одном уровне с бумагоделательной машиной. Система очистителей (каскадного или полукаскадного типа) удаляет из массы загрязнения, такие как частицы сора, костру и т. п. Годная масса от установки вихревых очистителей поступает в декулятор (деаэратор) 2 через сопла низкого давления типа Springjet, которые тонко распыляют массу для удаления присутствующего в ней воздуха. Постоянный уровень в декуляторе поддерживается с помощью специально разработанного перелива Skim Wair. Декулятор должен быть расположен приблизительно на 10 м выше уровня машинного бассейна. Пе-

релив с декулятора возвращается в бак оборотной воды. Деаэрированная масса вытекает из декулятора под действием силы тяжести к питающему насосу 7, который перекачивает ее через центробежные сортировки 6 в напорный ящик 3. Одно-, двух- или трехступенчатое сортирование удаляет пучки волокон и другие загрязнения. Вакуумная система для декулятора состоит из теплообменника и вакуум-насосов, которые совместно обеспечивают вскипание под вакуумом, необходимое для полной деаэрации.

1.7.2. АККУМУЛИРОВАНИЕ БУМАЖНОЙ МАССЫ В МАШИНЫХ БАССЕЙНАХ

Бумажная масса поступает в систему подготовки к отливу из размольно-подготовительного отдела (РПО), где происходит размол волокнистого полуфабриката, его предварительная очистка и составление заданной композиции путем ввода в массу наполнителей, красителей, проклеивающих и других компонентов. Готовая композиция подается в машинный бассейн при концентрации волокон 3,0...4,0 %.

Функциональное назначение машинного бассейна — обеспечение постоянства композиции, концентрации массы и создание буферного запаса для компенсации нарушений равномерности подачи и характеристик массы из РПО.

Постоянство композиции и свойств массы достигается путем непрерывного перемешивания ее в бассейне. В качестве перемешивающих устройств чаще всего используют пропеллерные мешалки. Интенсивность перемешивания можно регулировать изменением частоты вращения или шага перемешивающего элемента (лопастей пропеллера).

Буферный запас массы определяется объемом машинного бассейна, который, в зависимости от производительности машины, выбирают из расчета 10...90 мин работы. По форме бассейны могут быть горизонтальными и вертикальными. Горизонтальные бассейны встречаются у машин старых конструкций. Новые машины оборудуются цилиндрическими вертикальными бассейнами.

1.7.3. РАЗБАВЛЕНИЕ БУМАЖНОЙ МАССЫ

Первой операцией, которой подвергается масса перед подачей на бумагоделательную машину, является разбавление. Для разбавления используют оборотную воду, освобождающуюся на сеточной части машины при обезвоживании бумажного полотна. Степень разбавления массы для отлива зависит от массы 1 м^2 бумаги, рода волокна, степени помола. Наряду с этим имеют значение температура массы, конструкция сеточного стола (длина, мощность отсасывающих ящиков и т. д.).

На малопроизводительных машинах до настоящего времени дозировка воды и массы при разбавлении производится при помощи переливных баков постоянного напора. Их располагают так, чтобы разность уровней в баках и в сборнике регистровой воды была не менее 4...6 м. Обратную воду и массу подают в них насосами из сборника регистровых вод и машинного бассейна соответственно. Из бака постоянного напора обратная вода поступает на разбавление через трубопровод с регулируемой задвижкой. Избыток оборотной воды и массы переливается через перегородку и стекает по трубе обратно в сборник оборотной воды и машинный бассейн.

На быстроходных машинах приходится иметь дело с такими большими потоками обо-

ротной воды и массы, что регулирование смешения их с помощью переливных баков затруднительно. Эту операцию проводят в смесительных насосах. Сама установка получается более простой и компактной. В качестве смесительных насосов могут быть использованы центробежные насосы, выбор которых производится в зависимости от требуемого напора и расхода массы.

Смесительные массные насосы могут перекачивать массу концентрацией до 5%. Для подачи разбавляющей воды во всасывающую линию насоса вваривается труба. Массные насосы являются объектом, вызывающим нежелательные пульсации давления в массе, что следует учитывать при выборе и расчете последующего оборудования. Для обеспечения их нормальной работы давление на всасывающем патрубке должно быть не менее 10 кПа.

В современных схемах для равномерного смешения массы с оборотной водой при разбавлении применяется устройство, представленное на рис 1.43.

Корпус устройства 1 располагают в нижней части сборника подсеточной воды. Густую массу из машинного бассейна насосом подают по трубе 2, введенной внутрь трубы 3, по которой подводится обратная вода. Соотношение скоростей подачи густой массы и оборотной воды в этих трубах должно составлять от 5 до 10. В результате в зоне 5

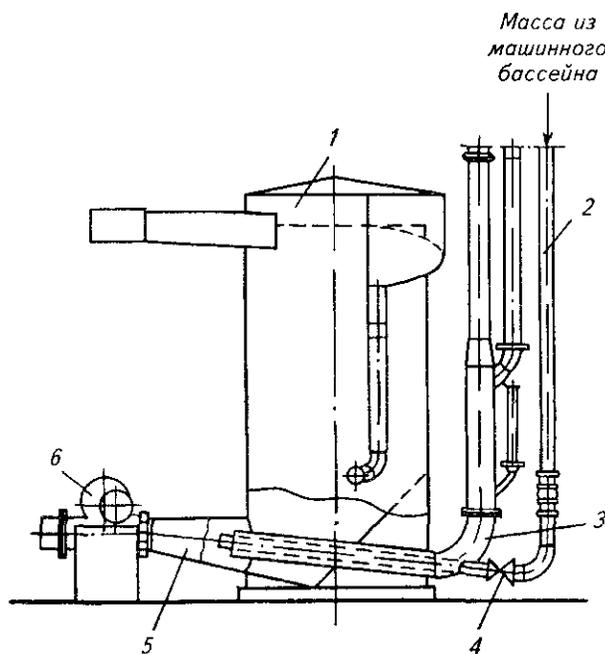


Рис. 1.43. Устройство для разбавления бумажной массы: 1 — корпус; 2, 3 — трубы; 4 — заслонка; 5 — зона выхода компонентов; 6 — смесительный насос

выхода компонентов из труб 2 и 3 внутри потока подсеточной воды перед смесительным насосом 6 наблюдается «взрывной» эффект смешения. С помощью автоматизированной заслонки 4 на подводе густой массы создается концентрация, обеспечивающая требуемую массу 1 м² бумаги на машине. Обычно концентрация массы после смешения с водой составляет 0,1...1,3 % а. с. волокна.

1.7.4. ОЧИСТКА МАССЫ

Предварительно или окончательно разбавленная масса подается смесительным насосом на очистку. От степени очистки волокнистой массы зависят качество вырабатываемой бумаги и работа бумагоделательной машины.

Загрязнения волокнистой массы имеют различное происхождение, форму и размеры. Они представляют собой минеральные и металлические включения, кусочки пленки, резины, волокнистые частицы, лепестки недораспущенного оборотного брака, узелки и сгустки волокон, частицы наполнителей, клеев, частицы костры, коры и др.

Плотность наиболее часто встречающихся загрязнений приведена в табл. 1.67.

Очистка массы от указанных загрязнений производится в вихревых конических очистителях, которые подразделяются на «прямые» — для удаления тяжелых частиц, «обратные» — для отделения легких частиц и «комби» — для отделения легких и тяжелых частиц. Принцип работы вихревых очистителей основан на отделении от волокна частиц, отличающихся от волокна по плотности (массе) или удельной поверхности.

При тангенциальной подаче насосом массы в широкую часть конуса «прямого» очис-

тителя (рис. 1.44, а) внутри него возникают два вихря суспензии: внешний — у стенки конуса, направленный к вершине, и внутренний — по оси конуса, направленный в противоположную от вершины сторону. При движении внешнего вихря тяжелые загрязнения вследствие действия центробежных сил вместе с небольшой частью волокнистой массы движутся вдоль стенки конуса и выходят через патрубок отходов. Остальная часть массы образует восходящий вихревой поток, который удаляется через верхний центральный патрубок для выхода очищенной массы.

В «обратных» вихревых очистителях (например, Cleanpac 270 Revers) роль загрязнений выполняет хорошее волокно, а легкие загрязнения типа пластика, плавких веществ, воска и пенопласта удаляются центральным вихрем через верхнее отверстие (рис. 1.44, б). В очистителях «комби» (например, Albia 500 TDLR) в одном конусе происходит разделение массы на три потока и удаление как тяжелых, так и легких загрязнений и воздуха (рис. 1.44, в). Перед машинами обычно используются очистители тяжелых включений, в отдельных случаях, с целью совмещения очистки и деаэрации массы, применяются очистители «комби» (см. ниже, п. 1.7.6). Очистители «комби» устанавливаются перед машиной при производстве бумаги или картона из макулатурной массы в тех случаях, когда масса была приготовлена без использования «обратных» или «комби»-очистителей.

Для современных схем очистки массы перед отливом на буммашине разработано и используется большое количество разнообразных типов и видов вихревых конических очистителей (см. гл. 1.8).

Системы очистителей обычно устанавливают простым каскадом, когда отходы одной ступени идут на следующую ступень, а хорошая масса — на вход предыдущей,

Таблица 1.67
Плотность типичных загрязнений волокнистой массы

Вид загрязнений	Плотность, г/см ³
Тяжелые:	
металл	6,0...9,0
песок	2,0...2,2
глина	1,8...2,6
чернила	1,2...1,6
Легкие:	
плавкие и клейкие	0,9...1,1
полистирол	0,9...1,1
воск	0,9...1,0
пенопласт	0,3...0,5

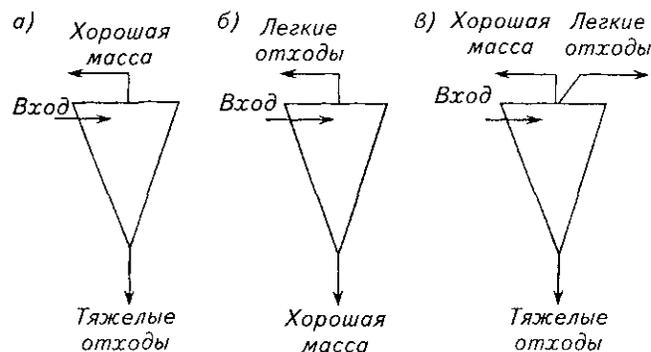


Рис. 1.44. Типы вихревых конических очистителей: а — прямые; б — обратные; в — «комби»

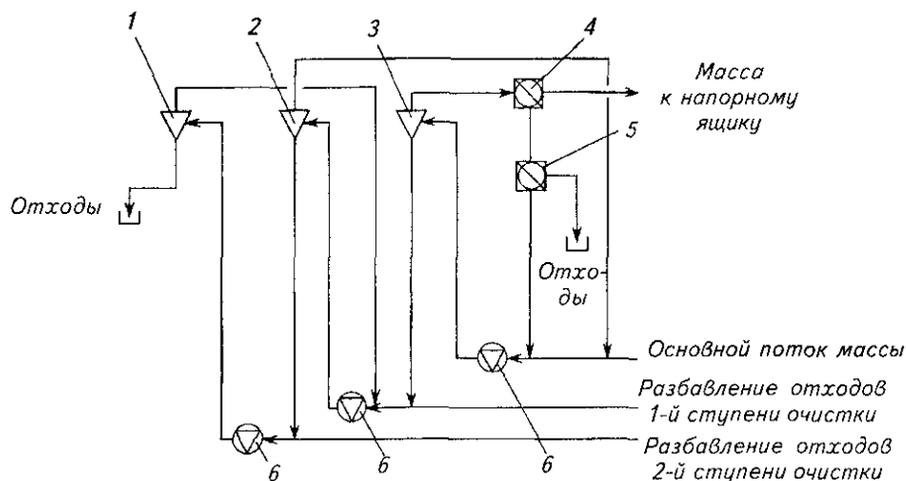


Рис. 1.45. Система очистки простым каскадом:

1-3 — вихревые очистители 3-, 2- и 1-й ступеней; 4, 5 — машинные сортировки 1-й и 2-й ступеней; 6 — смешительные насосы

и так на всех ступенях системы очистки (рис. 1.45). Следует помнить, что, как и во всех многоступенчатых системах обработки массы, основная очистка происходит на 1-й ступени, а остальные служат для возврата волокон, хотя тоже оказывают влияние на эффективность очистки. Число ступеней рассчитывается исходя из минимизации отходов и может отличаться у разных поставщиков на одну ступень.

Для уменьшения потерь наполнителя может применяться схема ломаного (или «бракованного») каскада (рис. 1.46).

Факторы, влияющие на работу очистителей, можно разделить на три группы:

1) конструктивные — диаметр очистителей, конфигурация входной зоны, высота ци-

линдрической зоны, соотношение диаметров впускного и выпускных патрубков, угол конусности, конфигурация внутренней поверхности конуса и др.;

2) рабочие параметры — давление и концентрация массы;

3) характеристика очищаемой суспензии — тип волокна, вид загрязнений (размер, конфигурация, плотность) и их количество.

Из конструктивных факторов наиболее существенным является диаметр очистителя. В очистителях малого диаметра из-за увеличения центробежных сил отделение мелких загрязнений более эффективно, но, с другой стороны, они имеют низкую производительность, что приводит к увеличению количества очистителей в системе и ее стоимости, а также

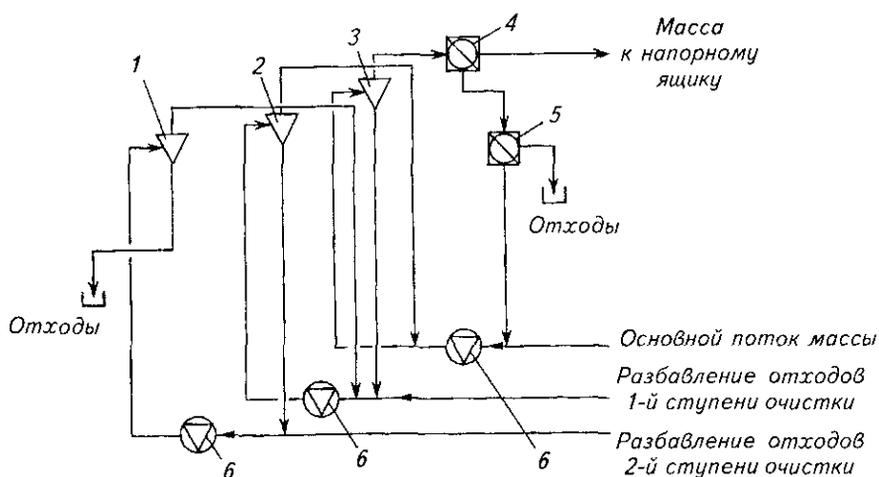


Рис. 1.46. Система очистки ломаным каскадом:

1-3 — вихревые очистители 3-, 2- и 1-й ступеней, 4, 5 — машинные сортировки 1-й и 2-й ступеней; 6 — смешительные насосы



Рис. 1.47. Характер зависимости фактора сгушения от перепада давления (а), количества загрязнений (б) и температуры массы (в)

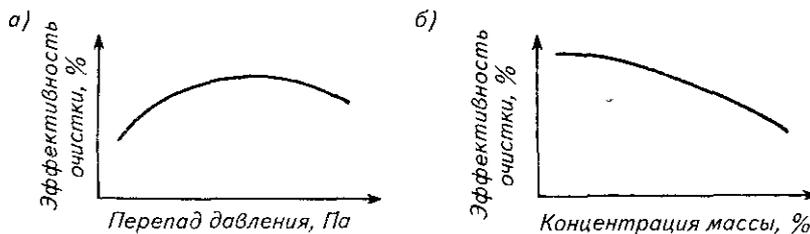


Рис. 1.48. Характер зависимости эффективности очистки от перепада давления (а) и концентрации поступающей массы (б)

высокому риску забивания. Кроме того, из-за малого диаметра конуса в нижней части более крупные загрязнения могут попадать в восходящий поток и, следовательно, в очищенную массу.

При расчете и настройке системы очистителей одним из существенных показателей является фактор сгушения — отношение концентрации отходов к концентрации поступающей массы. При одинаковом количестве отходов по объему, чем выше фактор сгушения, тем выше степень их удаления. Фактор сгушения зависит от перепада давления в очистителе, количества загрязнений и температуры (рис. 1.47).

Эффективность очистки массы определяется отношением количества удаленных загрязнений к количеству их в массе, поступающей на очистку, выраженным в процентах.

Существенное значение для эффективности очистки имеют перепад давлений в очистителе (рис. 1.48, а) и концентрация поступающей массы (рис. 1.48, б). Чем выше перепад давления, тем выше, в определенных границах, эффективность очистки. Характер

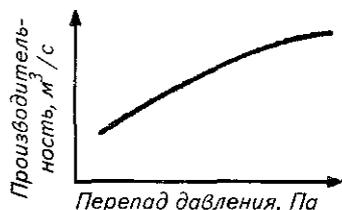


Рис. 1.49. Характер зависимости производительности очистителя от перепада давления

зависимости между производительностью очистителя и перепадом давлений на нем представлен на рис. 1.49.

При работе очистителей во избежание преждевременного их изнашивания и забивания, а также для достижения хорошей эффективности очистки очень важно поддерживать заданный уровень давления.

1.7.5. СОРТИРОВАНИЕ МАССЫ

Сортирование массы в системах подготовки перед отливом на бумагоделательной машине осуществляется в закрытых одно- или двухситовых напорных сортировках с гидродинамическими лопастями. Назначение машинных сортировок — удаление пучков и узелков волокон, защита напорного ящика и сеточной части машины от повреждения посторонними включениями (как «полицейские» сортировки) и дефлокуляция бумажной массы. Машинные сортировки работают на низкой концентрации.

Применяют одну, две, иногда три ступени сортирования. Уровень отходов с одной ступени составляет 3...5 % и на сортировке последней ступени часто устанавливают камеру отходов, которая открывается через определенный промежуток времени или по мере заполнения. Машинные сортировки устанавливаются в непосредственной близости от напорного ящика, чтобы флоккулы не могли

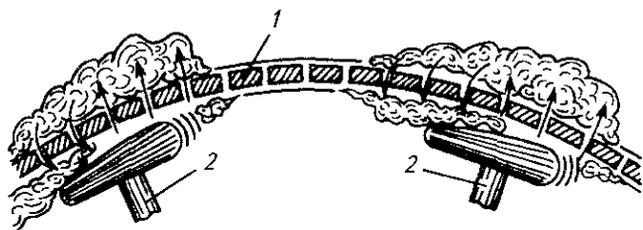


Рис. 1.50. Схема работы напорной сортировки с гидродинамическими лопастями:

1 — сито; 2 — лопасти

образоваться вновь. Для исключения слизобразования и попадания сгустков слизи на бумажное полотно к внутренней поверхности сортировок предъявляются высокие требования по гладкости, а фланцевые соединения должны быть типа «металл—металл».

Одно из основных требований к машинным сортировкам — низкие пульсации. Пульсации при работе напорных сортировок неизбежны. Для сортировок высокой концентрации в размольно-подготовительных отделах они необходимы, так как именно создание ротором знакопеременных давлений обеспечивает процесс сортирования массы и очистку сит (рис. 1.50).

Для процесса же формования полотна пульсации являются негативным фактором, поэтому их частота и интенсивность строго лимитируются. Частота пульсаций определяется скоростью вращения ротора (сита) и количеством лопастей. Амплитуду пульсаций можно регулировать, изменяя зазор между лопастью и ситом. В конструкциях машинных сортировок используют принцип наложения пульсаций, при котором разнофазные пульсации гасят друг друга (рис. 1.51). Частота пульсаций должна быть не ниже 27 циклов в минуту.

В современных сортировках используют сита с профилированной конфигурацией круглых или щелевых отверстий. Круглые отверстия сит лучше задерживают продолговатые загрязнения, щелевые — загрязнения шаровидной и кубической формы. Чем меньше



Рис. 1.51. Сложение пульсаций, создаваемых лопастью напорной сортировки:

1, 2 — пульсации давления, создаваемые одной лопастью;
3 — суммарные пульсации двух лопастей

размер отверстий сит, тем выше эффективность сортирования.

В машинных сортировках редко применяют перфорированные сита из-за пониженного размера живого сечения и невозможности получить профилированные отверстия. В отличие от перфорированных, просверленные сита позволяют получить конструкционную прочность поверхности сортирования при достаточно большом (до 70 %) размере живого сечения. Этим достигается высокая производительность при небольших габаритных размерах сортировки. Сверление позволяет получить отверстия различной формы: прямые, ступенчато-цилиндрические, ступенчатоконические и конические. Коническая форма отверстий уменьшает вероятность их закупоривания и остановов сортировок для чистки сита.

Наиболее слабым сечением просверленного сита является наименьшая перемычка между отверстиями. Равные перемычки обуславливают равную прочность в двух перпендикулярных направлениях. Для равнопрочных сит отношение шагов отверстий вдоль и поперек сита равно 0,577. Рекомендуемые диаметры отверстий сит при сортировании массы концентрацией 0,4...0,8 % в зависимости от вида сортируемой массы приведены в табл. 1.68.

Щелевые сита обеспечивают высокую производительность и эффективность сортирования. Живое сечение щелевых сит меньше, чем просверленных сит, однако в них обеспечиваются более свободное течение массы и меньшее накопление волокон на перегородках между щелями. Использование щелевых сит с малой (менее 0,4 мм) шириной щели приводит к существенному уменьшению живого сечения сита, т. е. к необходимости увеличения размеров сортировки или к увеличению скорости прохождения массы через щели. В этом случае возможно образование

Таблица 1.68

Рекомендуемые диаметры отверстий сит машинных сортировок

Вид сортируемой массы	Диаметр отверстий сит, мм
Для газетной бумаги	1,6...1,8
» типографской бумаги	1,6...2,0
» тонких видов бумаги и картона	1,6...2,4
Сульфатная целлюлоза для бумаги	2,0...2,4
Для крафт-лайнера	2,0...2,4
Макулатура	2,0...3,2
Тарный картон	2,2...2,6

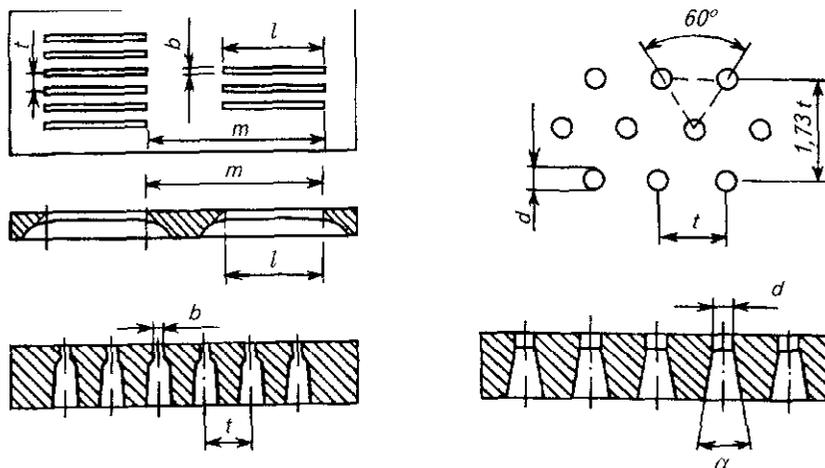


Рис. 1.52. Различные формы отверстий в ситах напорных сортировок

жгутиков из волокон, ухудшающих качество получаемой продукции.

На рис. 1.52 показаны формы отверстий в ситах машинных напорных сортировок.

Для определения значения коэффициента перфорации сит (k) рекомендуются следующие формулы:

для круглых отверстий:

$$k = 90,7 \frac{d^2}{t^2}; \quad (1.46)$$

для щелевых отверстий:

$$k = 100 \frac{bl}{tm}, \quad (1.47)$$

где d — диаметр отверстий, мм; t — шаг отверстий и щелей в поперечном направлении, мм; b — ширина щели, мм; l — длина щели, мм; m — шаг вдоль щелей, мм.

При выборе того или иного типа машинных сортировок наиболее важными факторами являются их механический дизайн, характер пульсаций и конструкция устройства для вывода загрязнений.

1.7.6. ДЕАЭРАЦИЯ БУМАЖНОЙ МАССЫ

В процессе обработки массы в размольно-подготовительном отделе и перед отливом на бумагоделательной машине смесь воды и волокна в той или иной мере насыщается воздухом. Количество его зависит от вида и

способа обработки массы. В табл. 1.69 приведены данные о содержании воздуха в массе в зависимости от ее назначения.

Воздух в бумажной массе находится в трех состояниях:

1) свободный воздух — с течением времени может агрегироваться и подниматься на поверхность;

2) связанный воздух — микроскопические пузырьки, соединенные с гидрофобной частью волокна;

3) растворенный в воде воздух (его количество зависит от значения pH массы, ее температуры и давления).

В любом из трех состояний воздух оказывает негативное влияние на производственные процессы и качество продукции. Так, свободный воздух создает пенообразование и содействует слизееобразованию, что приводит к неустойчивой работе сортировок, клапанов, насосов и т. п. Связанный воздух оказывает негативное влияние на формование бумаги, является причиной флокуляции массы, плохого формования полотна, темных пятен, мелких дырочек и ухудшения дренажной способности бумажного полотна. Растворенный воздух не создает серьезных проблем, но имеет тенденцию преобразовываться в связанный воздух [41].

Таблица 1.69

Содержание воздуха в бумажной массе до аэрации

Назначение массы	Содержание воздуха, %
Газетная бумага	1,5...2,5
Крафт-бумага	2,0
Гофрированный картон	0,4...2,0
Типографская бумага	0,9

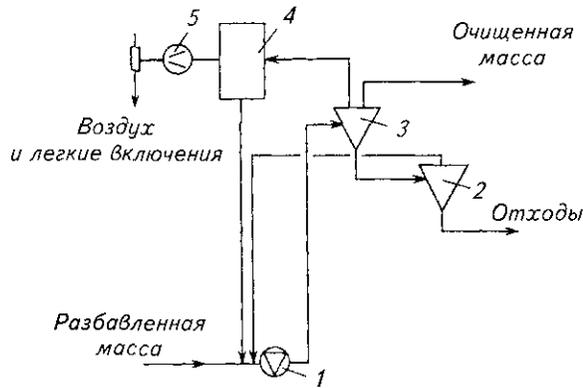


Рис. 1.53. Схема удаления воздуха из массы с помощью вихревых очистителей:

1 — насос; 2 — вихревой очиститель для удаления тяжелых загрязнений; 3 — вихревой очиститель типа «комби»; 4 — отделитель воздуха; 5 — вакуум-насос

Основные принципы удаления воздуха из бумажной массы — это вытяжной принцип, осуществляемый в специальных гидроциклонах, оборудованных вытяжной трубой, и принцип отгонки, при котором большая поверхность массы подвергается воздействию вакуума.

Вытяжной принцип позволяет удалять свободный и значительную часть связанного воздуха. Его используют на бумагоделательных машинах, работающих при невысоких скоростях. Схемы, реализующие этот принцип с использованием очистителей Cleanpac 700 LD, приведены на рис. 1.53, 1.54.

В схеме, представленной на рис. 1.53, вихревые очистители типа «комби» (например, Cleanpac 700 LD) установлены на 1-й ступени очистки. Эти очистители имеют как вы-

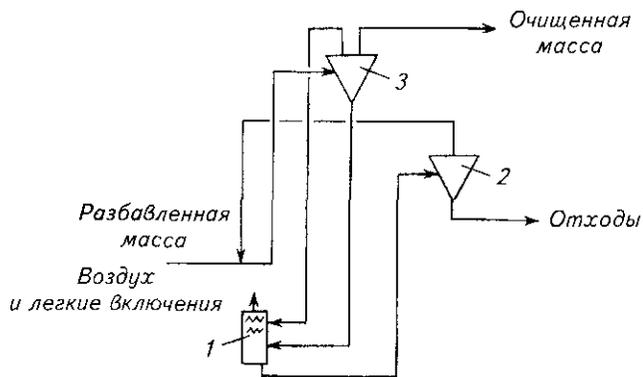


Рис. 1.54. Схема удаления воздуха из массы с помощью вихревых очистителей без использования вакуум-насоса:

1 — воздухоотделительная труба; 2 — вихревой очиститель для удаления тяжелых загрязнений; 3 — вихревой очиститель типа «комби»

ход для тяжелых загрязнений, так и выход для легких загрязнений и воздуха. Масса, содержащая легкие включения и воздух, поступает в отделитель, где с помощью вакуум-насоса происходит их удаление. Освобожденная от легких включений масса снова подается на 1-ю ступень очистки. Очищенная масса с 1-й ступени поступает в производство, а масса, содержащая тяжелые загрязнения, — на 2-ю ступень очистки для их удаления.

В схеме, представленной на рис. 1.54, вакуумный насос не используется. Масса, содержащая воздух, с выхода для легких включений поступает в вертикальную трубу специальной конструкции, где воздух и легкие включения выводятся из системы. Туда же подаются и отходы с выхода тяжелых включений. На 2-ю ступень очистки масса поступает из этой вертикальной трубы. Очистители на последующих ступенях отделяют только тяжелые включения.

Второй принцип удаления воздуха — отгонка — осуществляется при помощи вакуумных декулаторов, способных полностью удалить воздух из бумажной массы. Декулатор устанавливают на высокоскоростных бумагоделательных машинах в потоке очищенной массы, после систем вихревой очистки. В отдельных случаях декулатор устанавливают непосредственно перед напорным ящиком после окончательной очистки массы. Такая схема имеет преимущество, заключающееся в том, что масса после деаэрации не насыщается воздухом в насосах при сортировании, а прямо подается в напорный ящик.

Принцип действия вакуумных декулаторов основан на том, что очищаемая от воздуха бумажная масса распыляется внутри закрытой камеры, в которой создается вакуум. Так как давление воздуха в камере мало, то мельчайшие воздушные пузырьки, прикрепленные к волокнам, быстро увеличиваются в объеме. При ударе о верхнюю часть камеры происходит эффективное отделение воздуха от волокон. Разрежение в камере деаэратора создается при помощи вакуумных насосов. Вся внутренняя поверхность камеры деаэратора должна быть отполирована. Деаэраторы этого типа устанавливают на 10...14 м выше уровня БДМ. Существуют различные конструкции декулаторов, работающих по описанному принципу (см. гл. 1.8).

Декулатор Cleanvac компании «GL&V» показан на рис. 1.55, а типовая схема подготовки массы с таким декулатором — на рис. 1.56 [61].

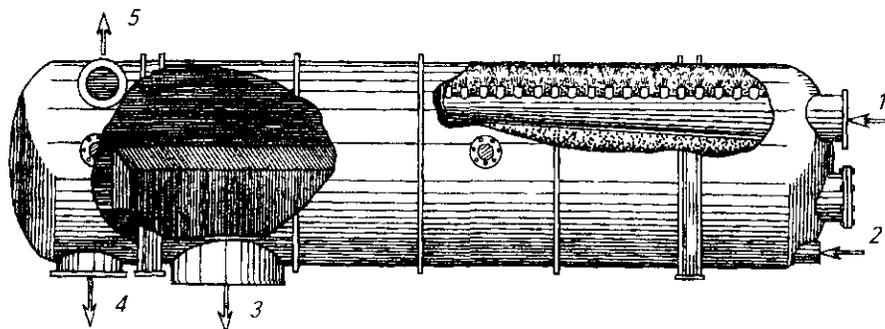


Рис. 1.55. Декулятор Cleanvac компании «GL&V»:

1 — вход деаэрируемой массы; 2 — вход перелива из напорного ящика; 3 — выход деаэрированной массы; 4 — перелив избытка массы; 5 — выход воздуха

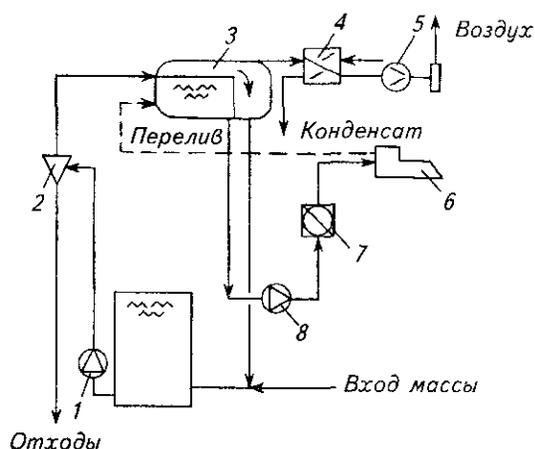


Рис. 1.56. Схема подготовки массы с декулятором:

1 — смесительный насос; 2 — установка вихревых очистителей; 3 — декулятор; 4 — конденсатор; 5 — вакуум-насос; 6 — напорный ящик; 7 — машинная сортировка; 8 — насос

На представленной схеме бумажная масса после вихревых очистителей по трубопроводу очищенной массы поступает через кол-

лектор в вакуумный декулятор. Для удобства обслуживания вихревые очистители могут быть установлены на машинном уровне. Вакуум в камере создается вакуум-насосом. Для экономии энергии между декулятором и вакуум-насосом устанавливается конденсатор.

Деаэрируемая масса поступает в два (в некоторых случаях в три) параллельных коллектора-распределителя, оборудованных соплами. Эта конструкция подачи массы минимизирует количество входных и выходных отверстий в камере декулятора, что упрощает полировку внутренней поверхности и обслуживание декулятора. Деаэрированная масса собирается в нижней части вакуумной камеры, где за счет перелива поддерживается постоянный уровень. Это обеспечивает необходимое давление в насосе перед напорным ящиком. Для возможности производства на бумагоделательной машине бумаг с разной массой 1 м^2 и разным расходом массы вакуумная камера соединена с напор-

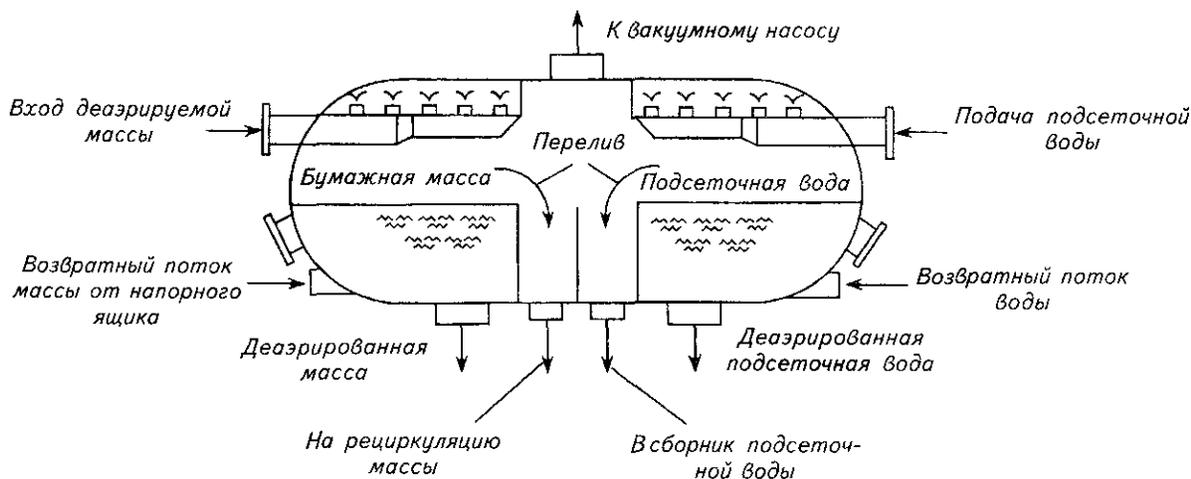


Рис. 1.57. Схема комбинированного декулятора Cleanvac

ным ящиком трубопроводом возвратного потока (на схеме не показана).

При наличии напорного ящика с системой разбавления массы подсеточная вода для разбавления также деаэрируется. Это может быть осуществлено в одном комбинированном декуляторе Cleanvac (рис. 1.57), который представляет собой закрытую вакуумную камеру, разделенную на две секции. В одной из них деаэрируется прошедшая подготовку бумажная масса, а в другой — подсеточная вода, подаваемая для разбавления массы в напорном ящике. Одновременно в камере удаляется воздух из потока рециркуляции массы от напорного ящика. Таким образом, в одном аппарате происходит деаэрация всех потоков массы и воды. Перелив массы из декулятора поступает на ре-

циркуляцию, а перелив воды — в сборник подсеточной воды.

Современные системы деаэрации совмещают в одной установке декулятор и несколько блоков вертикальных вихревых очистителей. При этом очистители располагаются либо на подводящих трубах декулятора каскадно или полукаскадно в несколько ступеней («крылатый» декулятор), либо по периметру его камеры («компактный» декулятор). В «крылатом» декуляторе очищенная масса после 1-й ступени попадает в главную камеру декулятора, а после 2-й и 3-й — в камеру перелива. В «компактном» декуляторе в главную камеру попадает только масса после 1-й ступени очистителей. Такие схемы обеспечивают компактность системы подготовки массы перед отливом.

1.8. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ БУМАЖНОЙ МАССЫ К ОТЛИВУ

1.8.1. МАШИННЫЕ БАСЕЙНЫ ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ БУМАЖНОЙ МАССЫ

Готовая бумажная масса, т. е. размолотая, проклеенная, окрашенная (если требуется) и часто содержащая минеральные наполнители, подается из массоподготовительного отдела в машинный бассейн. Объем бассейна выбирается из условия обеспечения бесперебойной работы бумагоделательной машины в течение определенного времени. Это время, в зависимости от вида бумажной массы и производительности машины, может составлять 10...90 мин. На современных высокопроизводительных бумаго- и картоноделательных машинах устанавливаются бассейны с меньшими значениями времени из указанного диапазона.

Из бассейна масса при концентрации 2,5...3,5 % подается в смесительный насос, где она смешивается с оборотной водой и разбавляется в зависимости от вида бумаги до концентрации 0,1...1,3 %.

В качестве машинного бассейна обычно используется бассейн с горизонтальным перемешивающим устройством. Так, АО «Петрозаводскмаш» выпускает бассейны для приема, перемешивания и хранения волокнистых суспензий с массовой долей волокна до 5 %. Конструкция бассейна обеспечивает эффективное перемешивание массы во всем объеме бассейна. Для повышения смесительного эффекта и облегчения опорожнения бассейна перемешивающее устройство помещено в кольцевой элемент (диффузор), а днище бассейна выполнено в виде наклонных сопрягаемых поверхностей. Интенсивность перемешивания может регулироваться изменением шага винта при постоянной частоте вращения.

Бассейны изготавливаются из двухслойной стали марки 20К+12Х18Н10Т. Основные параметры бассейнов приведены в табл. 1.70.

Более подробно о массных бассейнах см. в т. 1, ч. 2, гл. 5.8.

АО «Петрозаводскмаш» производит также перемешивающие устройства для массных бассейнов объемом от 25 до 770 м³ при концентрации массы до 5 %. Предусмотрен следующий ряд диаметров винта (пропеллера): 750, 900, 1250, 1500, 1800 мм. Мощность привода — от 7,5 до 132 кВт.

Конструкция устройств обеспечивает возможность вращения вала по часовой стрелке и против без переналадки подшипниковых узлов. Перемешивающие устройства

Таблица 1.70
Техническая характеристика массных бассейнов
АО «Петрозаводскмаш»

Номинальная вместимость, м ³	Размеры, м		Масса, т
	диаметр	высота	
50	4,0	4,0	8,2
100	5,0	5,0	12,6
150	7,0	4,0	18,5
200	7,0	5,0	19,0

могут быть установлены как в бетонных горизонтальных, так и в металлических вертикальных и горизонтальных бассейнах. Изготовитель оказывает помощь в подборе требуемого типоразмера перемешивающего устройства в зависимости от конкретных условий эксплуатации у заказчика.

Более подробные данные о перемешивающих устройствах АО «Петрозаводскмаш» см. в т. 1, ч. 2, гл. 5.8.

Фирма «Mitsubishi-Beloit» (Япония, США) также производит широкий спектр перемешивающих устройств, которые могут использоваться в любых бассейнах как цилиндри-

Таблица 1.71
Техническая характеристика перемешивающих устройств фирмы «Mitsubishi-Beloit»

Параметр	Модель				
	2,5	3,0	4,0	4,5/6	6,4
Мощность электро двигателя, кВт	1,5...18,5	11,0...37,0	30,0...55,0	55,0...95,0	90,0...185,0
Диаметр винта, мм	380...760	610...915	760...1220	1070...1370	1370...1830
Масса, кг	400	510	770	1200...1500	2600

ческой, так и прямоугольной формы. Имеются устройства интегрального типа, т. е. включающие в себя уже смонтированный электродвигатель. В табл. 1.71 приведены основные параметры таких устройств.

1.8.2 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ БУМАЖНОЙ МАССЫ

От степени очистки волокнистой массы зависят качество вырабатываемой бумаги и работа бумагоделательной машины: загрязнения являются одной из причин обрывов бумажного полотна.

Загрязнения волокнистой массы имеют различное происхождение, форму и размеры. Они представляют собой минеральные, металлические, волокнистые частицы, кусочки пленки, резины, лепестки недораспущенного оборотного брака, частицы наполнителей, клеев и др. Способ удаления загрязнений из массы в основном определяется их плотностью.

Загрязнения с плотностью большей плотности волокна (частицы металла, песок, окалина и т.п.) эффективнее всего удаляются в вихревых конических очистителях. Принцип действия вихревых конических очистителей рассмотрен в гл. 1.7.

Для очистки волокнистой массы фирма «Ahlstrom» предлагает серию вихревых ко-

нических очистителей Ahlcleaner, используемых в производстве различных видов бумаги и картона:

- высококачественной бумаги, не содержащей древесную массу;
- легкой мелованной бумаги (LWC);
- газетной бумаги;
- санитарно-гигиенических видов бумаги;
- бумаги-основы для гофрирования;
- крафт-лайнера и других видов картона.

Выбор марки очистителя из серии Ahlcleaner проводится в каждом конкретном случае в зависимости от условий эксплуатации:

- очистители малых диаметров применяются для удаления из волокнистой массы мелких загрязнений и сора;

- очистители средних диаметров — для удаления костры и сора;

- очистители больших диаметров — для удаления костры и тяжелых (крупных) включений.

Очистители снабжаются набором конусов, обеспечивающих эффективное удаление загрязнений различного типа из волокнистой массы при минимальной потере годного волокна. Конус, обеспечивающий выход отходов под давлением (Pressurized Rejecting), выполнен из износостойких керамики или полимерного материала (рис. 1.58, а). Конусами подобного типа снабжены очистители Ahlcleaner TC 67, SC 133, TC 133, RB 150, RB 200. Количество отходов регулируется противодавлением на выходе отходов. Конус,

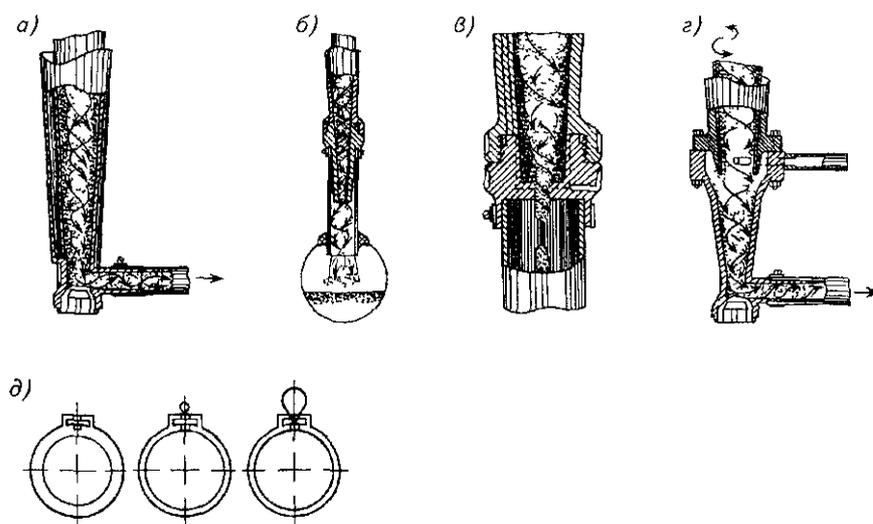


Рис. 1.58. Типы конусов, разработанных фирмой «Ahlstrom» для очистителей Ahlcleaner: а — конус, обеспечивающий выход под давлением (Pressurized Rejecting); б — конус, обеспечивающий свободный выход отходов (Free Rejecting); в — конус Eliminator; г — конус с промывкой (Flush Cone Rejecting); д — конус ОК

обеспечивающий свободный выход (истечение) отходов (*Free Rejecting*), выполнен из износостойких керамики или полимерного материала (рис. 1.58, б). Используется в очистителях RB 77, RB 87, RB 150, RB 200, RB 300. Количество отходов регулируется с помощью специальной насадки на выходе отходов и поддержанием давления на выходе очищенной массы. В вертикальных очистителях Ahlcleaner используется конус Eliminator (режекторный фильтр). Конус выполнен из износостойкой керамики или полимерного материала (рис. 1.58, в). Для промывки конуса вода не используется. Количество отходов очень небольшое. Конус с промывкой (*Flush Cone Rejector*) выполнен из коррозионно-стойкой стали с внутренним износостойким полиуретановым покрытием или из полимерного материала (рис. 1.58, г). Используется в очистителях SC 133, TC 133, RB 150, RB 200, RB 300. Конус ОК (рис. 1.58, д) снабжен устройством для определения степени износа внутренней поверхности и предупредительной сигнализацией.

Ниже приведены характеристики вихревых очистителей серии Ahlcleaner фирмы «Ahlstrom».

Вертикальный вихревой очиститель Ahlcleaner SC 133 (рис. 1.59) среднего диаметра предназначен для очистки волокнистой массы от посторонних включений малого размера. Наиболее эффективен при очистке механической (древесной) массы, небеленой целлюлозы и макулатурной массы.

Процесс очистки протекает при наличии перепада давления массы на входе в очиститель и выходе из него (номинальный перепад давления 130 кПа). Масса под давлением подается через входной патрубок. Под действием центробежных сил, возникающих при вращении массы, посторонние включения отбрасываются к внутренней поверхности очистителя и, вращаясь, опускаются вниз, к вершине конуса. Очищенная масса, образуя внутренний восходящий поток, удаляется через центральный патрубок для выхода массы в верхней части корпуса.

Очиститель снабжен конусом Eliminator, обеспечивающим высокую степень очистки массы при незначительном количестве отходов. Использование конуса Eliminator приводит к уменьшению общего размера установки, снижению удельного расхода энергии и капитальных затрат на насосы, трубопроводы и другое оборудование. Очиститель комплектуется в блоки 27 стандартных размеров. В состав каждого блока может входить до 52 очистителей.

Номинальная пропускная способность очистителя 408 л/мин. Для разделения отходов в процессе очистки на тяжелые и легкие выпускается очиститель SC 133 LH. Основное конструктивное решение и технические данные очистителей SC 133 и SC 133 LH аналогичны (табл. 1.72).

Сдвоенный горизонтальный вихревой очиститель Twincleaner TC 133 (рис. 1.60) среднего диаметра предназначен для очистки во-

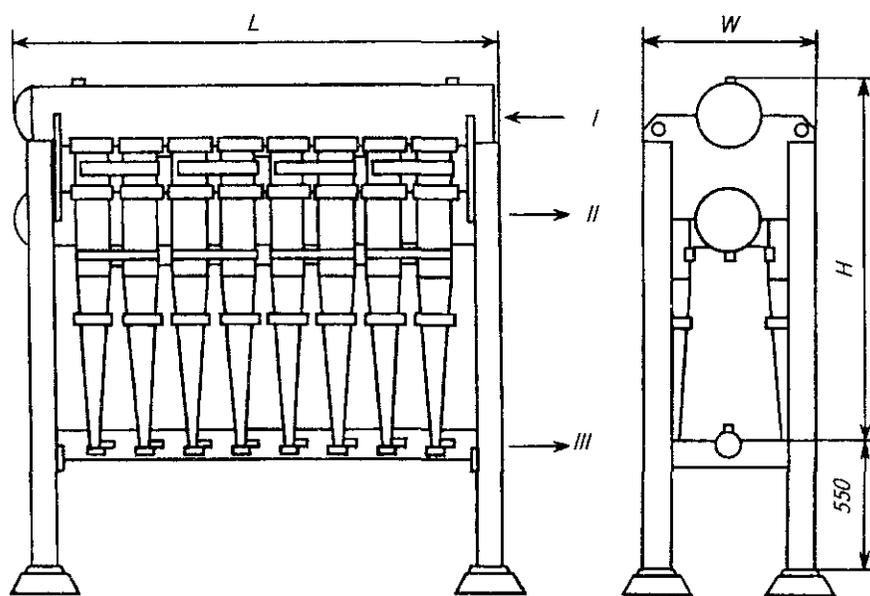


Рис. 1.59. Очиститель Ahlcleaner SC 133:

I — подача массы; II — выход очищенной массы; III — выход отходов

Таблица 1.72
Техническая характеристика блоков очистителей
типа Ahlcleaner SC 133 и SC 133 LH

Количество очистителей в блоке, шт	Пропускная способность, л/с	Габаритные размеры, мм		
		L	W	H
1	6,8	500	450	1365
2	13,6	530	665	1540
4	27,2	790	660	1470
6	40,8	1015	660	1525
8	54,4	1225	660	1525
10	68,0	1445	690	1575
12	81,6	1655	690	1575
14	95,2	1865	690	1575
16	108,8	2020	745	1630
18	122,4	2300	745	1630
20	136,0	2510	745	1630
22	149,6	2720	745	1630
24	163,2	2940	815	1680
26	176,8	3150	815	1680
28	190,4	3360	815	1680
30	204,0	3570	815	1680
32	217,6	3780	815	1680
34	231,2	3990	815	1680
36	244,8	4210	935	1710
38	258,4	4420	935	1710
40	272,0	4630	935	1710
42	285,6	4840	935	1710
44	299,2	5050	935	1710
46	312,8	5260	935	1710
48	326,4	5480	995	1760
50	340,0	5690	995	1760
52	353,6	5900	995	1760

локнистой массы от посторонних включений малого размера. Наиболее эффективен при очистке механической (древесной) массы, небеленой целлюлозы и макулатурной массы представляет собой единую конструкцию из двух очистителей с общими коллекторами подачи и выхода очищенной массы в общей крышке. Основное конструктивное решение и принцип работы очистителя TC 133 и SC 133 аналогичны. Небольшой перепад давления (130 кПа) обеспечивает эффективную очистку массы при низком удельном расходе энергии.

Основные узлы очистителя изготовлены из коррозионно-стойкой стали, а конус — из износостойкого полимерного материала или керамики. В основном используется конус типа ОК. Благодаря наличию устройства для определения степени износа внутренней поверхности конуса и предупредительной сигнализации изношенный конус, как и другие узлы очистителя, быстро и легко заменяется во время плановых остановов.

Очиститель комплектуется в блоки 19 стандартных размеров. В состав каждого блока может входить до 36 очистителей. Номинальная пропускная способность очистителя 780 л/мин. Техническая характеристика блоков очистителей Twincleaner TC 133 представлена в табл. 1.73.

Вертикальный вихревой очиститель Ahlcleaner SC 133 FS (рис. 1.61) среднего диаметра используется на последней ступени очистки волокнистой массы после очистителей TC 133 и SC 133 для улавливания годно-

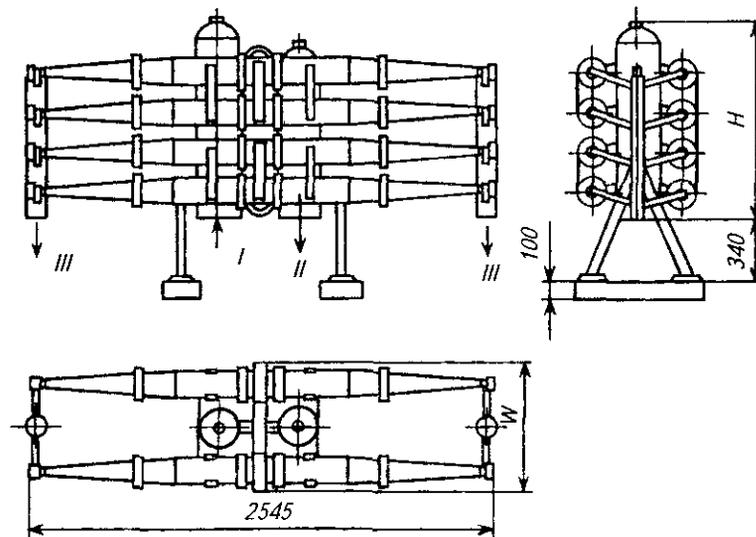


Рис. 1.60. Очиститель Twincleaner TC 133:

I — подача массы, II — выход очищенной массы, III — выход отходов

Таблица 1.73
Техническая характеристика блоков очистителей
Twin cleaner TC 133

Количество очистителей в блоке, шт.	Пропускная способность, л/с	Габаритные размеры, мм	
		W	H
1	13	430	415
2	26	692	450
4	52	698	690
6	78	698	905
8	104	698	1115
10	130	698	1325
12	156	698	1550
14	182	698	1760
16	208	848	1980
18	234	848	2190
20	260	848	2400
22	286	848	2615
24	312	848	2825
26	338	848	3045
28	364	848	3255
30	390	848	3465
32	416	848	3675
34	442	848	3895
36	468	848	4105

Таблица 1.74
Техническая характеристика блоков очистителей
Ahl cleaner SC 133 FS

Количество очистителей в блоке, шт.	Пропускная способность, л/с	Габаритные размеры, мм	
		L	W
1	4,6	360	540
2	9,2	800	540
3	13,8	1130	590
4	18,4	1080	830

бак для разбавления. Очиститель имеет ряд дополнительных конструктивных решений по сравнению с очистителем TC 133, обеспечивающих минимальные потери годного волокна. Техническая характеристика блоков очистителей Ahl cleaner SC 133 FS представлена в табл. 1.74.

Горизонтальный вихревой очиститель Twin cleaner TC 67 (рис. 1.62) малого диаметра предназначен для очистки волокнистой

го волокна из отходов очистки. Отходы под давлением с предыдущей ступени очистки поступают непосредственно в очиститель SC 133 FS, минуя промежуточный насос или

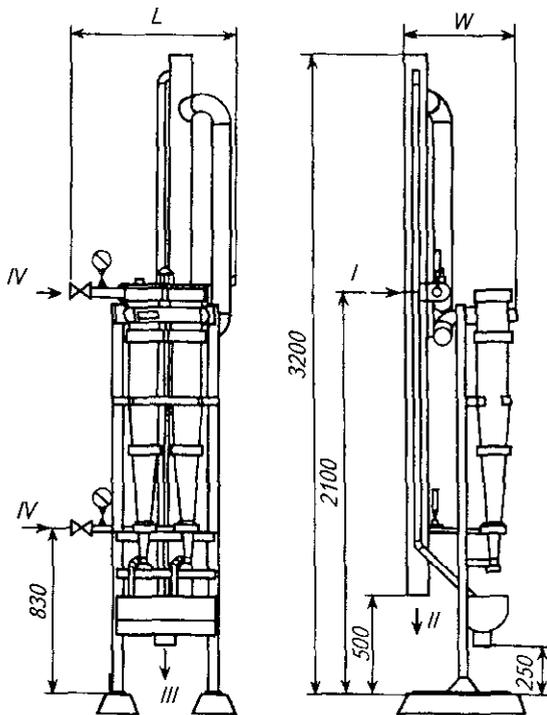


Рис. 1.61. Очиститель Ahl cleaner SC 133 FS:

I — подача массы; II — выход очищенной массы; III — выход отходов; IV — подача воды

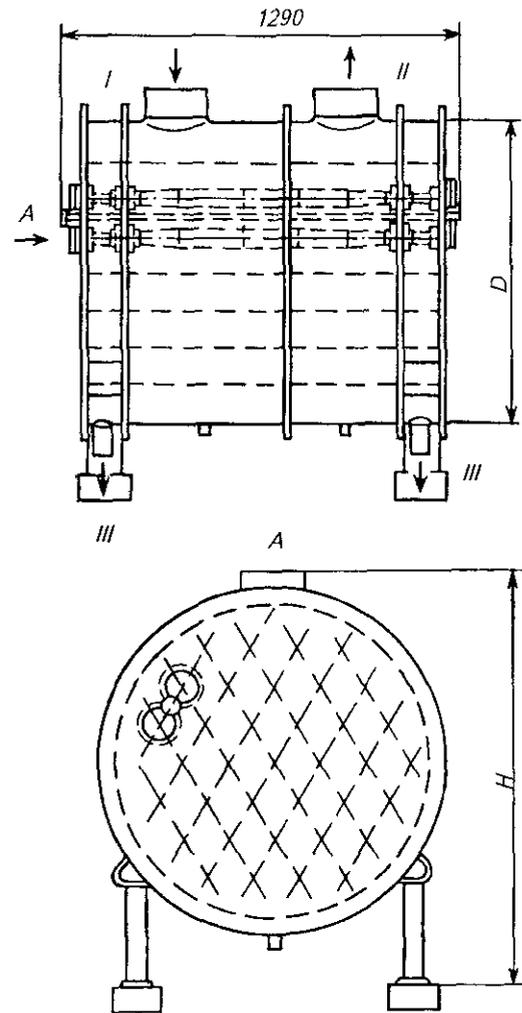


Рис. 1.62. Очиститель Twin cleaner TC 67:

I — подача массы; II — выход очищенной массы; III — выход отходов

Таблица 1.75
Техническая характеристика блоков очистителей
Twincleaner TC 67

Количество очистителей в блоке, шт.	Пропускная способность, л/с	Габаритные размеры, мм	
		L	W
1	3,34	220	1100
3	10,02	370	1175
7	23,38	475	1260
12	40,08	650	1385
19	63,46	790	1495
31	103,54	1000	1700
37	123,58	1100	1775
55	183,70	1275	1910
73	243,82	1500	2275
85	283,90	1570	2325
109	364,06	1800	2600
121	404,14	1900	2725
151	504,34	2100	2875
163	544,42	2200	3050
199	664,66	2400	3250

массы от посторонних включений малого размера (песка, кусочков коры и других твердых мелких включений). Используется преимущественно для очистки беленой целлюлозы и уплотнительной воды. За счет малого диаметра корпуса в очистителе создаются сильные центробежные силы, обеспечивающие высокую эффективность очистки даже при низком перепаде давления. Номинальный перепад давления 100 кПа.

Очиститель комплектуется в блоки 15 стандартных размеров. В состав каждого блока

может входить до 199 очистителей. Каждый блок размещается в отдельном компактном цилиндрическом кожухе с входными и выходными патрубками. Конструкция цилиндрического кожуха обеспечивает равномерное распределение потока массы по всем очистителям. Направление входных и выходных патрубков выбирается в зависимости от компоновки всего технологического оборудования. Кожух изготавливается из коррозионно-стойкой стали, очиститель — из термоизносостойкого полимерного материала, обеспечивающего продолжительный срок эксплуатации и низкие затраты на эксплуатацию.

Техническая характеристика блоков очистителей Twincleaner TC 67 представлена в табл. 1.75.

Вертикальные вихревые очистители Ahlcleaner RB 77 и RB 87 малого диаметра (рис. 1.63) предназначены для тонкой очистки макулатурной массы, целлюлозы, бумажной массы для выработки санитарно-гигиенических видов бумаги. Эффективно очищают массу от трудноудаляемых частиц малого размера (смолы, вкраплений типографской краски, песка и др.).

Очистители имеют специально разработанное для этих марок D-образное входное отверстие, улучшающее гидродинамические показатели потока массы, проходящей через очиститель, и предотвращающее каналообразование в массе. Очистители снабжаются конусами Eliminator, обеспечивающими высокую степень очистки массы при незначительном

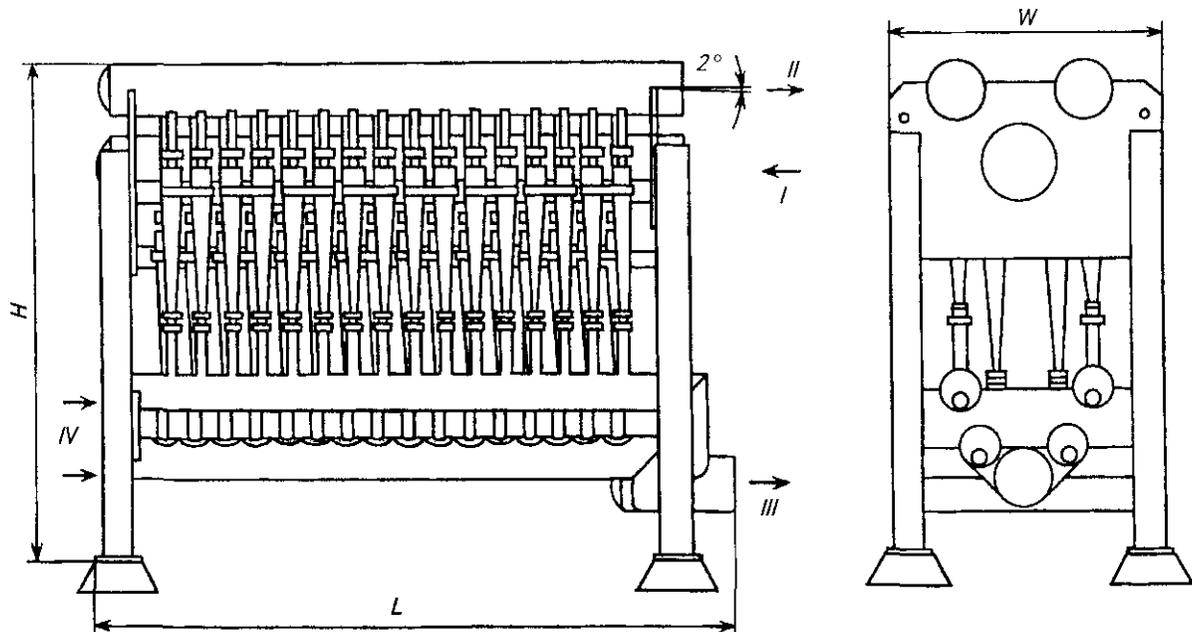


Рис. 1.63. Очиститель Ahlcleaner RB77, RB 87:

I — подача массы; II — выход очищенной массы; III — выход отходов; IV — подача воды

количестве отходов. Конус оснащен вводом для прохода массы из термоизносостойкой керамики. Очиститель RB 77 изготавливается из износостойкого полимерного материала, очиститель RB 87 — из высококачественной коррозионно-стойкой стали.

Очистители komponуются в следующие блоки:

9 стандартных размеров — до 16 очистителей в каждом, смонтированных в один ряд;

10 стандартных размеров — от 20 до 56 очистителей в каждом, смонтированных в два ряда;

11 стандартных размеров — от 64 до 144 очистителей в каждом, смонтированных в три ряда.

Блоки поставляются в собранном виде, что обеспечивает быстрый и простой монтаж установки. Техническая характеристика бло-

Таблица 1.76

Техническая характеристика блоков очистителей *Ahlcleaner RB 77 и RB 87*

Количество очистителей в блоке, шт.	Пропускная способность, л/с	Габаритные размеры, мм		
		L	H	W
1	4,2	350	1635	270
2	8,4	680	1700	645
4	16,8	1045	1750	790
6	25,2	1345	1760	790
8	33,6	1645	1770	790
10	42,0	1980	1850	860
12	50,4	2280	1860	860
14	58,8	2580	1870	860
16	67,2	2880	1880	860
20	84,0	2180	2205	1080
24	100,8	2480	2215	1080
28	117,6	2825	2355	1120
32	134,4	3125	2365	1120
36	151,2	3425	2375	1120
40	168,0	3725	2385	1120
44	184,8	4000	2500	1120
48	201,6	4300	2510	1120
52	218,4	4600	2520	1120
56	235,2	4900	2530	1120
64	268,8	3190	2560	1440
72	302,4	3490	2570	1440
80	336,0	3790	2715	1500
88	369,6	4090	2725	1500
96	403,2	4390	2735	1500
104	436,8	4770	2825	1640
112	470,4	5070	2835	1640
120	504,0	5370	2845	1640
128	537,6	5670	2855	1640
136	571,2	5970	2865	1640
144	604,8	6270	2875	1640

ков очистителей *Ahlcleaner RB 77 и RB 87* представлена в табл. 1.76.

На рис. 1.64 приведена схема системы очистки и деаэрации массы *Cleanpac* перед бумагоделательной машиной, разработанная группой «Celleco Nedemora» (в настоящее время входит в компанию «GL&V»). Как видно из рисунка, эта система аналогична системе фирмы «Ahlstrom», описанной выше, в п. 1.7.1. Система может быть укомплектована очистителями *Tripac 90*, *Cleanpac 270*, *350* и *700*.

Tripac 90 сконструирован в основном для беленых и полубеленых сульфатных целлюлоз с целью удаления мелких загрязнений (частиц коры, песка и костры). Они могут компоноваться в виде канистры (бочки), как показано на рис. 1.65, а также располагаться линейно, при этом первый вариант применяется на 1-й ступени очистки, а второй — для 2-й и 3-й ступеней.

Особенностью *Tripac 90* является расположение трех гидроциклонов диаметром 60 мм каждый в одном корпусе, что обеспечивает высокую производительность, низкую степень отходов в сравнении с трубкой большого диаметра. Наличие общего для трех трубок выхода отходов исключает возможность забивания системы отходами сортирования. Компоновка очистителей *Tripac 90* в виде канистры (бочки) экономит производственные площади. В одной «бочке» может размещаться от 60 до 330 очистителей с суммарной производительностью от 16 200 до 89 100 л/мин.

Cleanpac 270 предназначен, в первую очередь, для отделения чернил и типографской краски в системах очистки вторичных волокон.

Cleanpac 350 — очиститель универсального типа, применяемый на линиях очистки первичного волокна и макулатурной массы, в том числе перед бумагоделательной машиной. Очиститель обладает высокой эффективностью очистки при малом падении давления (100...120 кПа) и высокой производительности — от 360 до 460 л/мин. Может иметь различные варианты компоновки при установке перед БДМ — линейный горизонтальный ряд, вертикальный ряд или «бочку» (рис. 1.66, а—в).

Cleanpac 700 обеспечивает высокую эффективность очистки от костры, сора и песка при большой производительности благодаря большому диаметру трубки. Может иметь горизонтальную и вертикальную компоновку в системе очистки.

«Celleco Nedemora» выпускает также вихревые очистители модели *Albia Turbo* большого диаметра для очистки массы от круп-

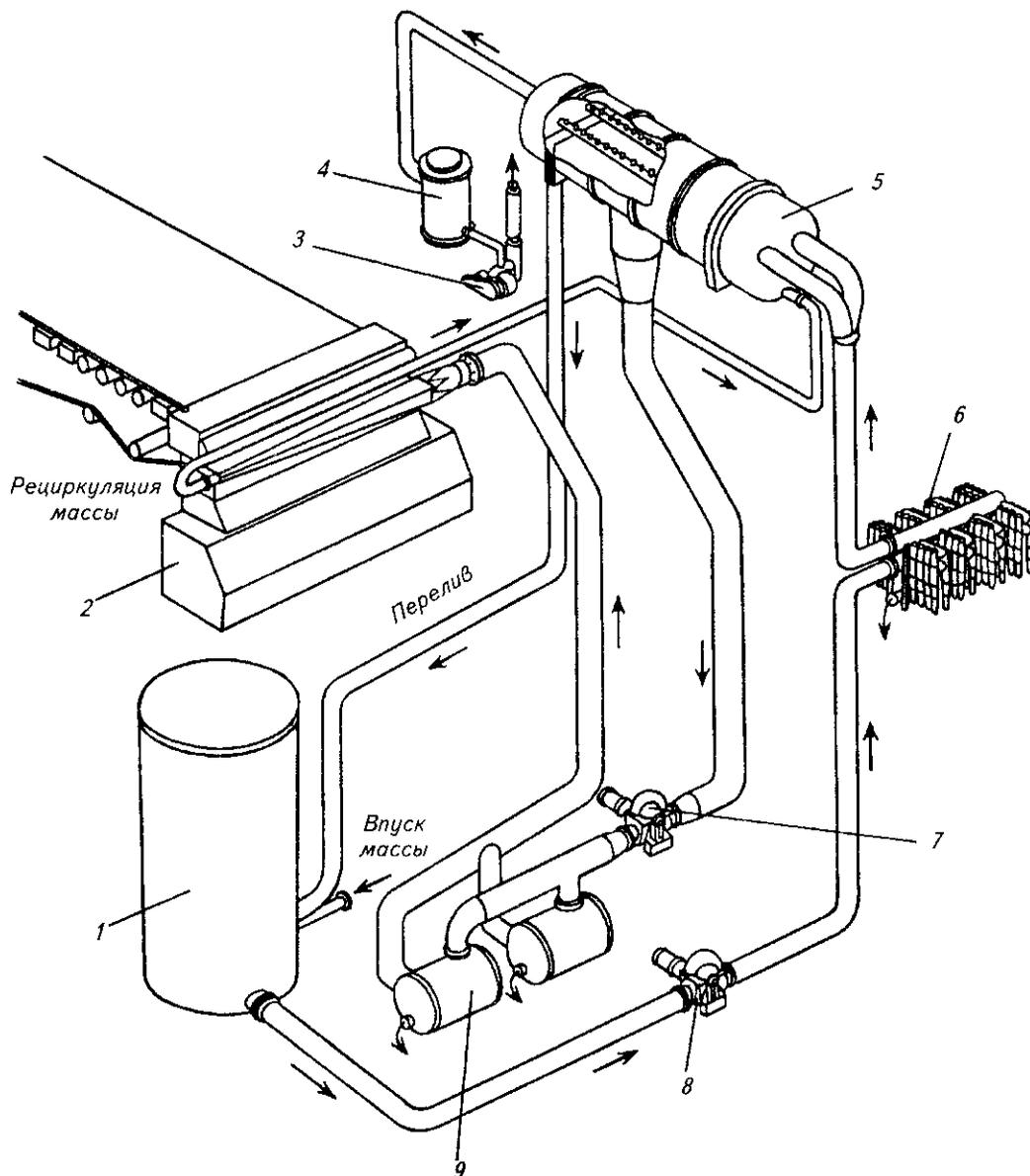


Рис. 1.64. Система Cleanpac для подготовки бумажной массы к отливу:

1 — колодец оборотной воды; 2 — напорный ящик; 3 — вакуумный насос, 4 — конденсатор, 5 — бак вакуумной деаэрации; 6 — центробежные очистители; 7 — вентиляторный насос; 8 — насос питания; 9 — напорные сита

ных включений — металла, песка и других минеральных загрязнений. Техническая характеристика этих очистителей приведена в табл. 1.77.

Дополнительная информация об очистителях Cleanpac и Albia приведена в т. 1 ч. 3, разд. 13.

Фирма «Andritz Sprout-Bauer» (Австрия, США) выпускает широко известный вихревой очиститель (центриклинер) марки Centri-Cleaner 606-110P, предназначенный для удаления загрязнений из волокнистой массы при минимальных потерях волокна. Фирма производит также другие модификации центриклинеров: Centri-Cleaner 606 TI, 608, 608 FRC,

а также магна-клинеры (Magna-Cleaner) для улавливания тяжелых загрязнений (металла, мелких камней, песка и т. п.). Ниже приведена техническая характеристика очистителя марки Centri-Cleaner 606-110P:

Максимальный диаметр трубки, мм . . .	150
Производительность, л/мин	416
Концентрация массы, %	0,3...1,2
Количество отходов по массе, %	18...22
pH массы	3,5...10,0
Максимальное давление на входе, кПа . .	460
Падение давления, кПа	250
Рекомендуемое давление массы на выходе, кПа	50
Максимальная температура массы, °C . .	88
Общая высота, м	1,64
Масса, кг	16

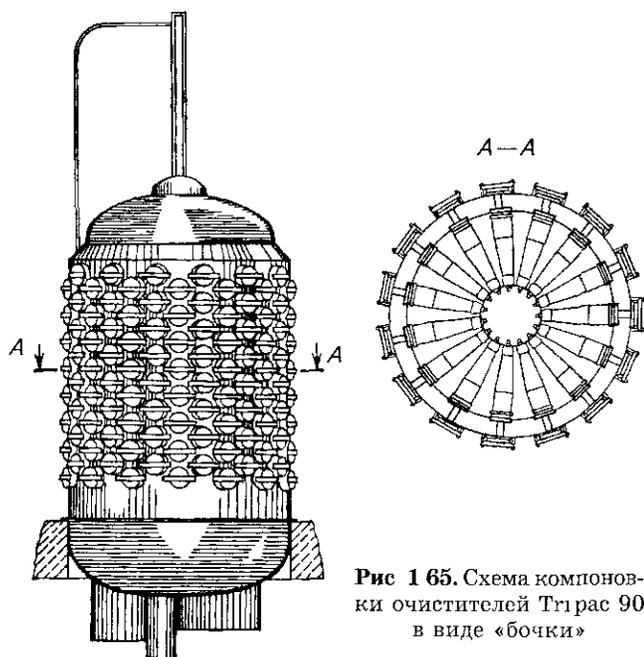


Рис 1 65. Схема компоновки очистителей Trigras 90 в виде «бочки»

Корпус изготовлен из нейлона, армированного стекловолокном, что обеспечивает высокую износостойкость очистителя, нижняя часть конуса часто изготавливается из керамики. Батареи центриклинеров могут располагаться в несколько ступеней (от 2 до 6) в зависимости от применения.

Фирма «Enso» (Финляндия) выпускает вихревые очистители марки Enso Twincleaner с небольшим перепадом давления и хорошим эффектом очистки, в первую очередь, от мелкого сора.

Enso Twincleaner 66 состоит из двух вихревых очистителей, соединенных встык узлами очищенной массы. Сдвоенные очистители установлены в баке, разделенном перегородками на камеры поступающей и очищенной массы, а также на две камеры отходов. Для каждого очистителя на торцевой стенке предусмотрено контрольное окно, через которое можно наблюдать за работой каждого отдельного очистителя. Сняв контрольные окна, можно вынуть очиститель из бака. Конструкция очистителей Enso Twincleaner 66 приведена на рис. 1.67.

Очистители изготавливаются из износостойкого полиамида (нейлона), который выдерживает воздействие химикатов и высоких

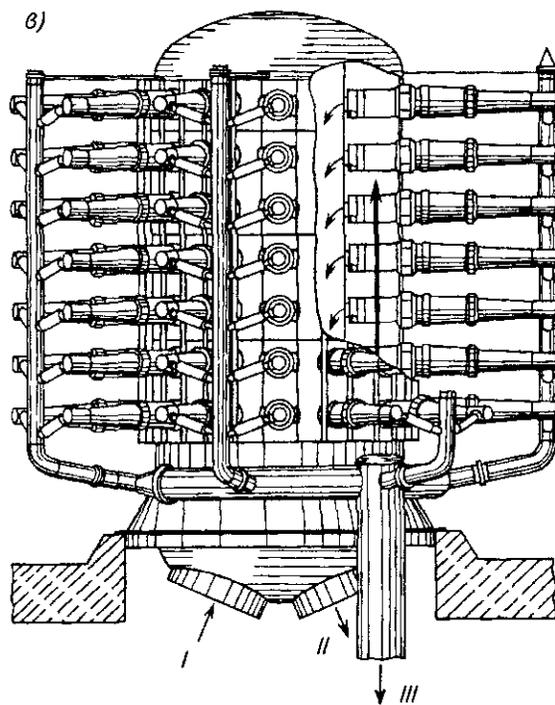
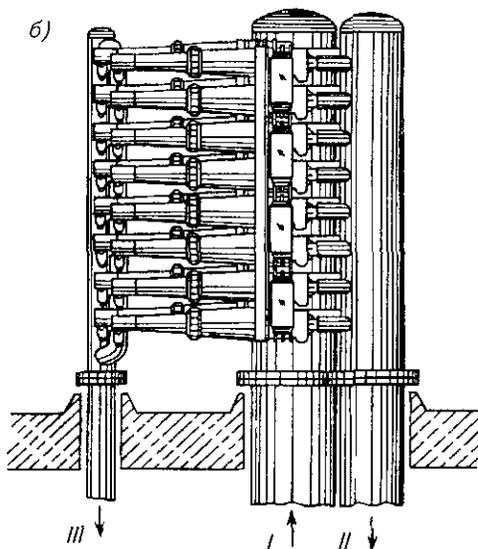
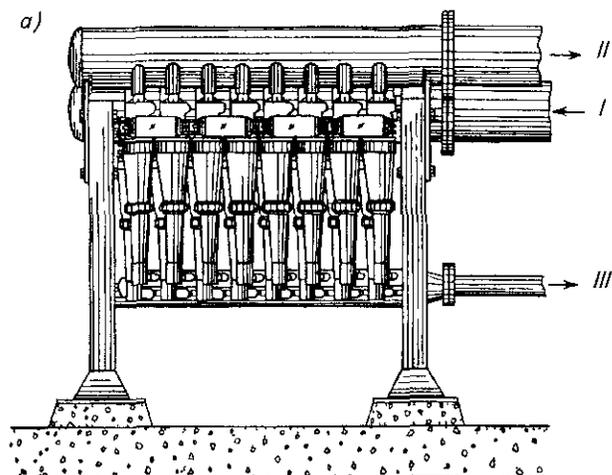


Рис. 1.66. Варианты компоновки очистителей Clean ras 350 а — линейный горизонтальный ряд, б — вертикальный ряд, в — «бочка»,

I — подача массы, II — выход очищенной массы, III — выход отходов

Таблица 1.77
Техническая характеристика вихревых очистителей Albia Turbo

Параметр	Модель				
	150 SC	300 T	500 T	900 T	2700 SC
Диаметр цилиндра, мм	80	125	150	200	300
Давление на входе, кПа	140	80	80	80	140
Падение давления, кПа	140	80	80	80	140
Производительность на входе, л/мин	150	300	500	900	2700
Поток отходов, л/мин	10...15	20...30	30...50	60...90	150...250
Расход мощности, кВт	0,34	0,39	0,65	1,18	6,18

температур. Материал бака — кислотоупорная сталь. Направления входных и выходных трубопроводов могут быть горизонтальными или вертикальными.

Номинальная производительность сдвоенного очистителя Enso Twincleaner 66 при перепаде давления 100 кПа составляет 160 л/мин. Имеется 15 разных размеров батарей с диапазоном производительности от 160 до 32 000 л/мин. Максимальное давление подачи 400 кПа.

Enso Twincleaner 132 по конструкции мало отличается от очистителя Enso Twincleaner 66, за исключением компоновки бака. Номинальная производительность сдвоенного очистителя Enso Twincleaner 132 при перепаде давления 132 кПа составляет 700 л/мин.

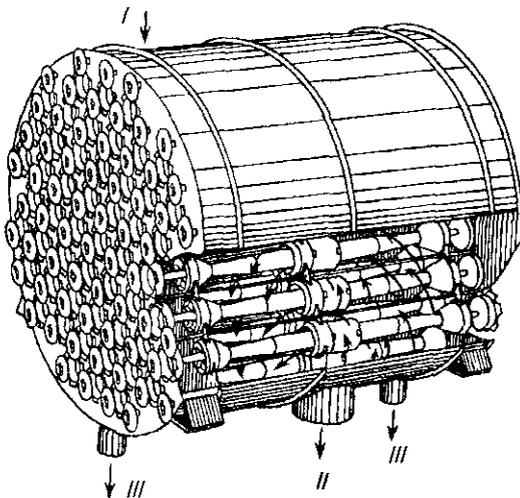


Рис. 1.67. Батарея очистителей Enso Twincleaner 66

Имеется 10 разных размеров баков с диапазоном производительности 700...14 000 л/мин.

Фирма «Enso» выпускает также системы очистки и деаэрации массы Ensovac на базе очистителей Twincleaner, а также очистители Trapcleaners для удаления тяжелых включений.

Очистители марки ОК-08А для грубой очистки волокнистой суспензии от инородных минеральных включений производительностью 245 т/сут выпускает Кинешемский завод бумоборудования (Россия). Габаритные размеры установок 1300×810×3250 мм, масса — 1010 кг.

Выпускаются также вихревые очистители марки ОМ-02-1А и ОМ-02МЛ для тонкой очистки волокнистой массы концентрацией до 50 г/л производительностью 32 и 156 т/сут, соответственно. Габаритные размеры каждой установки 1320×650×2550 мм, масса — 470 кг.

1.8.3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОРТИРОВАНИЯ БУМАЖНОЙ МАССЫ

Загрязнения с плотностью, близкой к плотности волокна (пучки и сгустки волокон, костра и т. п.) удаляют на центробежных ситовых сортировках.

Фирма «Ahlstorm» (Финляндия) выпускает широкий спектр напорных сортировок для тонкого сортирования в системе подготовки волокнистой массы к отливу на бумагоделательной или картоноделательной машине.

Узловител (напорная сортировка) Ahlscreener (рис. 1.68) предназначена для тонкого сортирования волокнистой массы непосредственно перед подачей в напорный ящик бумаго- и картоноделательных машин.

В вертикальном корпусе установлено цилиндрическое сито, внутри которого расположен ротор с гидродинамическими лопастями. Лопасты наклонены под различными углами к вертикали и ориентированы в разных плоскостях, что значительно уменьшает пульсацию массы. Легко регулируемый зазор между лопастями ротора и ситовым цилиндром обеспечивает равномерную подачу массы в напорный ящик буммашины. В верхней части корпуса тангенциально расположен патрубок для входа массы, в нижней — патрубок для выхода отсортированной массы. В нижней части корпуса установлен также желоб с патрубком для удаления отходов.

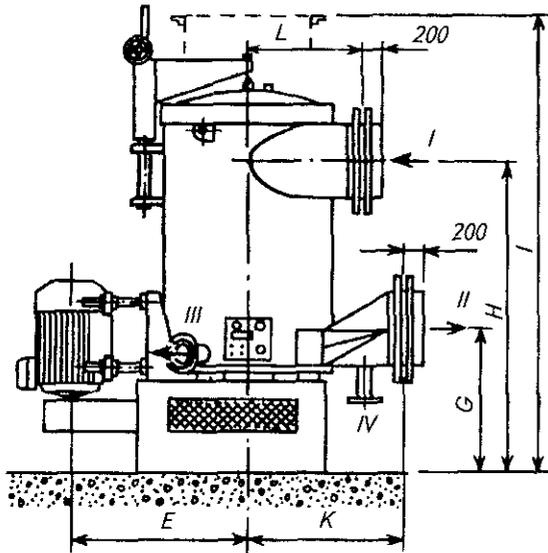


Рис. 1.68. Узлоловитель (напорная сортировка) Ahlscreener:

I — подача массы; II — выход очищенной массы; III — выход отходов; IV — промывка сита

Масса под давлением подается в приемную камеру в верхней части корпуса и самоотком поступает внутрь ситового цилиндра. Отсортированное волокно удаляется по отводящему патрубку, а отходы под давлени-

ем вновь поступающей массы и под действием лопастей ротора попадают в желоб. Тяжелые включения проваливаются из желоба в грязевик, а легкие отходы удаляются из сортировки. Тяжелые отходы удаляются из грязевика периодически. В узлоловителе используются сита Ahlscreener Profile с профильной поверхностью.

Направление входного и выходного патрубков узлоловителя выбирается в соответствии с требованиями компоновки оборудования. Для упрощения размещения узлоловителя большого типоразмера может быть собран из нескольких частей, легко поддающихся сборке и демонтажу. Все детали узлоловителя, соприкасающиеся с массой, изготовлены из коррозионно-стойкой стали марки SIS 2343.

Техническая характеристика узлоловителей типа Ahlscreener H приведена в табл. 1.78. Узлоловители типа H выпускается семи типоразмеров: H1, H2, H3 изготавливаются с одним, а H4, H5, H6, H7 — с двумя ситами.

Фирмой «Valmet», в настоящее время «Metso» (Финляндия) разработана новая сортировка Tarscreen, работающая под давлением. Сортировка может иметь как горизонтальное, так и вертикальное исполнение. На

Таблица 1.78

Техническая характеристика узлоловителей типа Ahlscreener H

Параметр	Типоразмер						
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
Производительность, т/сут	100	200	360	500	800	1200	1550
Концентрация поступающей массы, %	До 1,5						
Максимальное давление на входе, МПа	0,07						
Электродвигатель:							
мощность, кВт	15	22	37	55	110	160	200
частота вращения вала*, с ⁻¹	$\frac{25}{20}$	$\frac{25}{20}$	$\frac{25}{20}$	$\frac{25}{20}$	$\frac{16,7}{15}$	$\frac{16,7}{15}$	$\frac{16,7}{15}$
Расход уплотняющей воды, л/с	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05
Давление уплотняющей воды, МПа	На 10 % выше, чем давление массы на входе						
Размеры, мм:							
E	833	865	949	1045	2600	2650	2650
G	640	680	865	865	755	850	850
H	1150	1490	1995	1995	1730	1865	2115
I	1750	2450	3250	3250	3250	3350	3850
K	660	750	900	900	1450	1700	1700
L	500	550	680	680	1350	1550	1550
Масса (без электродвигателя), кг	1300	1450	2550	2550	6800	10 000	10 500

* В числителе — частота вращения вала при частоте электрического тока 50 Гц, в знаменателе — при частоте тока 60 Гц.

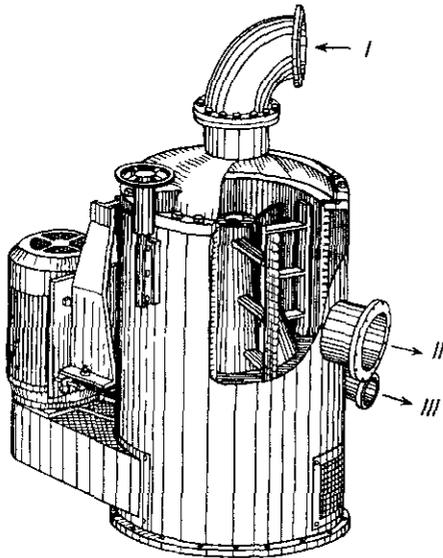


Рис. 1.69. Сортировка Tapscreen:

I — подача массы; II — выход отсортированной массы;
III — выход отходов

рис. 1.69 представлена сортировка Tapscreen в вертикальном исполнении.

Масса подается в верхнюю часть сортировки, что обеспечивает быстрое, равномерное распределение массы по всей поверхности сортирования, а также повышенное давление массы на выходе. Сортировки могут оснащаться ситами с круглыми и шлицевыми отверстиями, образуемыми набором вертикальных стержней. Сортирующее сито Tampella с очень узкими шлицевыми отверстиями шириной от 0,25 до 0,4 мм имеет живое сечение, в два раза превышающее живое сечение обычных шлицевых сит, получаемых с помощью лазерной обработки, что обеспечивает очень высокую производительность и высокую эффективность удаления загрязнений (костры, сора, коры и т. п.). Круглые отверстия сит, как правило, имеют диаметр 1,2–2,4 мм.

Сортировка оснащена ротором типа «С» (рис. 1.70), рассчитанным на оптимальную скорость потока по поверхности сита и мягкую очистку поверхности сортирования. Зазор между лопастями и ситом регулируется.

В табл. 1.79 приведены основные параметры сортировок Tapscreen серии TL.

Ключевыми производственными характеристиками сортировок серии TL являются хорошее гашение пульсаций, малая вибрация, высокая производительность при хорошей эффективности очистки. Сортировки могут работать в широком диапазоне концентраций до 1,5 % а. с. вещества.

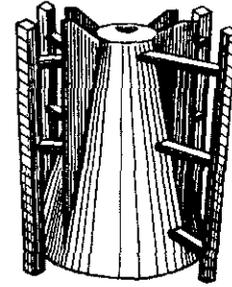


Рис. 1.70. Ротор «С» сортировки Tapscreen

Вертикальные сортировки средней производительности фирмы «Voith» (Австрия) используются в цикле короткой циркуляции (перед БДМ и КДМ) для всех типов композиции. Они могут также применяться в системах подготовки массы. В зависимости от цели сортирования, они могут иметь сита с круглыми или щелевыми отверстиями.

Особенностями сортировок являются:

эффективное удаление большинства загрязнений, таких как сучки, костра, липкие включения, целлофан и т. п.;

малая производственная площадь при высокой производительности;

простота конструкции многолопастного ротора с открытыми концами лопастей;

фактическое отсутствие пульсаций благодаря специальной конструкции ротора;

специально сконструированный профиль лопасти для создания вакуума и поддержания чистоты поверхности сита;

возможность замены сита сортировки без разборки ротора;

комплектация, по желанию, приборами для контроля подшипников во время работы;

габаритные размеры — 2600×2000×1300 мм;

масса сортировки — 2,0 т.

Узловолители УЗ-12 и УЗ-13 уже более 30 лет выпускает Кинешемский завод бумагооборудования. Они предназначены для очистки бумажной массы от посторонних включений (узелков, плохо размолотых частиц волокон и т. п.) перед подачей ее на бумаго-

Таблица 1.79

Техническая характеристика сортировок Tapscreen серии TL

Тип сортировки	Производительность, т/суг	Мощность электродвигателя, кВт
TL 50	55	37
TL 100	90	55
TL 200	180	75
TL 300	220	90
TL 500	400	160

или картоноделательные машины. Производительность узлоловителей — 20...150 и 35...200 т/сут, мощность электродвигателя — 30 и 37 кВт соответственно, масса каждого — около 3 т.

На замену им в начале 1990-х годов институтом НИИЦмаш (г. Петрозаводск) были разработаны и стали серийно выпускаться сдвоенные напорные сортировки СНС-1,0-10 и СНС-2,0-10.

Сортировка СНС-1,0-10 предназначена для замены УЗ-12 и имеет следующую техническую характеристику:

Концентрация подаваемой массы, % . . .	0,2...1,0
Производительность, т/сут в. с. волокна	60...230
Мощность электродвигателя, кВт	15
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	730

Сортировка СНС-2,0-10, предназначенная для замены УЗ-13, имеет следующую техническую характеристику:

Концентрация поступающей массы, не более, %	1,0
Производительность, т/сут в. с. волокна	60-240
Мощность электродвигателя, кВт	37
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	740
Габаритные размеры, мм	2350×2000×1300
Масса сортировки, т	3,2

Кроме того, завод выпускает сортировки меньшей производительности, в частности, сортировку напорную сдвоенную СНС-0,5-10 для удаления узелков и случайно попавших загрязнений перед буммашиной при концентрации массы до 10 г/л (1 %). Производительность сортировки 8...145 т/сут в. с. волокна, мощность электродвигателя 7,5 кВт, габаритные размеры 1730×650×780 мм.

Для больших потоков производится сортировка СНС-2,0-20 тонкого сортирования бумажной массы перед машиной. Сортировка имеет производительность 90...300 т/сут по в. с. волокну, мощность электродвигателя — 75 кВт, габаритные размеры — 2500×1590×1820 мм и массу — 4,35 т. Сортировки могут иметь сита с круглыми отверстиями или со щелевыми прорезями.

1.8.4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДЕАЭРАЦИИ БУМАЖНОЙ МАССЫ

Воздух, являющийся наряду с загрязнениями также одним из нежелательных компонентов волокнистой массы, затрудняет получение высококачественной продукции и ухудшает работу бумагоделательных машин.

Деаэрация волокнистой массы осуществляется в основном в специальных устройствах — декулаторах или в вихревых очистителях, скомпонованных в одной установке с декулаторами.

Фирма «Ahlstrom» выпускает три типа декулаторов — многозональный Milti Retention, «крылатый» Flying Wing и «компактный» Space Saver.

Многозональный декулатор Milti Retention (рис. 1.71, а, б) предназначен для деаэрации волокнистой массы перед подачей на бумагоделательную машину. Декулатор представляет собой горизонтальный трубчатый аппарат специальной конструкции с системой подачи массы через spryski.

Очищенная масса после очистителей подается в декулатор через коллектор со spryskami Spinjet при низком перепаде давления. Spryski обеспечивают высокую скорость вращения струи с широким углом рассеивания и распылением массы на множество капель. Распыленная масса, пройдя spryski, ударяется о внутреннюю, тщательно отполированную поверхность декулатора, и за счет гидравлического удара волокна освобождаются от связанных с ними пузырьков воздуха.

В декулаторе поддерживается вакуум с помощью вакуум-насосов и теплообменника. Вакуумная система, спроектированная с учетом самых жестких условий эксплуатации, обеспечивает «кипящий» вакуум, необходимый для полной деаэрации массы при

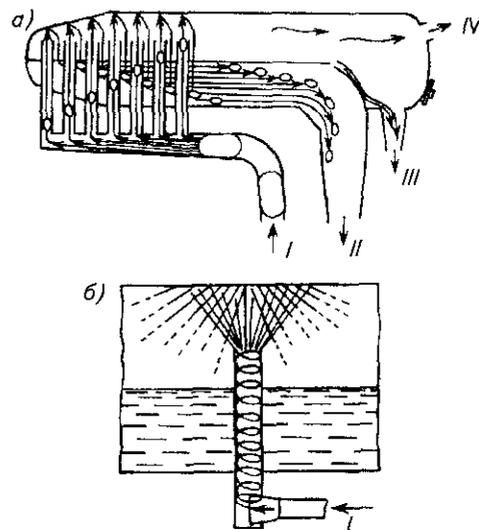


Рис. 1.71. Декулатор Milti Retention: а — схема устройства многозонального декулатора; б — схема подачи массы через spryski Spinjet;

I — подача массы; II — выход деаэрированной массы; III — перелив; IV — удаление воздуха

низком расходе энергии и экономии воды. Стабильный уровень массы в декуляторе поддерживается с помощью переливного устройства.

Деаэрированная масса из декулятора через выходной патрубков со специальным устройством для съема пены самотеком поступает к смесительному насосу и далее через узел сортирования подается в напорный ящик бумагоделательной машины. Декулятор размещается на отметке, превышающей уровень жидкости в сборнике оборотной воды приблизительно на 10 м. Перелив из декулятора возвращается в сборник оборотной воды.

Декулятор *Flying Wing* (рис. 1.72) предназначен для деаэрации и очистки волокнистой массы в одной установке. Он представляет собой установку, скомпонованную из декулятора и нескольких блоков вертикальных вихревых очистителей *Ahlcleaner*, размещенных в подводящих трубах («крыльях») декулятора.

Волокнистая масса при высокой концентрации разбавляется оборотной водой из сборника оборотной воды и смесительным насосом подается в вихревые очистители 1-й ступени очистки. Очистители работают при высоком вакууме, что обеспечивает эффективную очистку массы при минимальном расходе энергии. Очистители снабжены термоизносостойкими конусами, которые пригодны для очистки любых видов волокнистой массы. На выходе отходов из очистителей поддерживается

такой же вакуум, как и на потоке очищенной массы. Это устраняет динамические колебания в потоке отходов, что способствует более высокой степени очистки массы.

Диаметр патрубков для выхода отходов в очистителях, работающих под вакуумом, больше, чем в очистителях, работающих под давлением. Большой диаметр патрубков предотвращает проблемы, связанные с забиванием и износом конусов. За счет этого срок службы очистителей увеличивается, значительно уменьшается потребность в обслуживании и запасных частях.

Подача (впрыскивание) очищенной массы в декулятор через вихревые очистители обеспечивает максимальное распыление массы на множество капель. Гидравлический удар о внутреннюю, тщательно отполированную поверхность декулятора разрушает пучки волокон и освобождает пузырьки воздуха, связанные с волокном.

Очистители скомпонованы в «крыльях» декулятора каскадно или полукаскадно, в несколько ступеней. Очищенная масса после 1-й ступени попадает в главную камеру декулятора, а после 2-й и 3-й — в камеру перелива. На каждую ступень очистки, кроме последней, подается вода для разбавления из сборника оборотной воды. Очистители последней ступени очистки располагаются вне установки декулятора на рабочей отметке бумагоделательной машины. Вода для разбавления на последнюю ступень очистки подается из автономного источника для умень-

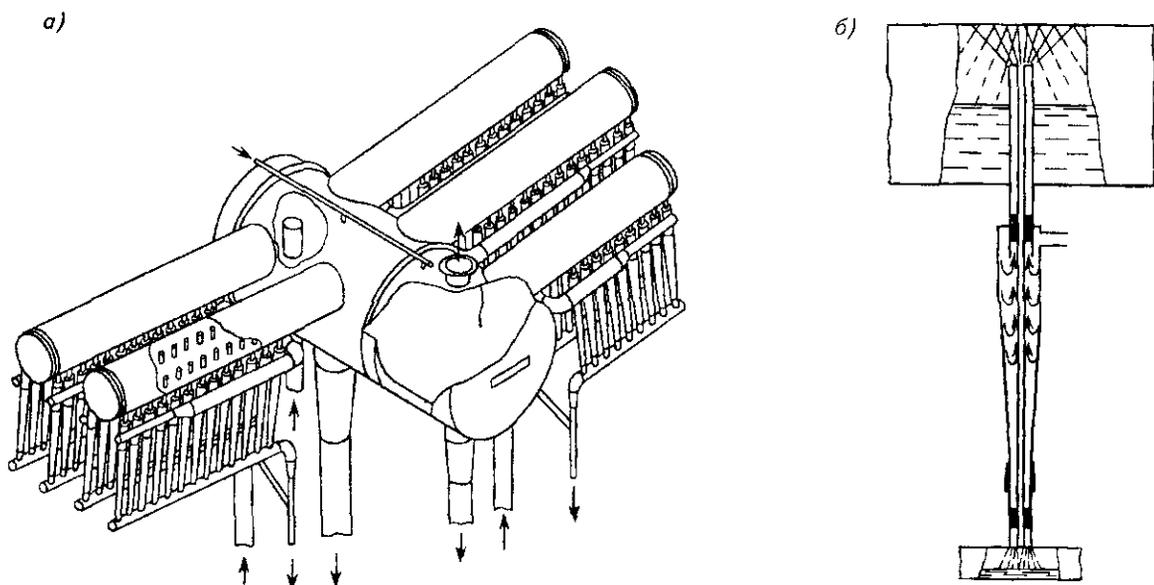


Рис. 1.72. Декулятор *Flying Wing*: а — общий вид; б — схема подачи массы через вихревой очиститель

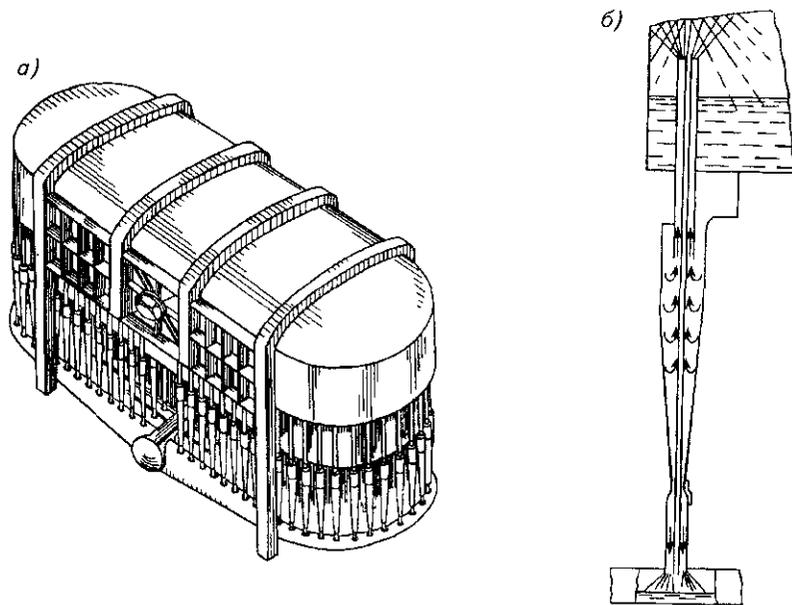


Рис. 1.73. Декулатор Space Saver: а — общий вид; б — схема подачи массы через вихревой очиститель

шения потерь годного волокна и обеспечения высокой степени очистки.

Декулатор размещается на отметке, превышающей уровень жидкости в сборнике оборотной воды приблизительно на 10...13 м. Перелив из декулатора возвращается в сборник оборотной воды.

Вакуумная система, состоящая из теплообменника и вакуум-насоса, расположенная на одной отметке с декулатором, обеспечивает в нем «кипящий» вакуум, необходимый для полной деаэрации волокнистой массы.

Деаэрированная масса из декулатора самотеком поступает к смесительному насосу и далее, через узел сортирования, подается в напорный ящик бумагоделательной машины.

Декулатор *Space Saver* (рис. 1.73) предназначен для деаэрации и очистки волокнистой массы в одной установке. Он представляет собой прямоугольную емкость с равномерно расположенными по ее периметру вертикальными очистителями. Декулатор и очистители сконструированы в единую, компактную конструкцию.

Как и в декулаторе *Flying Wing*, на 1-ю ступень очистителей масса подается после разбавления водой из сборника оборотной воды. На этой ступени используются специально разработанные фирмой «Ahlstrom» очистители RB 150 TI, изготовленные из коррозионно-стойкой стали. Очистители RB 150 TI снабжены термоизносостойкими конусами,

обеспечивающими высокую степень очистки массы от всевозможных включений.

Для последующих ступеней очистки используются другие модели очистителей *Ahlcleaner*, которые устанавливаются на индивидуальных «открылках», расположенных на одной рабочей отметке рядом с основной емкостью декулатора. На каждую ступень очистки, кроме последней, подается вода для разбавления из сборника оборотной воды. Очистители последней ступени очистки располагаются на рабочей отметке бумагоделательной машины, вода для разбавления подается сюда из автономного источника.

Процесс отделения пузырьков воздуха от волокон в декулаторе *Space Saver* протекает также, как и в декулаторе *Flying Wing*.

Все ступени очистителей и декулатор работают в единой вакуумной системе. Необходимый для эффективного процесса очистки и деаэрации волокнистой массы «кипящий» вакуум обеспечивается, как и в декулаторе *Flying Wing*, вакуум-насосами и теплообменником. В декулаторе поддерживается стабильный уровень массы, регулируемый специальной переливной трубой. Размещение декулатора относительно уровня жидкости в сборнике оборотной воды и подача деаэрированной массы в напорный ящик бумагоделательной машины осуществляются так же, как и в случае декулатора *Flying Wing*.

1.9. ФОРМОВАНИЕ БУМАЖНОГО И КАРТОННОГО ПОЛОТНА

1.9.1. НАПУСКНЫЕ УСТРОЙСТВА

1.9.1.1. Функции напускных устройств

В напускных устройствах бумажная масса принимает форму плоской струи, являющейся основой для отлива полотна. Эта функция характерна для любых напускных устройств — от вертикальных подпорных линеек до современных напорных ящиков малого объема.

Напускные устройства обеспечивают необходимую скорость потока бумажной массы, которая должна определенным образом соответствовать скорости движения сеток или формирующих цилиндров сеточных частей бумаго- и картоноделательных машин.

Соотношение между скоростью массы и скоростью сетки выражается формулой

$$K_M = \frac{v_M}{v_c}, \quad (1.48)$$

где v_M — скорость массы, поступающей на сетку, м/мин; v_c — скорость сетки или окружная скорость вращения формирующего цилиндра, м/мин.

При заметном превышении скорости массы по отношению к скорости сетки могут образовываться наплывы массы на сетку, что приводит к ухудшению макроструктуры бумаги и снижению показателей прочности. При обратном соотношении увеличивается анизотропия бумажного листа. И в том и в другом случае затрудняется регулирование массы 1 м^2 бумаги по длине полотна и возможность управления степенью ориентации волокон.

Практика показывает, что при выработке большинства видов бумаг v_M приблизительно равна или, что чаще, несколько меньше v_c .

В табл. 1.80 показано влияние соотношения скоростей массы и сетки на неравномерность просвета бумаги.

Для плоскосеточных машин справедливо положение, что с увеличением скорости машины значение K_M возрастает, оставаясь, как правило, меньше единицы.

Теоретическая скорость поступления массы на сетку определяется по известной формуле Торичелли

$$v = 60\sqrt{2gh}, \text{ м/мин}, \quad (1.49)$$

где g — ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; h — напор массы перед выпускной щелью напорного ящика, м.

Фактическая скорость поступления массы на сетку выражается формулой

$$v_M = \mu v, \text{ м/мин}, \quad (1.50)$$

где μ — коэффициент вытекания массы.

Значение μ зависит от формы выпускного отверстия, наличия местных сопротивлений вытеканию потока, концентрации массы, степени ее разработки, реологических характеристик, величины потока массы. Значение μ всегда меньше 1, для современных напускных устройств $\mu = 0,95 \dots 0,99$.

Фактическую скорость поступления массы на сетку можно определить также из уравнения баланса массы на бумагоделательной машине

$$v_M = \frac{0,001vBq(100 - W)}{(100 - m)cla}, \text{ м/мин}, \quad (1.51)$$

где v — скорость бумагоделательной машины, м/мин; B — ширина бумаги на накате, м; q — масса 1 м^2 бумаги, г; W — влажность вырабатываемой бумаги на накате, %; m — количество отходов а. с. вещества на машине, %; c — концентрация массы, поступающей на сетку, %; l — ширина щели, м; a — высота выпускной щели, м.

$$m = \frac{(A - B)}{A} 100, \%, \quad (1.52)$$

где A — а. с. вещество, поступающее за определенный отрезок времени из напорного ящи-

Таблица 1 80

Влияние K_M на неравномерность просвета бумаги

Вид бумагоделательной машины	Значение K_M	Неравномерность просвета (отн ед)
Плоскосеточная бумагоделательная машина средней производительности	0,96	70
	0,98	65
	1,00	63
	1,02	66
	1,04	72
Бумагоделательная машина с двусторонним обезвоживанием (PapriFormer)	0,96	61
	0,98	59
	1,00	56
	1,02	58
	1,04	64

ка на сетку, кг; B — а. с. вещество, полученное за то же время на накате, кг.

Количество отходов а. с. вещества m зависит главным образом от удержания компонентов бумажной массы в мокрой части бумагоделательной машины и может колебаться в широких пределах — от 10 до 50 %.

Скорость массы v_m обеспечивается величиной напора, определяемой из следующего выражения

$$h = \left(\frac{K_c K_m}{60\mu} \right) \frac{v^2}{2g} \mu, \text{ м}, \quad (1.53)$$

где K_c — коэффициент отставания скорости сетки от скорости бумаги на накате (скорости бумагоделательной машины), зависящий от вида бумаги, $K_c = 0,90 \dots 0,95$; K_m — соотношение между скоростью массы и скоростью сетки; v — скорость бумагоделательной машины, м/мин; μ — коэффициент вытекания массы.

При напоре до 1,0...1,5 м устанавливаются напорные ящики открытого типа, при большем напоре — напорные ящики закрытого типа.

Напускные устройства обеспечивают определенный угол встречи струи массы и сетки машины, а также место контакта массы с сеткой. С увеличением угла встречи и расстояния между вертикальной осью грудного вала и местом контакта массы с сеткой удержание компонентов бумажной массы уменьшается, а скорость обезвоживания увеличивается.

Напускные устройства должны обеспечивать стабильность струи бумажной массы, выражающейся в постоянном объемном расходе бумажной массы на единицу ширины сетки, а также в единицу времени. Это условие наряду с постоянством концентрации бумажной массы, приводит к минимизации колебаний массы 1 м^2 продукции по длине и ширине полотна.

Напускные устройства должны обеспечивать требуемое диспергирование бумажной массы. Степень диспергирования определяет равномерность макроструктуры бумажного полотна, от которой во многом зависит качество готовой продукции.

Возможность диспергирования бумажной массы определяется ее композицией, концентрацией и конструкцией напускного устройства [62].

1.9.1.2. Анизотропия бумажного листа

Бумажный лист обладает той или иной степенью анизотропности, т. е. показатели ее прочности в машинном и поперечном направлениях различаются. Например, прочность на разрыв в большинстве видов бумаги и картона в 2...3 раза (иногда в 5...6 раз) выше в машинном направлении, чем в поперечном.

Анизотропия обусловлена преимущественной продольной ориентацией волокна в бумажном листе, которая, в свою очередь, зависит от соотношения скоростей потока бумажной массы и сетки. Для большинства видов бумаги вполне приемлемым является средний уровень анизотропии для прочности на разрыв — (2+3):1. Определенные трудности представляет проблема обеспечения постоянства профиля ориентации, особенно для высокоскоростных широкоформатных бумагоделательных машин. Это связано с так называемыми краевыми эффектами, вызывающими большой разброс в ориентации волокон на кромках полотна. Эта зона на широкоформатных машинах может достигать двух метров от обеих кромок бумажного полотна. Для устранения этого эффекта существуют специальные технические решения, используемые в современных напускных устройствах.

Следует отметить, что для некоторых видов бумаги и картона (мешочной, картона для плоских слоев гофрокартона) требуется минимальная анизотропия — (1,0-1,5):1. Достичь таких значений путем превышения скорости массы по отношению к скорости сетки не удастся, так как это приводит к частичной дезориентации волокон в тонком слое, прилегающем к сетке бумагоделательной машины.

Получение бумаги и картона с минимальной анизотропией стало возможным только с созданием современных напускных устройств гидродинамического типа и устройств двухсеточного формования, особенно при подаче струи массы в зазор между формирующими поверхностями. Тормозящее действие формирующих сеток приводит к дезориентации волокон в верхнем и нижнем слоях бумаги, оставляя ориентированными только средние слои листа.

Сочетание соответствующих преимуществ двухсеточного формования с регулированием

ем скоростей потока массы по краям полотна практически решает проблему получения материалов с минимальной анизотропией [62].

1.9.1.3. Концентрация массы в напускных устройствах

Концентрацию массы выражают либо в процентах (C), % либо в граммах а. с. вещества в 1 л (C_1). Между указанными величинами существует соотношение:

$$C = \frac{C_1}{10}. \quad (1.54)$$

Концентрация массы в напускном устройстве — один из основных параметров технологического процесса производства бумаги и картона, что подтверждается следующими положениями:

концентрация в напускном устройстве — минимальная во всем технологическом потоке, она определяет количество воды, которое должно быть удалено на бумаго- или картоноделательной машине, а также объем бумажной массы, который должен быть подведен к напускному устройству от смесительного насоса;

концентрация в напускном устройстве во многом определяет реологические характеристики бумажной массы, способность ее к флокуляции и диспергированию; чем меньше концентрация, тем больше ее способность к диспергированию;

концентрация в напускном устройстве в значительной степени влияет на удержание компонентов бумажной массы в сеточной части бумагоделательной машины — чем больше разбавление, тем меньше удержание;

концентрация в напускном устройстве влияет на показатели прочности готовой продукции; более высокое разбавление улучшает большинство показателей прочности благодаря ориентации большей части волокон в горизонтальной плоскости и снижению неравномерности макроструктуры.

Концентрация массы в напускном устройстве определяется рядом факторов, основными из которых являются:

- вид вырабатываемой продукции;
- масса 1 м² бумаги или картона;
- композиция бумаги или картона;
- степень разработки волокна;
- наличие наполнителя;

Таблица 1.81
Концентрация бумажной массы в напускном устройстве для различных видов продукции

Вид продукции	Масса 1 м ² продукции, г	Концентрация массы, %	Примечание
Газетная бумага	42,0...48,8	0,35...0,60	—
Офсетная бумага	60...80	0,60...0,80	—
	90...120	0,80...1,20	—
Мешочная бумага	70...80	0,20...0,40	—
Обойная бумага	100...130	0,80...1,20	Однослойная Двухслойная
		0,60...0,80	
Санитарно-гигиеническая бумага	17...32	0,20...0,35	—
Картон для плоских слоев гофрокартона	150...200	0,80...1,20	Плоскосеточная КДМ Многослойное формование
		0,50...0,70	
Бумага для гофрирования	120...170	0,70...1,0	—
Целлюлозная папка	600...800	1,80...2,20	—

использование химических вспомогательных веществ;

обезвоживающая способность сеточного стола.

В табл. 1.81 приведены концентрации бумажной массы в напускных устройствах для различных видов продукции [56, 63].

1.9.1.4. Требования к современным напускным устройствам

Диспергирование бумажной массы, необходимое для отлива бумажного полотна с равномерной макроструктурой, достигается следующими техническими приемами и конструктивными решениями:

разбавлением бумажной массы, уменьшающим флокуляцию;

созданием интенсивной турбулентности, достаточной для разрушения флоккул; турбулентность при этом должна быть минимальной, что обеспечивает малые колебания массы 1 м² бумаги;

пропусканием бумажной массы через сужающиеся отверстия, позволяющие механически разрушать образовавшиеся флоккулы; как правило, это эффективно для предварительного разрушения крупных флоккул.

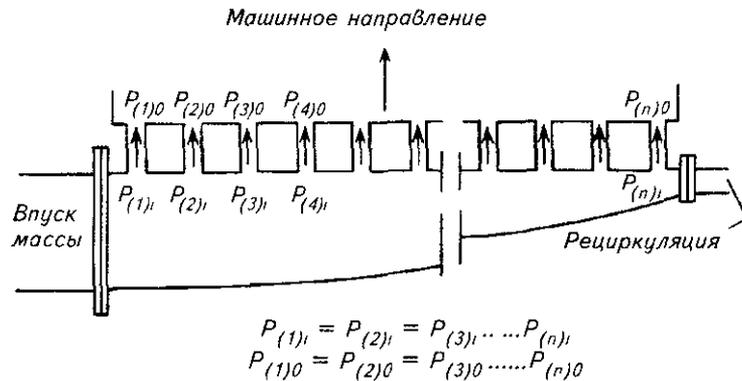


Рис. 1.74. Схема потокораспределителя напорного ящика ($P_{(1)}$, $P_{(2)}$, ..., $P_{(n)}$ — давление массы на выходе из потокораспределителя; $P_{(1)0}$, $P_{(2)0}$, ..., $P_{(n)0}$ — давление массы на входе в напорный ящик)

Гашение пульсаций, возникающих в процессе разбавления, очистки и сортирования бумажной массы, осуществляется следующим образом:

устранением источников пульсаций, т. е. созданием беспульсационных коротких схем оборота бумажной массы;

гашением пульсаций за счет большого объема бумажной массы в напускных устройствах закрытого типа и наличия в них воздушной подушки;

созданием специальных демпферных систем, охватывающих весь диапазон частот пульсаций.

Равномерное потокораспределение, обеспечивающее постоянство давления массы на выходе из потокораспределителя, достигается следующим образом:

сужающейся конической или параболической формой подводящей трубы потокораспределителя;

переливом бумажной массы с целью выравнивания давления по потокораспределителю;

подачей массы в камеру напускного устройства через ряд распределительных трубок, обеспечивающих создание потока без перекрещивающихся струй и такую турбулентность, которую можно погасить в выравнивающих устройствах (рис. 1.74).

Постоянство поперечного профиля полотна по толщине и массе 1 м^2 достигается следующими приемами:

автоматическим регулированием профиля выпускной щели;

высокой точностью изготовления и минимальной деформацией конструктивных элементов напускного устройства;

стабилизацией поперечного профиля путем регулируемого точечного разбавления

бумажной массы в напускном устройстве по местам колебания концентрации бумажной массы.

1.9.1.5. Напорные ящики закрытого типа

Закрытые напорные ящики применяются при скорости машин свыше 400...450 м/мин. Напор массы перед выходом ее на сетку может быть создан двумя способами:

созданием давления воздуха или разрежения (в зависимости от скорости машины) в верхней части напорного ящика;

подачей массы через потокораспределитель осевым насосом.

Универсальный напорный ящик фирмы «КМВ» (рис. 1.75) является модифицированным вариантом классического напорного ящика с перфорированными валиками и воздушной подушкой. Ящик предназначен для плоскосеточных бумаго- и картоноделательных машин, а также для пресспатов, пригоден для любых скоростей и любой ширины машины, массы 1 м^2 листа и вида продукции, легко устанавливается на действующей машине.

Система первичного распределения состоит из конического потокораспределителя 1 с односторонней подачей массы, перфорированной пластины 2 и тормозного элемента. При прохождении массы через перфорированную пластину происходит значительное падение напора и направление потока изменяется на 90° , т. е. он становится параллельным сетке. Тормозной элемент представляет собой перфорированный валик 3, эффективно рассеивающий струи, выходящие из перфориро-

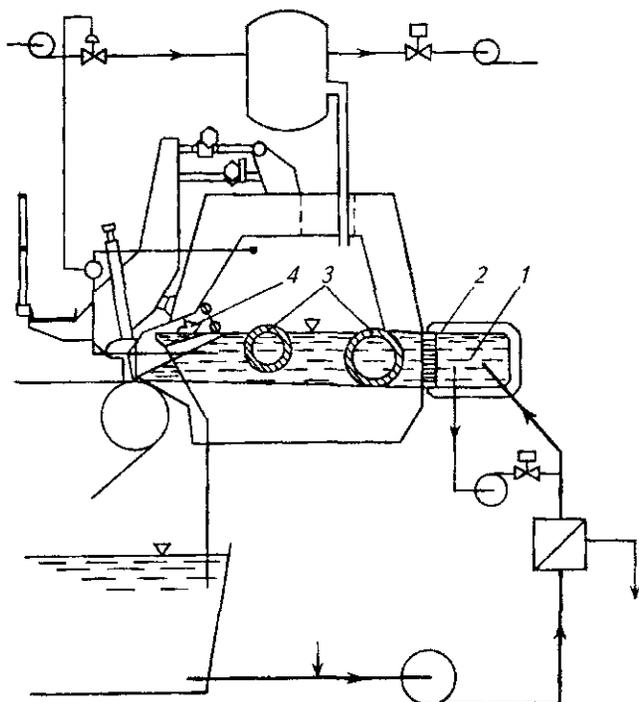


Рис. 1.75. Универсальный напорный ящик фирмы KMW: 1 — потокораспределитель; 2 — перфорированная пластина; 3 — перфорированные валики; 4 — перелив избыточной массы

ванной пластины. Второй перфорированный валик 3 стабилизирует поток перед его поступлением в выпускную щель. Уровень массы в напорном ящике всегда поддерживается постоянным благодаря переливу 4. Скорость истечения массы регулируется давле-

нием в воздушной подушке, которая частично гасит пульсацию давления в массе. Передняя стенка имеет верхнюю губу. Для регулирования массы 1 м^2 по ширине полотна используется верхняя губа выпускной щели, профиль которой может изменяться с помощью маховичков.

Конструкция универсального напорного ящика обеспечивает:

равномерное распределение массовой суспензии по ширине сетки;

равномерное давление массы по всей ширине машины, регулируемое с помощью вентиля в рециркуляционной линии;

высокий дефлокулирующий эффект на выходе, равномерную макроструктуру листа, высокую механическую стабильность конструкции — максимальный прогиб передней стенки и нижней части выпускной щели составляет $0,2 \text{ мм}$, боковых стенок и крышки — 1 мм , перфорированных валиков — $1...2 \text{ мм}$, потокораспределителя — $0,5...1,0 \text{ мм}$.

ЦНИИБуммаш разработал напорный ящик закрытого типа с турбулизирующим блоком (рис. 1.76). Он предназначен для бумагоделательных машин обрезной шириной до 6720 мм , скоростью до 1200 м/мин , массой 1 м^2 — до 200 г . Концентрация массы при отливе составляет $0,2...1,2 \%$.

Конструкция напорного ящика обеспечивает:

равномерную макроструктуру бумажного полотна;

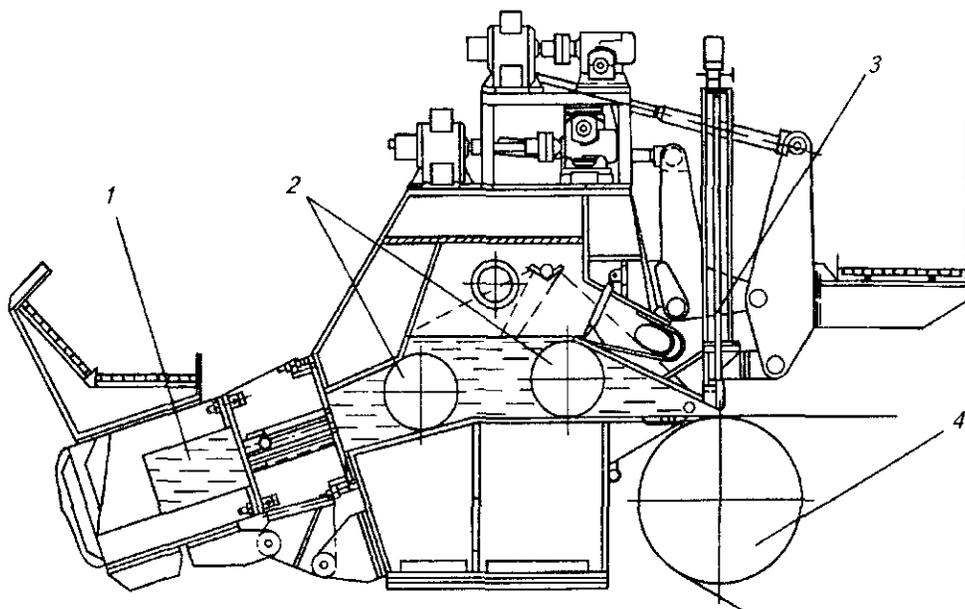


Рис. 1.76. Напорный ящик закрытого типа с турбулизирующим блоком:

1 — потокораспределитель; 2 — перфорированные валики; 3 — регулятор выпускной щели; 4 — грудной вал

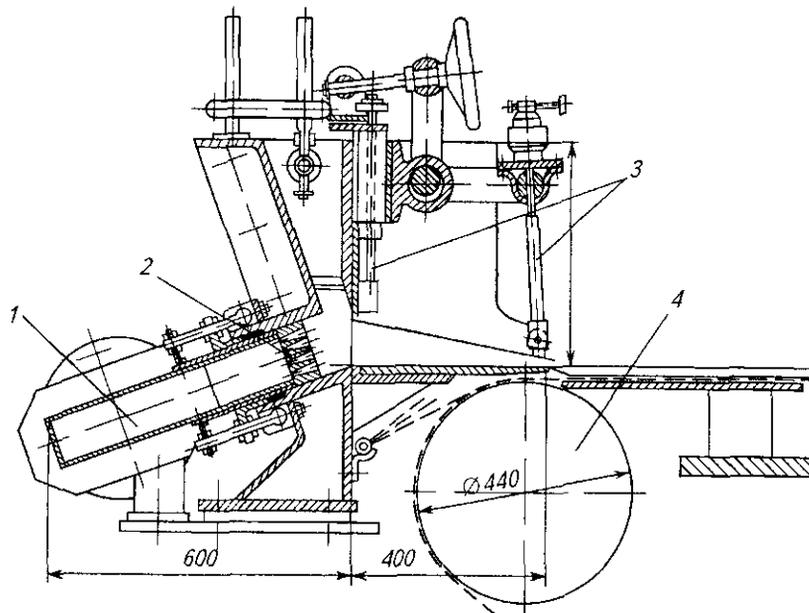


Рис. 1.77. Напорный ящик с управляемым потоком:
1 — потокораспределитель, 2 — перфорированные валики, 3 — регулятор выпускной щели, 4 — грудной вал

колебание массы 1 м^2 продукции по ширине — не более 1,0...1,5 %;

точность регулирования профиля выпускной щели — 0,01 мм.

Напорный ящик может поставляться в комплекте с системой автоматического управления, ручным или дистанционным регулированием профиля выпускной щели.

Во ВНИИБе разработан напорный ящик с управляемым потоком для бумагоделательных машин, вырабатывающих бумагу массой от 25 до 250 г/м^2 с обрезной шириной до 5...6 м и работающих со скоростью от 50 до 500 м/мин (рис. 1.77).

Отличительной особенностью нового напорного ящика является возможность регулирования размеров и геометрической формы основных узлов ящика: коллектора потокораспределителя, длины проточной части корпуса ящика, профиля верхней губы в массонапускной щели ящика. Конструкция ящика предусматривает установку сменной высокоэффективной перфорированной плиты, рассчитанной соответствующим образом.

Конструкция напорного ящика обеспечивает:

существенное улучшение макроструктуры бумажного листа;

минимальные отклонения массы 1 м^2 по ширине и длине полотна.

1.9.1.6. Напорные ящики гидродинамического типа

Напорные ящики гидродинамического типа предназначены для использования в современных формующих системах с двухсторонним обезвоживанием. Они вполне пригодны также для плоскосеточных бумаго- и картоноделательных машин. Напор в гидродинамических ящиках создается насосом, подающим бумажную массу в потокораспределитель, воздушная подушка в таких ящиках отсутствует.

Ведущими машиностроительными фирмами разработана целая гамма напорных ящиков гидродинамического типа для формующих частей различных конструкций и любых видов бумаги и картона.

Напорный ящик гидродинамического типа фирмы «Escher Wyss» (рис. 1.78, а, б) предназначен для установки на плоскосеточных машинах. Его важнейшим элементом является блок ступенчатых диффузоров (рис. 1.78, б), выполняющий следующие функции:

ориентацию потока бумажной массы, выходящего из потокораспределителя 3 в машинном направлении;

обеспечение равномерной скорости истечения суспензии по всей ширине машины, вы-

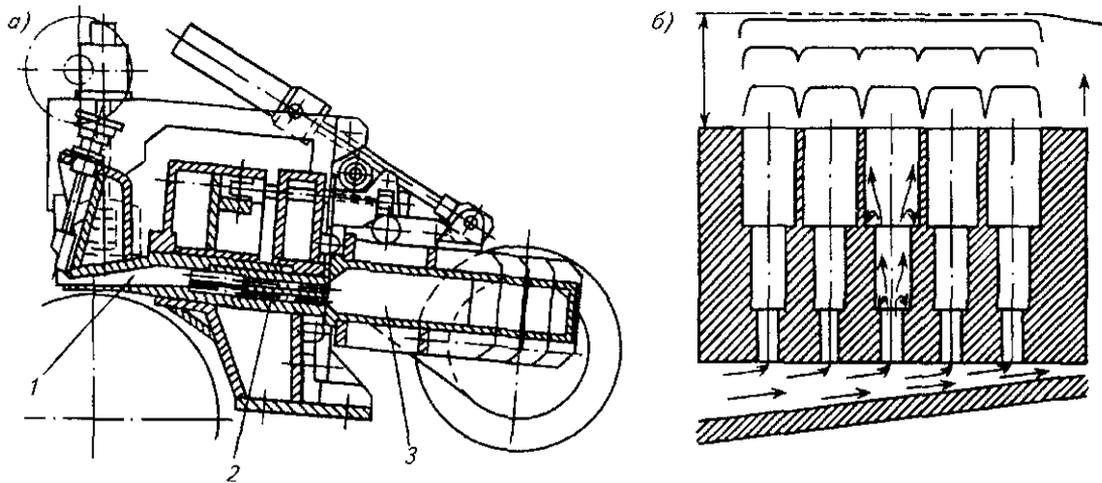


Рис. 1.78. Напорный ящик гидродинамического типа (а) и схема блока ступенчатых диффузоров (б):

1 — устройство для выпуска массы на сетку; 2 — блок ступенчатых диффузоров; 3 — потокораспределитель

равнивание профиля скоростей бумажной массы, выходящей из диффузора;

создание контролируемой турбулентности для разрушения флоккул.

Напускные устройства со ступенчатыми диффузорами устанавливаются на машинах, производящих различные виды бумаги и картона. Они применяются при производстве всех видов картона на плоско- и круглосеточных машинах. При расходе суспензии 250...600 л/мин на 1 м ширины достаточно одного ряда элементов ступенчатого диффузора, при больших расходах устанавливается несколько рядов — один над другим. Максимальное отклонение массы 1 м² по ширине полотна составляет $\pm 1,5\%$ при ширине 5400 мм.

Такие напускные устройства устанавливаются и на бумагоделательных машинах с отсасывающим грудным валом, выпускающих санитарно-гигиенические виды бумаги с максимальной скоростью 1500 м/мин и шириной 5300 мм. Указанные напускные устройства применяются и в производстве писчебатных видов бумаги с различной шириной сетки (до 8000 мм).

Фирма «Beloit» разработала напорный ящик, получивший название Converflo (рис. 1.79), обеспечивающий получение стабильной струи выходящей массы, характеризующейся интенсивной микротурбулентностью при высокой степени диспергирования.

Из конического потокораспределителя масса поступает в блок трубок 1 с малым живым сечением на входе и относительно большим на выходе. Блок конических трубок перегородивает все поперечное сечение ящи-

ка. После трубчатого блока масса попадает в выравнивающую, или «успокоительную», камеру 2. Далее масса проходит через перфорированную плиту 3 и поступает в каналы, образованные Converflo-листами 6, представляющими собой тонкие пластины, расположенные в горизонтальной плоскости и закрепленные одним концом в перфорированной плите. Противоположные незакрепленные концы пластин доходят почти до на-

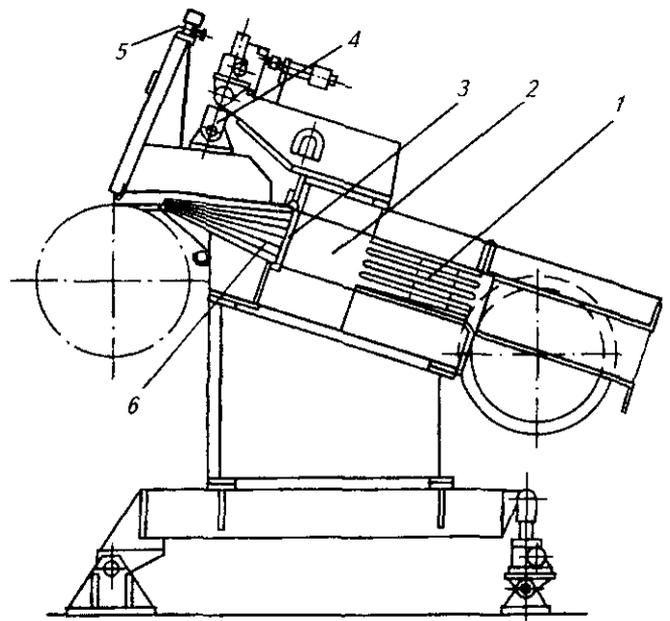


Рис. 1.79. Напорный ящик Converflo фирмы «Beloit»: 1 — блок трубок; 2 — выравнивающая («успокоительная») камера; 3 — перфорированная плита; 4, 5 — регуляторы выпускной щели; 6 — Converflo-листы

пускной щели и создают подвижную систему, хорошо гасящую завихрения в массе.

С целью устранения пульсаций разработано специальное демпфирующее устройство в виде мембраны с регулируемым давлением, монтируемой во входном коллекторе напорного ящика. Дальнейшее усовершенствование привело к созданию демпфера канистрового типа, который монтируется непосредственно в существующую трубопроводную систему.

Для напорного ящика Converflo характерны простота конструкции, отсутствие внутренних вращающихся деталей, малый объем находящейся под давлением массы. Конструкция на 50 % легче, чем ящик с перфорированными валиками. Такие напорные ящики можно использовать на высокоскоростных плоскосеточных машинах, а также в формующих устройствах с двухсторонним обезвоживанием при выработке широкого ассортимента бумаги и картона.

Новым поколением Converflo является разработанный компаниями «Beloit» и «Mitsubishi» напорный ящик Concept IV-TM (рис. 1.80).

В модели Concept IV-TM используются сужающийся параболический коллектор и пучок труб для распределения в поперечном

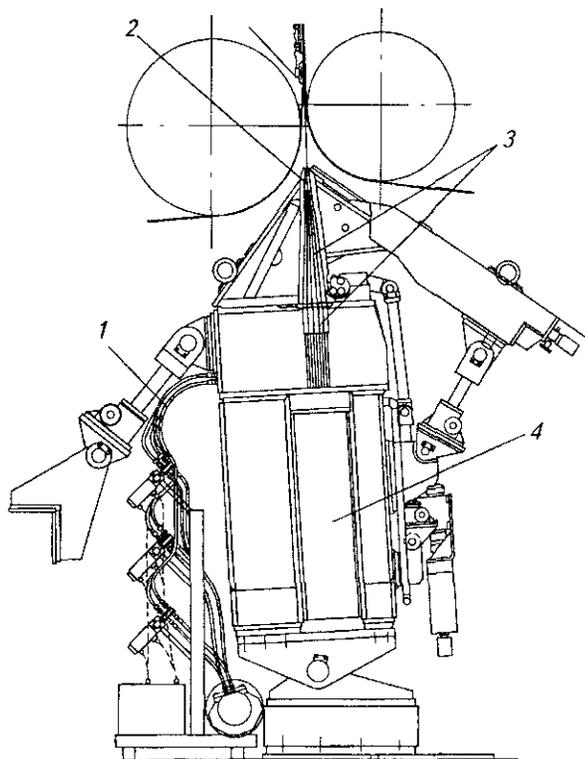


Рис. 1.80. Напорный ящик «Concept IV-TM»:

1 — подача разбавляющей воды; 2 — выпускная щель; 3 — турбулизирующие каналы; 4 — потокораспределитель

направлении, а также концевое сопло, имеющее листы Converflo для регулирования турбулентности потока, выходящего на сетку.

Главная особенность этой модели напорного ящика заключается в том, что пучок труб и выходное сопло расположены на одной линии, благодаря чему не происходит изменений в направлении потока бумажной массы. Это создает высокую гидравлическую стабильность и малые колебания 1 м^2 массы. Такая высокая стабильность позволяет устранить губу выпускной щели с регулируемым профилем. Эта губа и все сопряженные с ней механизмы заменены системой контроля и регулирования концентрации массы по всей ширине потока.

В напорном ящике Concept IV-TM профиль 1 м^2 массы регулируется изменениями локальной концентрации с помощью специальной системы впрыскивания. Каждая из впрыскивающих трубок осуществляет дозирование оборотной воды в коллектор непосредственно в поток массы, вытекающий из одной из трубок напорного ящика.

Фирмой «Valmet» разработано семейство напускных устройств Sim Flo для различных видов продукции и формующих устройств.

Напускное устройство Sim Flo T (рис. 1.81) предназначено для применения на широкоформатных и быстроходных картоноделательных машинах. Устройство оснащено двумя многотрубными конструкциями, обеспечивающими равномерное распределение волокон в напускной струе, и воздушной камерой для эффективного гашения пульсаций и отвода пены. Хорошее диспергирование волокна достигается за счет эффективной турбулентности, создаваемой микротурбулизатором.

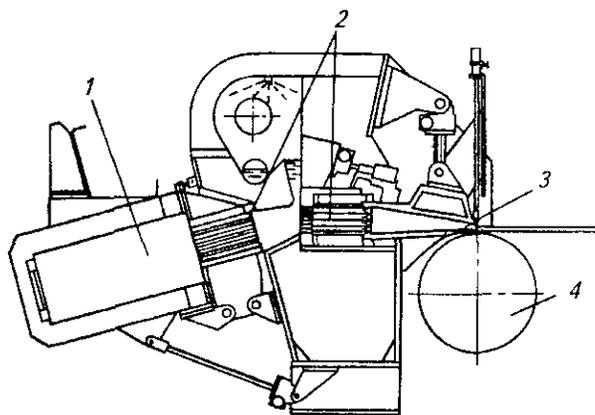


Рис. 1.81. Напорный ящик Sim Flo T:

1 — потокораспределитель; 2 — турбулизирующие каналы; 3 — выпускная щель; 4 — гауч-вал

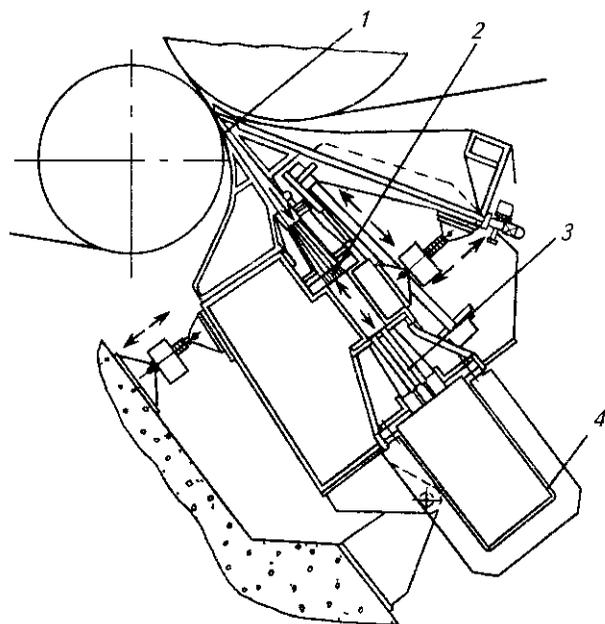


Рис. 1.82. Напорный ящик Sim Flo:

1 — выпускная щель, 2 — турбулизирующие каналы, 3 — выходные трубы потокораспределителя, 4 — потокораспределитель

На рис. 1.82 показана модификация напускного устройства Sim Flo для быстроходных машин с двухсторонним обезвоживанием. Устройство рассчитано на скорости до 1800 м/мин и предназначено для выпуска газетной и писчепечатных видов бумаги. Колебания массы 1 м^2 по ширине машины не превышают 1,0...1,5 %. Конструкция напускного устройства Sim Flo обеспечивает высокую стабильность потока массы, оптимальную ориентацию волокон, снижение проблем, связанных с краевыми эффектами.

Фирма «Voith» разработала конструкцию гидродинамического напорного ящика W-типа (рис. 1.83). Конструкция обеспечивает равномерный профиль скорости истечения массы по ширине машины. Напорный ящик не имеет внутренних движущихся или вращающихся частей, занимает мало места и успешно применяется при выработке различных видов бумаги и картона на машинах любой ширины и скорости.

Современные разработки фирмы «Voith Sulzer» представлены напорным ящиком Module Jet. Смесительный блок для напорного ящика Module Jet представлен на рис. 1.84.

Напорный ящик Module Jet обеспечивает выпуск высококачественных видов бумаги для печати с минимальными колебаниями по массе 1 м^2 , характеристикам механической прочности и равномерности макроструктуры. Точное регулирование массы 1 м^2 и ори-

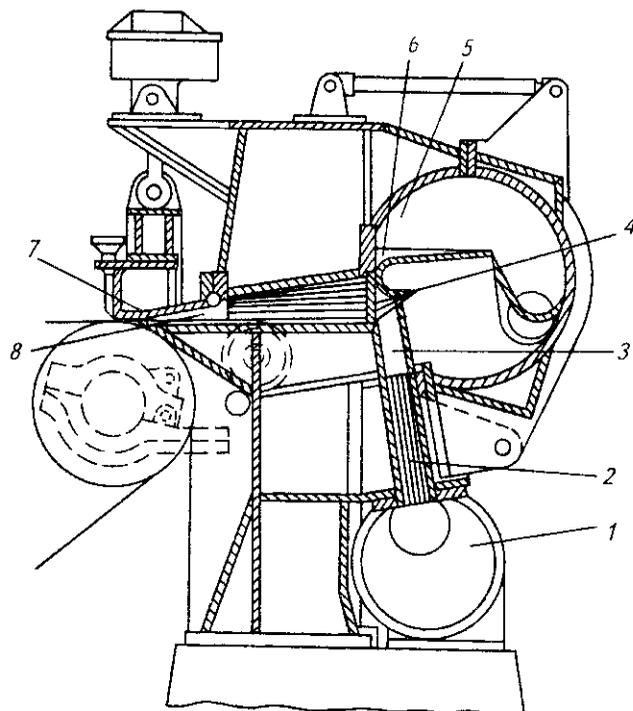


Рис. 1.83. Напорный ящик W типа фирмы «Voith»:

1 — потокораспределитель, 2 — пучок трубок, 3 — выравнивающая камера, 4 — турбулентная камера, 5 — сборник пены и избыточной массы, 6 — переливной сборник, 7 — верхняя губа, 8 — выпускной канал

ентации волокон в листе обеспечивается контролируемым введением в смесительную камеру оборотной воды низкой концентрации из специального потокораспределителя параболического типа.

Напорный ящик Module Jet успешно работает на высокопроизводительных бумаго-

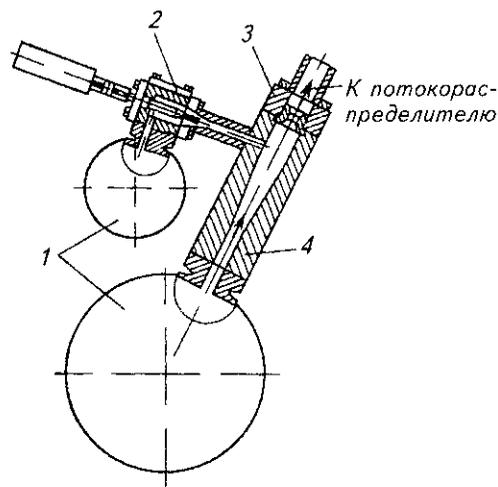


Рис. 1.84. Смесительный блок для напорного ящика Module Jet.

1 — параболические головки, 2 — регулирующий клапан, 3 — дроссель, 4 — смесительная камера

делательных машинах, в частности, в потоке по производству газетной бумаги массой 40...48,8 г/м², содержащей термомеханическую массу и макулатуру. Скорость машины — 1700 м/мин, обрезная ширина — 8900 мм.

1.9.1.7. Напускные устройства для многослойного отлива

Гидродинамическая стабильность потока бумажной массы, обеспечиваемая современными конструкциями напускных устройств, позволила осуществить многослойное формование бумаги и картона из одного напорного ящика. Такое формование получило название структурного формования. К его преимуществам следует отнести:

возможность различной композиции по слоям многослойных бумаги и картона;

возможность введения наполнителей, проклеивающих веществ, химических вспомогательных веществ в те слои, где это необходимо;

получение окрашенной бумаги путем введения красителей только в покровный слой; оптимальное использование различных фракций волокна при его фракционировании.

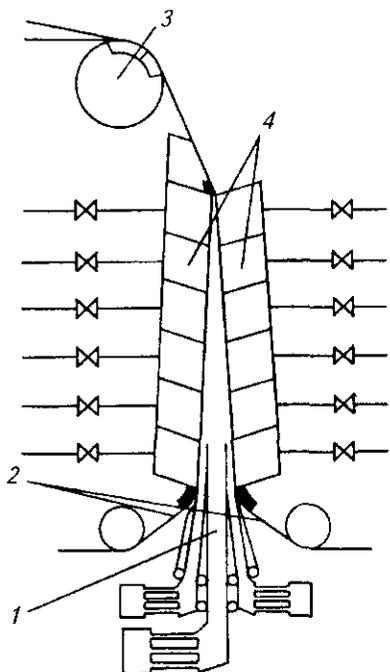


Рис. 1.85. Схема формующего устройства Controflo-Former:

1 — трехслойное напускное устройство; 2 — формующие сетки; 3 — гауч-вал; 4 — отсасывающие устройства

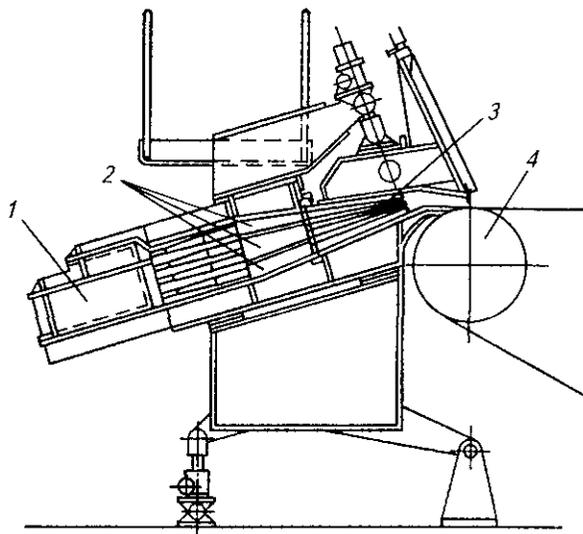


Рис. 1.86. Трехканальное напускное устройство Stratoflo:

1 — потокораспределитель; 2 — каналы для массы; 3 — Converflo-листы; 4 — гауч-вал

Структурное формование целесообразно как для картона, так и для многих видов бумаги, вплоть до санитарно-гигиенических.

Схема формующего устройства Controflo-Former фирмы «Tampella» приведена на рис. 1.85. На рис. 1.86 представлено трехканальное напускное устройство Stratoflo фирмы «Beloit».

По мнению специалистов ведущих зарубежных фирм, структурное формование — одно из наиболее перспективных направлений совершенствования производства бумаги и картона.

1.9.1.8. Напускные устройства для бумажной массы повышенной концентрации

Повышение концентрации массы при отливе позволяет:

уменьшить длину сеточного стола;
сократить расход энергии на обезвоживание и транспортирование бумажной массы;
уменьшить размеры бассейнов и трубопроводов;

снизить нагрузки на очистную аппаратуру благодаря уменьшению объемов сточных вод;

увеличить сухость после прессования и удержания компонентов бумажной массы.

Специальная конструкция напускных устройств для массы повышенной концентра-

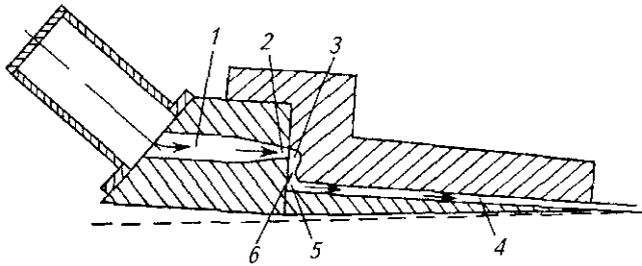


Рис. 1.87. Схема напускного устройства для массы повышенной концентрации:

1 — цилиндрические отверстия, 2 — сужающаяся щель; 3 — смесительная камера; 4 — ускоряющий канал; 5 — отклоняющая камера; 6 — канал гашения турбулентности

ции позволит увеличить концентрацию при отливе до 3...4 %. При этом в напускном устройстве образуется сравнительно равномерная волокнистая структура, заметная часть волокон в которой отклоняется от горизонтальной плоскости. Бумага становится более пухлой, сопротивление расслаиванию и разрыванию у таких материалов выше, а разрывная длина ниже, чем при отливе из массы низких концентраций [62]. Схема напускного устройства для массы повышенной концентрации представлена на рис. 1.87.

В зоне диспергирования благодаря удару потока о стенку камеры происходит быстрое диспергирование массы с последующим формированием трехмерной волокнистой структуры в канале гашения турбулентности.

Использование отлива из массы повышенной концентрации перспективно при формировании бумаги для гофрирования, внутренних слоев коробочного картона, некоторых видов бумаги и картона с повышенными пухлостью, впитывающей способностью и воздухопроницаемостью.

1.9.2. ОБЕЗВОЖИВАНИЕ В СЕТОЧНОЙ ЧАСТИ БУМАГО- И КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

1.9.2.1. Общая характеристика процесса формирования

В сеточной части происходит преобразование бумажной массы в бумажное полотно, закладываются основы структуры бумажного листа, создаются условия для развития механической прочности готовой продукции. Основным фактором, обеспечивающим про-

текание этих процессов, является обезвоживание слоя оседающих волокон и образование первичных связей с участием воды.

На сеточном столе сухость бумажного полотна возрастает от начальной, соответствующей концентрации массы в напускном устройстве, до сухости в среднем 18...24 % (в зависимости от вида продукции и конструкции сеточного стола) по окончании обезвоживания в сеточной части. Таким образом, на сеточном столе, в зависимости от начальной концентрации, удаляется 95...99 % всей воды, имеющейся в бумажной массе, или 80...450 м³ воды на 1 т продукции [56, 62].

1.9.2.2. Основы расчета обезвоживания (по материалам СПбГТУРП)

Под временем формирования понимается время, протекающее от момента напуска массы на сетку до появления «сухой линии» при условии непрерывности обезвоживания. Время формирования $t_{\text{ф}}$ определяется по формуле

$$t_{\text{ф}} = \frac{L}{v_{\text{с}}}, \text{ мин.} \quad (1.55)$$

где L — длина непрерывной зоны обезвоживания от напуска массы до «сухой линии», м; $v_{\text{с}}$ — скорость сетки, м/мин.

Время формирования непосредственно связано со средней скоростью фильтрации. Высота слоя воды Δh , удаленной из массы на участке формирования бумажного полотна, определяется по формуле

$$\Delta h = \frac{q}{C_{\text{сл}} \cdot 10^3} \frac{C_{\text{сл}} - C_0}{C_0 - C_{\text{рег}}}, \text{ м.} \quad (1.56)$$

где q — абсолютно сухая масса 1 м², г; $C_{\text{сл}}$ — концентрация массы на сухой линии, г/л; $C_{\text{рег}}$ — концентрация регистровой воды, г/л; C_0 — концентрация массы в напорном ящике, г/л.

Средняя скорость фильтрации при формировании бумажного полотна рассчитывается по формуле

$$v_{\text{ф. ср}} = \frac{\Delta h}{t_{\text{ф}}} = \frac{\Delta h v_{\text{с}}}{L}, \text{ м/мин.} \quad (1.57)$$

Существует зависимость показателей прочности, в частности, разрывной длины, от времени формирования при различной концентрации массы в напорном ящике. Минимально

допустимая продолжительность формования ($t_{\text{пр. ф}}$) — это время, при котором разрывная длина достигает своего максимального значения. Если время формования меньше $t_{\text{пр. ф}}$, то разрывная длина также меньше, чем при $t_{\text{пр. ф}}$. С уменьшением концентрации $t_{\text{пр. ф}}$ увеличивается. Установлено, что время формования при постоянной концентрации C_0 пропорционально массе 1 м^2 бумаги во второй степени.

Наличие предельного времени формования объясняется тем, что при высокой скорости фильтрации часть волокон располагается не в плоскости бумажного полотна, а по траектории удаляемой из бумажной массы воды. В результате нарушаются макроструктура бумаги и ее показатели прочности.

Для конкретного вида бумаги удобнее пользоваться так называемым предельным приведенным временем формования $t_{\text{пр. прив}}$ [64]. $t_{\text{пр. ф}}$ и $t_{\text{пр. прив}}$ связаны между собой следующим эмпирическим соотношением

$$t_{\text{пр. ф}} = t_{\text{пр. прив}} \left(\frac{q}{100} \right)^2, \text{ с}, \quad (1.58)$$

где q — масса 1 м^2 бумаги, г.

Для конкретных видов бумаги предельное приведенное время формования определяется по эмпирической формуле

$$t_{\text{пр. прив}} = b - aC_0, \text{ с}, \quad (1.59)$$

где $t_{\text{пр. прив}}$ — предельное время формования, приведенное к бумаге массой 100 г/м^2 , с; C_0 — концентрация бумажной массы при отливе, %; a , b — экспериментальные коэффициенты.

Значения фактического предельного времени формования $t_{\text{пр. ф}}$ в виде $t_{\text{пр. прив}}$ приведены в табл. 1.82.

На значения коэффициентов a и b влияют масса 1 м^2 бумаги, степень помола бумажной массы и ее зольность.

Так как данные табл. 1.82 являются экспериментальными, то для определения $t_{\text{пр. прив}}$ для конкретного расчета следует выбрать из таблицы подходящий по композиции и степени помола вид бумажной массы.

Предельное время формования накладывает ограничения на допустимую интенсивность обезвоживания бумажной массы в сеточной части. Если обезвоживание массы происходит в одном обезвоживающем эле-

Таблица 1.82

Значение фактического предельного времени формования

Бумага	Композиция	Масса 1 м^2 , г	Степень помола, °ШР	Зависимость приведенного к бумаге массой 100 г/м^2 предельного времени формования от концентрации бумажной массы (%) $t_{\text{пр. прив}} = b - aC_0$
Мешочная	100 % небеленой сульфатной целлюлозы	65	38	$t_{\text{пр. прив}} = 0,836 - 0,723 C_0$
Газетная	17 % сульфитной небеленой целлюлозы, 10 % сульфатной белой целлюлозы, 73 % древесной массы	51	60	$t_{\text{пр. прив}} = 1,497 - 1,254 C_0$
Типографская № 3	35 % небеленой сульфитной целлюлозы, 65 % древесной массы, наполнитель	63	55	$t_{\text{пр. прив}} = 1,122 - 0,924 C_0$
Бумага-основа для пергамента	85 % белой сульфитной целлюлозы, 15 % белой сульфитной облагороженной целлюлозы	62	60	$t_{\text{пр. прив}} = 1,211 - 0,841 C_0$
Писчая № 2	50 % белой древесной массы, 50 % белой сульфитной целлюлозы, наполнитель, клей	65	60	$t_{\text{пр. прив}} = 1,340 - 0,930 C_0$
Типографская № 1	35 % белой хвойной сульфатной целлюлозы, 65 % белой лиственной целлюлозы, наполнитель	60	56	$t_{\text{пр. прив}} = 1,830 - 1,20 C_0$
Иллюстрационная	100 % сульфитной белой целлюлозы, наполнитель, клей	120	27	$t_{\text{пр. прив}} = 0,558 - 0,442 C_0$
Офсетная № 2	50 % белой сульфитной целлюлозы, 50 % древесной массы, наполнитель, клей	75	64	$t_{\text{пр. прив}} = 1,405 - 0,806 C_0$
Бумага-основа для пакетов тетра-пак	100 % полубеленой хвойной сульфатной целлюлозы, клей	170	27	$t_{\text{пр. прив}} = 0,461 - 0,364 C_0$

Таблица 1.83

Концентрация регистровой воды $C_{рег}$ для расчета предельной средней скорости фильтрации, %

Бумага	Концентрация в напорном ящике, %								
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Газетная ($q = 51 \text{ г/м}^2, 60 \text{ °ШР}$)	0,018	0,024	0,029	0,034	0,40	—	—	—	—
Типографская № 3 ($q = 63 \text{ г/м}^2, 55 \text{ °ШР}$)	0,115	—	0,165	0,190	0,215	0,240	0,265	—	—
Основа для пергамента ($q = 62 \text{ г/м}^2, 60 \text{ °ШР}$)	—	0,040	0,042	0,044	0,046	0,048	0,050	—	—
Писчая № 2 ($q = 65 \text{ г/м}^2, 60 \text{ °ШР}$)	—	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	—	—
Типографская № 1 ($q = 60 \text{ г/м}^2, 56 \text{ °ШР}$)	—	—	—	0,180	0,220	0,240	0,250	—	—
Иллюстрационная ($q = 120 \text{ г/м}^2, 27 \text{ °ШР}$)	—	—	0,121	0,132	0,142	0,154	0,164	0,174	0,184
Офсетная № 2 ($q = 75 \text{ г/м}^2, 64 \text{ °ШР}$)	—	—	—	0,077	0,082	0,088	0,094	0,10	—

менте при постоянном фильтрационном напоре, то непосредственно можно использовать $t_{пр. ф}$. В расчетах процесса обезвоживания должно выполняться условие: $t_{расч} \geq t_{пр. ф}$.

Если же обезвоживание происходит на разных обезвоживающих элементах, то целесообразно использовать среднюю предельную скорость фильтрации $v_{ф. ср. пр}$, которая вычисляется так же как и $v_{ф. ср}$

$$v_{ф. ср. пр} = \frac{\Delta h_{кон}}{t_{пр. ф}}, \text{ м/мин}, \quad (1.60)$$

где $\Delta h_{кон}$ — высота слоя массы по окончании формования, м.

При этом должно выполняться условие $v_{ф. расч} \leq v_{ф. ср. пр}$

Для вычисления $v_{ф. ср. пр}$ необходимо знать концентрацию регистровой воды $C_{рег}$. При отсутствии экспериментального значения $C_{рег}$ следует использовать значение $C_{рег}$, указанное в табл. 1.83.

На регистровой части значение $v_{ф. ср}$ вычисляется для каждого обезвоживающего элемента отдельно. Поэтому на основе $v_{ф. ср. пр}$ следует определить изменение $v_{ф. пр}$ вдоль всего участка формования и связать с соответствующей осредненной концентрацией бумажной массы. Отношение скоростей фильтрации определяется по формуле

$$\frac{v_{ф(x)}}{v_{ф. ср}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L}{x}}, \quad (1.61)$$

где x — расстояние от начала обезвоживания, м; L — длина зоны обезвоживания до «сухой линии», м.

Значение этого отношения приведено в табл. 1.84.

Осредненная концентрация массы $C_{0(x)}$ на расстоянии X от начала элемента находится по формуле

$$C_{0(x)} = C_{рег} + \frac{C_0 - C_{рег}}{1 - \left(1 - \frac{C_0 - C_{рег}}{C_{сл} - C_{рег}}\right) \sqrt{\frac{X}{L}}}, \%. \quad (1.62)$$

При известной средней скорости фильтрации можно определить требуемое для отсасывающих ящиков значение вакуума S по формуле

$$S_n = \frac{v_{ф. пр}}{K} \left(l_1 + \frac{C_{01} - C_m}{C - C_{01}} \frac{v_{ф. пр}}{v_c} L_{ящ} n \right), \text{ м}, \quad (1.63)$$

где n — номер отсасывающего ящика; $L_{ящ}$ — живая длина отсасывающего ящика, м; K — коэффициент фильтрации бумажной массы (зависит от степени помола массы и фильтрационного напора), м/с; l_1 — высота слоя осевших волокон перед ящиком, м; C_{01} — концентрация бумажной массы перед ящиком, %; C_m — концентрация отходящей воды,

Таблица 1.84

Значение $\frac{v_{ф(x)}}{v_{ф. ср}}$ вдоль зоны формования

x L	$\frac{v_{ф(x)}}{v_{ф. ср}}$	x L	$\frac{v_{ф(x)}}{v_{ф. ср}}$
0,001	50,0	0,5	0,707
0,001	15,81	0,6	0,645
0,01	5,0	0,7	0,598
0,05	2,236	0,8	0,559
0,1	1,581	0,9	0,527
0,2	1,118	0,95	0,513
0,25	1,0	0,98	0,505
0,3	0,913	1,0	0,5
0,4	0,790		

%; C — концентрация бумажной массы после ящика, %; v_c — скорость сетки, м/с.

По этой же формуле можно находить требуемое значение вакуума для формирующих отсасывающих ящиков в регистровой части. Принимаем $n = 1$, так как перед каждым ящиком происходит размыв слоя осевших волокон и, следовательно, концентрация массы C_{01} во входном сечении ящиков будет разная, причем $l_1 = 0$.

1.9.2.3. Обезвоживающие элементы сеточного стола

Конструкция сеточного стола с плоской сеткой определяется скоростью машины и видом вырабатываемой продукции (рис. 1.88).

В начале сеточного стола находится грудной вал диаметром 400...1000 мм, облицованный твердой резиной. Чаще всего грудной вал приводится во вращение за счет трения с сеткой, на быстроходных машинах он имеет самостоятельный привод. На участке от грудного вала до конца регистровой части на тихоходных машинах ($v_c < 250$ м/с), вырабатывающих высококачественные виды бумаги, применяют тряску сеточного стола с целью улучшения макроструктуры полотна и снижения его анизотропии.

Эффективность тряски зависит от ее амплитуды и частоты, а также от композиции, степени помола, концентрации массы, массы 1 м² бумаги. При садкой массе применяют малую амплитуду (2...6 мм) и большую частоту (более 200 колебаний в минуту, при жирной массе — большую амплитуду (10...12 мм) и малую частоту (100...120 колебаний в минуту) [64, 65].

Тряска эффективна, когда выполняется соотношение

$$\frac{2An^2}{v} = 150 \div 450, \quad (1.64)$$

где A — амплитуда колебаний, м; n — частота колебаний, с⁻¹; v — скорость машины, м/с.

Для уменьшения скорости обезвоживания в начале сеточного стола, регулирования процесса отлива полотна, а также устранения прогиба сетки после грудного вала устанавливается формирующая доска или формирующий ящик. Поверхность доски может быть сплошной или иметь отверстия в виде перфораций или шлицов.

Регистровые валики длительное время были одним из основных обезвоживающих элементов. Регистровые валики приводятся во вращение сеткой и движутся вместе с ней с небольшим проскальзыванием. Удаление воды происходит под действием вакуума, возникающего в клиновидном зазоре между валиком и сеткой на сбегающей стороне. Величина вакуума достигает 40 кПа. При работе регистровых валиков часть удаленной из массы воды попадает в зазор между валиком и набегающей стороной сетки и снова поступает через сетку в массу, создавая при этом кратковременный импульс давления до 35 кПа. Таким образом, при использовании регистровых валиков обезвоживание массы протекает под воздействием чередующихся давления и разрежения.

Отсасывающее действие регистровых валиков прямо пропорционально квадрату скорости их вращения, а количество удаляемой воды можно определить по формуле

$$W = Kv^2rl, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1.65)$$

где K — коэффициент, зависящий от свойств массы и ее сопротивления фильтрации; v — окружная скорость валика, м/с; r — радиус валика, м; l — длина рабочей части валика, м.

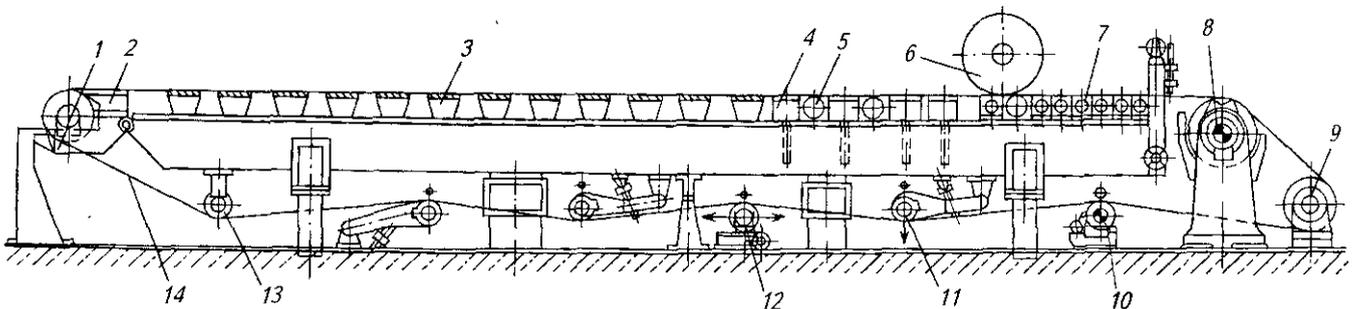


Рис. 1.88. Сеточный стол, оснащенный мокрыми, вакуумными и отсасывающими ящиками:

1 — грудной вал; 2 — формирующий ящик; 3 — «мокрый ящик»; 4 — «вакуумный ящик»; 5 — регистровый валик; 6 — ровнитель; 7 — отсасывающий ящик; 8 — отсасывающий гауч-вал; 9 — ведущий вал; 10, 13 — сетководящие валики; 11 — сетконатяжной валик; 12 — сеткоправильный валик; 14 — сетка

На широких машинах для обеспечения требуемой жесткости диаметр валика по расчету должен доходить до 500 мм. Вместе с увеличением скорости это приводит к ухудшению условий формования полотна бумаги и картона из-за резкого увеличения вакуума и давления. Для уменьшения обезвоживающего действия первых регистровых валиков их делают желобчатыми с постепенно уменьшающейся глубиной канавок (от 6 до 2 мм). Желобчатые валики нагнетают в зону отсоса небольшое количество воздуха, благодаря чему снижается вакуум. Из-за наличия желобков нарушается также непрерывность пленки удаляемой воды.

Основное количество воды (до 40 % всего количества воды, удаляемой на сеточной части бумагоделательной машины) удаляется на первых 5...6 регистровых валиках. Для устранения вредного влияния регистровых валиков часть их или все сразу заменяют регистровыми планками, называемыми также гидропланками.

Гидропланки (рис. 1.89) представляют собой разновидность шабера, устанавливаемого под углом 1...5° к сетке. Передняя плоскость гидропланки, имеющая угол 30...45°, снимает пленку воды, удерживаемую под сеткой силами поверхностного натяжения. Плоская часть планки является опорой для сетки, обеспечивает плотный контакт между сеткой и поверхностью полотна, предотвращает проход воздуха в зону отсоса со стороны входа сетки. Наклонная поверхность гидропланки создает с сеткой клин, где удаляется вода вследствие разрежения, возникающего в клине.

Количество воды, удаляемой одной гидропланкой, составляет около 60 % (на быстроходных машинах до 75 %) от количества воды, удаляемой одним регистровым валиком. Однако на одном и том же участке сеточного стола можно установить заметно большее количество планок, чем валиков, поэтому обезвоживающая мощность увеличивается.

Величина вакуума, создаваемого гидропланками, в 2...5 раз меньше, чем у регистрового валика, а импульс давления, возника-

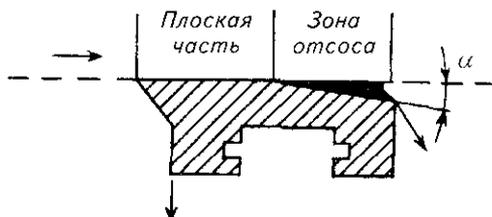


Рис. 1.89. Схема работы гидропланки

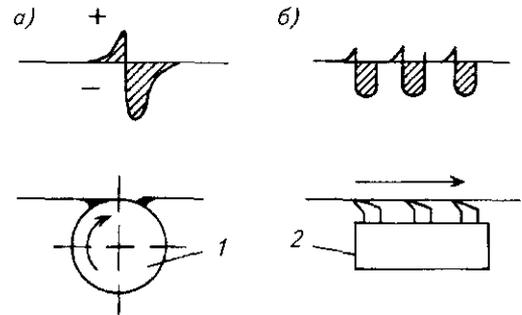


Рис. 1.90. Схема распределения давления при обезвоживании массы на регистровых валиках (а) и гидропланках (б):

1 — регистровый валик, 2 — гидропланки

ющий при набегании сетки на кромку планки, в 20...25 раз меньше (рис. 1.90). Поэтому гидропланки создают условия для формования полотна высокого качества и могут использоваться при более высоких скоростях движения сетки, чем регистровые валики.

Разрежение, создаваемое гидропланками, можно регулировать, изменяя угол их наклона к сетке. При увеличении угла наклона по ходу полотна разрежение возрастает. При производстве бумаги из коротковолокнистой массы садкого помола гидропланки располагают близко друг к другу под углом 1...2° к сетке. При отливе длиноволокнистой массы жирного помола планки располагают на большем удалении друг от друга под углом 3...5° к сетке. Обычно общая ширина гидропланки составляет 50...120 мм, соотношение между горизонтальной и наклонной частью находится в пределах от 1:3 до 1:2. Длина наклонной части гидропланки не менее 30 мм, расстояние между гидропланками — от 150 до 400 мм. В начале сеточного стола гидропланки устанавливаются чаще [59, 64].

На рис. 1.91, а, б представлены рекомендации ЦНИИБуммаша по выбору числа гидропланок (а) и шага между ними (б) в начале сеточного стола при выработке различных видов бумаги в зависимости от скорости бумагоделательных машин.

Для повышения износостойкости и уменьшения трения сетки гидропланки изготавливаются из высокомолекулярного полиэтилена с износостойкими вставками шириной 10...12 мм из коррозионно-стойкой стали с покрытием из карбида вольфрама. Широкое применение находят гидропланки с покрытием из полиуретана, оксида алюминия, карбида кремния, со вставками из полированной оксидной керамики.

Пакеты планок по 3...5 шт. с углом наклона 0,5...1,0° устанавливают в начале сеточно-

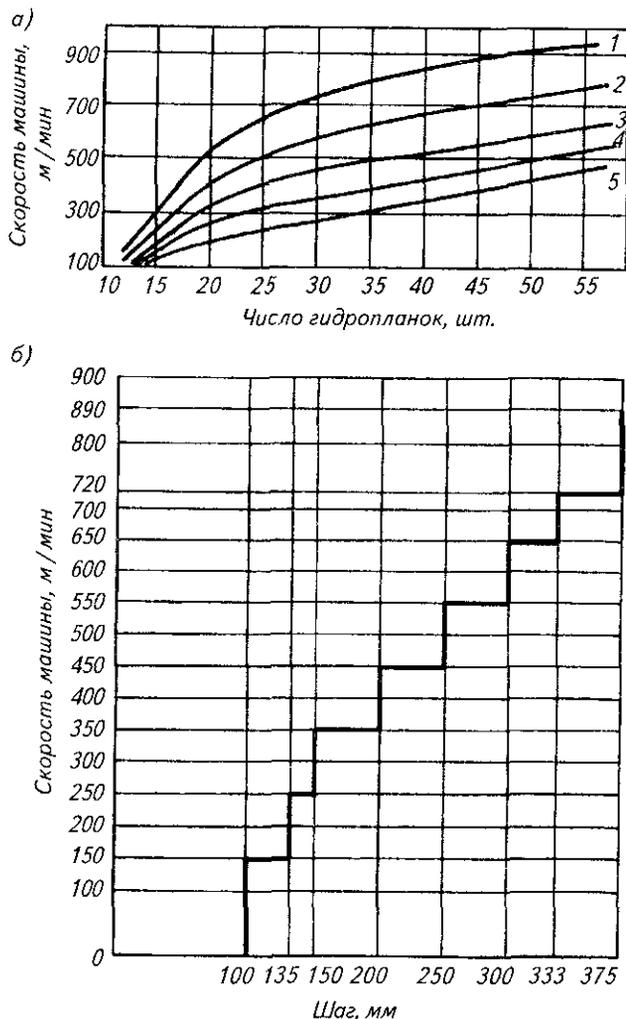


Рис. 1.91. Зависимость между скоростью машины, числом гидропланок (а) и шагом между ними (б) при выработке бумаги:

1 — газетной; 2 — писчей и типографской № 3; 3 — мешочной; 4 — для гофрирования и картона; 5 — тонкой высоко-сортовой

го стола вместо формирующих досок. В конце регистровой части помещают герметически закрытые пакеты планок, внутри которых создается вакуум до 7 кПа (вакуум-фойлы).

В конце зоны формования перед сухой линией за гидропланками в качестве обезвоживающих элементов устанавливают мокрые отсасывающие ящики. Они имеют поперечные планки с плоской поверхностью и скошенной передней кромкой. Величина вакуума в них составляет 3...10 кПа и регулируется за счет барометрических труб или подсоединения к низковакуумному насосу или вентилятору. Точное регулирование вакуума в каждом ящике осуществляется впуском воздуха через клапан с автоматическим регулятором.

Между мокрыми отсасывающими ящиками иногда устанавливают регистровые вали-

ки, которые благодаря импульсу давления разрыхляют уплотненный волокнистый слой и повышают эффективность работы мокрых ящиков. Покрытия мокрых отсасывающих ящиков аналогичны покрытиям гидропланок.

После достижения на сеточном столе сухости волокнистого слоя 2,5...3,5 % дальнейшее обезвоживание до сухости 10...14 % осуществляется на отсасывающих ящиках под воздействием вакуума, создаваемого вакуумными насосами или турбовоздуходувками, который постепенно повышается от первого к последующим ящикам и составляет от 2 до 30 кПа.

С повышением вакуума увеличивается интенсивность обезвоживания, при этом снижается удержание на сетке компонентов бумажной массы, возникает опасность маркировки от ячеек сетки, повышается ее износ. Повышение вакуума в отсасывающих ящиках сокращает срок службы сеток, так как сила трения T сетки о крышки отсасывающих ящиков находится в прямой зависимости от величины вакуума и определяется по формуле

$$T = fFP, \text{ Н}, \quad (1.66)$$

где f — коэффициент трения, равный для древесины 0,3...0,4, для текстолита — 0,12...0,15, для керамики — 0,07, для тефлона — 0,03; F — живое сечение всех ящиков, м^2 ; P — средняя величина вакуума, Па.

При обезвоживании слоя волокон на отсасывающих ящиках следует выделить два периода: 1) начальный — до сухости 6...8 %, в котором удаление воды происходит за счет сжатия волокнистого слоя; 2) до сухости 10...14 %, в течение которого обезвоживание происходит за счет энергии просасываемого воздушного потока. Начальный период от второго отделяется линией исчезновения зеркала залива, или «сухой линией». Скорость обезвоживания на отсасывающих ящиках возрастает с уменьшением толщины листа, увеличением температуры бумажной массы, увеличением степени разряжения в ящиках. При этом лучше увеличивать число ящиков при меньшей их ширине, чем повышать в них вакуум.

Отсасывающие ящики обычно изготавливаются сварными из коррозионно-стойкой стали, а их перфорированные крышки — из полимерных или керамических материалов, имеющих высокую износостойкость и небольшой коэффициент трения с сеткой. Отсасывающие ящики выпускают шириной 220, 290 и

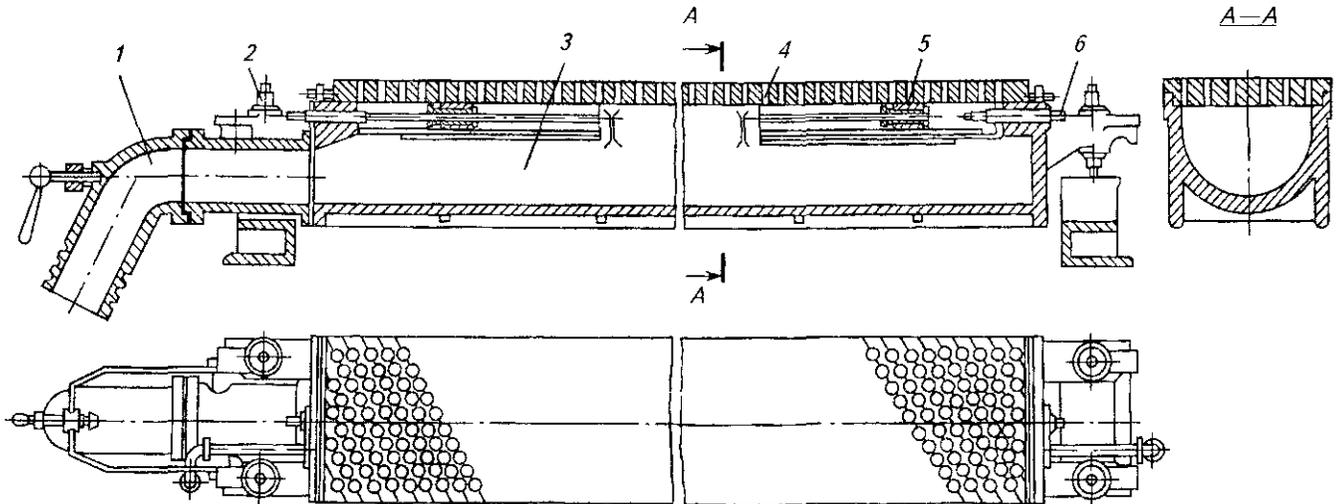


Рис. 1.92. Отсасывающий ящик:

1 — патрубок для отвода воды и воздуха; 2 — болты регулирования уровня ящика; 3 — корпус; 4 — покрытие перфорированное; 5 — шибер; 6 — винт для регулирования ширины отсоса

430 мм с живым сечением 30...38 % от площади поверхности крышек ящиков. Для повышения эффективности работы отсасывающих ящиков их обычно устанавливают вплотную один к другому. Общее число отсасывающих ящиков на сеточном столе может достигать 10...12 шт. [65]. Конструкция отсасывающего ящика представлена на рис. 1.92.

Иногда на высокопроизводительных машинах после 3...5 обычных отсасывающих ящиков устанавливают отсасывающие ящики типа Rotobelt (рис. 1.93). Это устройство позволяет увеличить срок службы сетки на 50...100 % и уменьшить расход энергии, потребляемой сеточным столом, на 30...50 %. Отсасывающий ящик этой конструкции разделен продольными перегородками на три отделения, в которых поддерживается различный вакуум.

Сетка движется над отсасывающими камерами ящика на перфорированном резиновом полотне, натянутом между двумя вали-

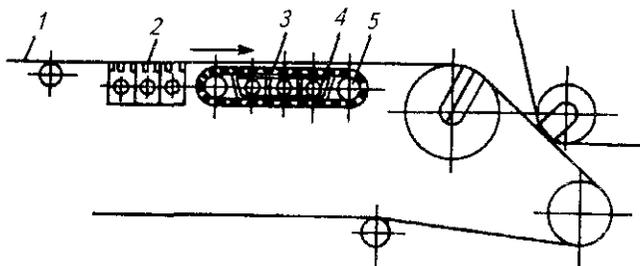


Рис. 1.93. Отсасывающий ящик Rotobelt:

1 — сетка; 2 — обычные отсасывающие ящики; 3 — перфорированное резиновое полотно; 4 — отсасывающая камера; 5 — натяжной валик

ками, приводимыми в движение сеткой, поэтому основное усилие от трения испытывает не сетка, а прочное армированное резиновое полотно. Для удаления воды из отсасывающих ящиков используют гидрозатворы, которые соединяют с водоотделителями и вакуумным коллектором. Вакуум в каждом водоотделителе устанавливают автономно и регулируют автоматически [56, 65].

Удельный съем бумаги $K_{отс}$ с 1 м^2 поверхности отсасывающих ящиков определяется из выражения

$$K_{отс} = \frac{Q_{ч}}{B_{н} L_{о} n}, \text{ кг/м}^2 \text{ ч}, \quad (1.67)$$

где $Q_{ч}$ — часовая производительность машины, кг/ч; $B_{н}$ — ширина бумаги на накате, м; $L_{о}$ — ширина отсасывающего ящика, м; n — число отсасывающих ящиков.

Значения удельного съема с 1 м^2 отсасывающих ящиков для бумаг различного вида приведены в табл. 1.85.

Практические данные по сухости бумажного полотна после отсасывающих ящиков для бумаг некоторых видов приведены в табл. 1.86.

После отсасывающих ящиков дальнейшее обезвоживание бумажного полотна до сухости 17...25 % осуществляется на отсасывающем гауч-вале под действием вакуума 40...80 кПа (рис. 1.94).

Отсасывающий гауч-вал состоит из вращающегося перфорированного цилиндра, внутри которого находятся неподвижно одна, две или три отсасывающие камеры. Для уве-

Таблица 1.85
Удельный съем бумаги с 1 м² поверхности отсасывающих ящиков (для плоскосточных машин)

Вид бумаги	Рабочая скорость, м/мин	Удельный съем бумаги, К _{отс}	Число отсасывающих ящиков
Газетная	700...900	1200...1400	7...8
Печатная, содержащая древесную массу	400...600	700...900	7...9
Печатная чистоцеллюлозная	300...500	400...600	7...8
С высокой степенью помолы (пергамин, подпергамент)	100...150	80...150	8...12
Мешочная	400...600	700...1000	8...10
Санитарно-гигиеническая	900...1200	800...1110	2...4

личения площади отсоса отверстия на поверхности цилиндра, имеющие диаметр 6...8 мм, раззенковывают с наружной стороны на глубину до 5 мм. Живое сечение отверстий без учета зенковки составляет 20...25 %, с зенковкой — 50...60 % от площади боковой поверхности цилиндра. Для уменьшения шума отверстия рекомендуется располагать по спирали.

И. Д. Кугушев процесс обезвоживания бумаги на отсасывающем гауч-вале подразделяют на четыре последовательно протекающие стадии:

- 1) выжимание воды;
- 2) стабилизация процесса сжатия;
- 3) фильтрация воздуха;
- 4) обратная миграция воды в бумагу.

Таблица 1.86
Сухость полотна бумаги после отсасывающих ящиков

Вид бумаги	Масса 1 м ² , г	Содержание а. с. вещества, %		
		в напорном ящике	после регистровой части	после отсасывающих ящиков
Газетная	42...51	0,5...0,7	2,0...2,5	11...13
Печатная с древесной массой	60...70	0,7...0,9	2,0...3,0	12...14
Печатная чистоцеллюлозная	70...80	0,7...1,0	2,5...3,5	11...14
Мешочная	70...80	0,2...0,4	2,0...2,5	10...12
Жиронепроницаемая	40...55	0,5...0,7	1,5...2,0	8...10
Санитарно-гигиеническая	20...35	0,25...0,4	3,0...4,0	9...10

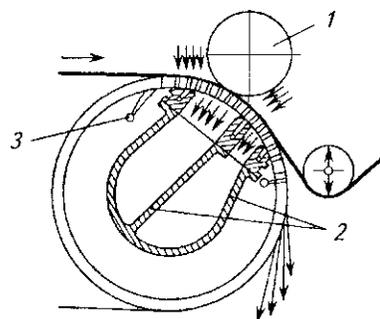


Рис. 1.94. Схема двухкамерного гауч-вала:
1 — прижимной валик; 2 — вакуумные камеры; 3 — срыск

Слой бумажной массы в процессе удаления воды на 1-й стадии, подвергаясь давлению воздуха, уменьшается по толщине. Если бы отсутствовала вторая камера, то в 4-й стадии обезвоживания толщина слоя должна была бы увеличиваться. Повышенное разрежение во второй камере увеличивает количество удаляемой воды и снижает толщину слоя. В конце второй камеры под действием сил упругости толщина слоя несколько увеличивается.

Ширина камер и их число зависят от вида вырабатываемой продукции и скорости машины. На тихоходных машинах применяют однокамерные валы с шириной камеры до 180 мм. При скорости машины более 300 м/мин устанавливают две камеры, что позволяет вести обезвоживание с нарастающим вакуумом, а это положительно сказывается на качестве бумаги и картона, а также способствует снижению расхода энергии на создание вакуума. В этом случае в первой, более широкой камере применяют меньший вакуум (40...55 кПа), во второй, узкой — более высокий (70...80 кПа). Двухкамерные валы имеют общую ширину камер до 400 мм, первая камера в 1,5...2 раза шире второй. При установке трех камер последняя не участвует в процессе обезвоживания бумаги, а служит для удаления воды из отверстий рубашки вала. Оптимальное расположение камер определяется в процессе работы машины, их поворот можно осуществлять с помощью специального механизма.

Иногда на гауч-вале над отсасывающей камерой устанавливают прижимной валик, облицованный мягкой резиной. Его давление на полотно составляет 1...3 кН/м. При использовании валика вакуум в камере увеличивается на 5 кПа, полотно уплотняется, сухость его увеличивается на 1,0...1,5 %, повышается прочность во влажном состоянии. В последнее время на гауч-вале часто устанавливается прижимной валик с сукном, обес-

Таблица 1.87
Диаметр ровнителя в зависимости
от скорости машины

Скорость машины, м/мин	Диаметр ровнителя, мм	Скорость машины, м/мин	Диаметр ровнителя, мм
100	300..350	450	900
200	400	500	1000
250	500	600	1200
300	600	700	1400
350	700	800	1600
400	800	900	2000

печивающий двухстороннее обезвоживание. Давление прижимного валика 9...13 кН/м для бумаги, 18...26 кН/м для картона обеспечивает повышение сухости полотна до 26...29 % и способствует снижению обрывности.

Для выравнивания поверхности полотна и улучшения его структуры после первых 2...4 отсасывающих ящиков иногда устанавливают ровнитель — легкий полый валик, обтянутый сеткой, номер которой меньше номера основной сетки.

Ровнитель с рельефной поверхностью применяется для изготовления бумаги с водяным знаком. При этом сухость полотна перед ровнителем составляет примерно 6...7 %. Ровнитель располагают либо над двумя регистровыми валиками, расположенными между отсасывающими ящиками, либо непосредственно над отсасывающим ящиком, в котором поддерживается небольшое разрежение (до 5 кПа). Ровнитель, уплотняя полотно, способствует лучшему обезвоживанию его на последующих отсасывающих ящиках и уменьшает расход энергии на создание вакуума. Диаметр ровнителя зависит от скорости машины и массы 1 м^2 изготавливаемой бумаги: чем выше скорость машины и меньше масса 1 м^2 бумаги, тем больше должен быть диаметр ровнителя. Для бумаги с массой 50 г/м² и выше рекомендуемые диаметры ровнителя приведены в табл. 1.87 [56].

1.9.2.4. Сетки бумагоделательных машин

Сетки бумаго- и картоноделательных машин — важнейший элемент сеточного стола. От качества сеток зависят качество готовой продукции и эффективность работы машины. Для успешного выполнения технологических функций к сетке предъявляются следующие требования:

стойкость к изменениям значения рН среды; высокая прочность на разрыв, изгиб и истирание;

достаточная плотность ткани; хорошая водопропускная способность.

Сетки характеризуются по различным признакам, среди которых важнейшими являются: номер сетки, материал, из которого они изготовлены, тип ткани, толщина нитей, размер ячеек и их число на 1 см^2 . Номер сетки соответствует числу нитей основы, приходящихся на 1 см ширины сетки. По устаревшей нумерации номер соответствует числу нитей основы, приходящихся на 1 дюйм, т. е. на 25,4 мм.

Сетки подразделяются на одинарные, двойные и тройные.

Одинарные сетки имеют основу из отдельных нитей. Нити основы проходят попеременно над нитью и под нитью утка (рис. 1.95, а). Чаще применяются одинарные сетки полусаржевого плетения (рис. 1.95, б), при котором нить основы проходит попеременно под двумя нитями утка с нижней стороны сетки и над каждой третьей нитью утка с ее верхней стороны.

Двойные сетки (рис. 1.95, в) имеют попарно сложенные нити основы. Такие сетки гибче одинарных, имеют более гладкую и сомкнутую поверхность, но хуже пропускают воду.

Тройные сетки (рис. 1.95, г) имеют основу, составленную из трех рядом расположенных нитей. Одна из них огибает нить утка сверху, две другие огибают ее снизу, а затем наоборот. Тройные сетки отличаются высокой прочностью и применяются при выработке самых тонких видов бумаги.

Длительное время сетки изготавливались из металлической проволоки. Нити основы делали из оловянофосфористой бронзы, содержащей 92,5...93,7 % меди, 6...7 % олова и 0,3...0,4 % фосфора, а нити утка — из полупакета, содержащего 80 % меди и 20 % цинка.

Основным недостатком металлических сеток является их низкая износостойкость и, соответственно, малый срок службы. Эти недостатки оказались решающими при увеличении скорости бумагоделательных машин. В настоящее время металлические сетки практически не используются. Основные преимущества синтетических сеток заключаются в более длительном сроке службы, улучшении макроструктуры бумажного полотна, меньшей в 6...8 раз массе 1 м^2 сеточной ткани.

Из-за низких значений коэффициентов трения о сетководущие валы синтетические

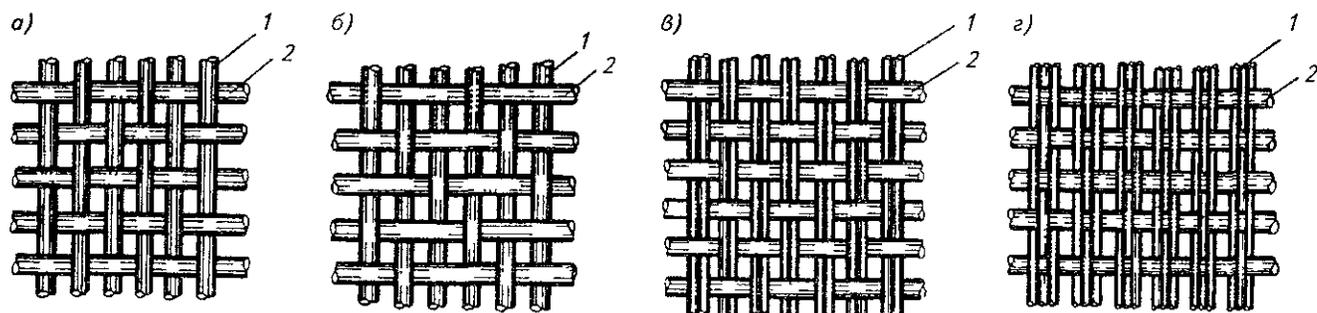


Рис 1.95. Виды плетения сеток *a* — одинарная сетка (льняное плетение), *б* — одинарная сетка (полусаржевое плетение), *в* — двойная сетка, *г* — тройная сетка;

1 — нити основы, 2 — нити утка

сетки должны работать с большим натяжением, что связано с увеличением расходов энергии, потребляемой сеточной частью. В процессе эксплуатации синтетические сетки удлиняются на 1,0 ..1,5 %, что иногда требует установки дополнительных сетководущих валиков.

К синтетическим сеткам предъявляются следующие технологические требования:

необходимый уровень обезвоживания;
хорошее удержание компонентов бумажной массы;

легкое отделение бумажного полотна;

отсутствие маркировки бумаги от сетки;
малое энергопотребление на привод сеточной части;

высокий срок службы;

минимальная растяжимость в продольном направлении;

равномерность и жесткость в поперечном направлении.

Синтетические сетки изготавливают из высокопрочного полиэфирного и полиамидного волокна, подвергнутого специальной термической обработке, с покрытием из синтетических смол для повышения устойчивости к истиранию.

Износостойкость синтетических сеток зависит не только от свойств монофиламентных волокон, но также от рисунка ткани и параметров термофиксирующего процесса. В настоящее время выпускаются однослойные и многослойные (двух- и трехслойные) синтетические сетки (рис. 1.96).

Однослойные сетки (рис. 1.96, *a*) изготавливаются в 3-, 4-, 5-, 8-, 10-саржевых переплетениях. Сетки с высокой износостойкостью, эксплуатирующиеся при усиленных абразивных нагрузках, содержат полиамидное монофиламентное волокно. Двухслойные сетки могут быть 4-, 5-, 6-, 7-, 8-саржевого переплетения (рис. 1.96, *б*). Они содержат износостойчивые полиамидные монофиламентные волокна с лицевой стороны сетки.

Характерной чертой однослойных сеток являются прямые проходные отверстия сквозь сетку. В двухслойной сетке поверхность в продольном направлении перекрыта полностью. Вода удаляется через косые полости, которые образуются в местах скрещивания нитей (рис. 1.97).

Двухслойные синтетические сетки при правильной установке обеспечивают лучшую фильтрацию, чем однослойные, и одновременно сохраняют высокую способность к удержанию

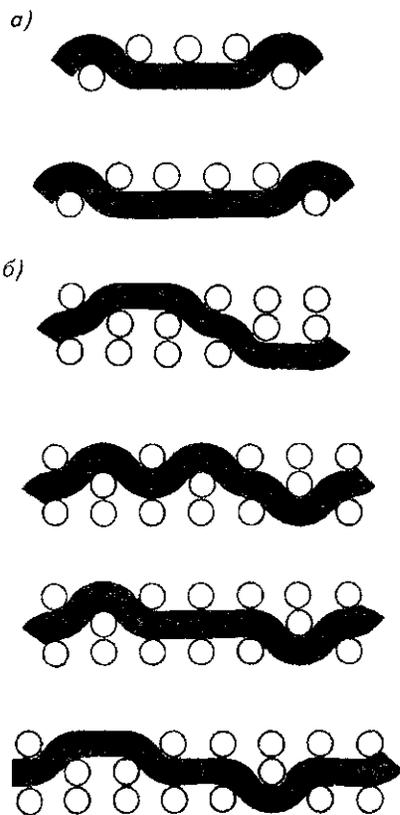


Рис. 1.96. Виды синтетических сеток *a* — однослойная сетка, *б* — двухслойная сетка

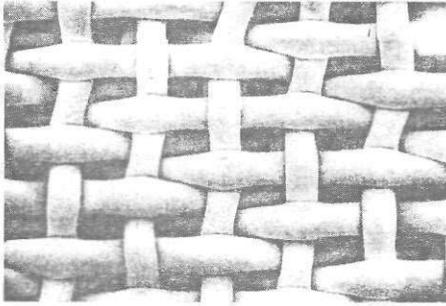


Рис. 1.97. Двухслойные сетки, не имеющие открытых сквозных пространств

жанию компонентов бумажной массы [65].

Как правило, чем меньше масса 1 м^2 бумаги и выше степень помола, тем больше номер применяемой сетки. Так, для конденсаторной бумаги рекомендуются тройные сетки № 34...40, для папиросной, копировальной — тройные № 24...32 либо одинарные № 36...40, для легкой высококачественной бумаги, а также санитарно-гигиенической бумаги — одинарные сетки № 28...32, для газетной, писчепечатных, мешочной бумаг — № 24...28, для оберточных, упаковочных видов бумаги — № 16...24, для целлюлозной папки и некоторых видов картона — № 8...16.

Для снижения маркировки от сеточной ткани желательнее применение тонких однослойных сеток с малым диаметром нитей. Однако такие сетки имеют малую стабильность и износостойкость. У двухслойных сеток эти недостатки проявляются гораздо слабее.

Современные способы термофиксации сеток практически снимают проблему повышенной растяжимости. Синтетические сетки, особенно двухслойные, могут использоваться на самых широких машинах без риска образования складок и неконтролируемого растяжения.

В попытках сочетать трудносовместимые требования высокого срока службы сеток и оптимальной обезвоживающей способности конструкция сеток изменялась в направлении от однослойных к двух- и трехслойным.

В многослойных сетках первого поколения верхний и нижний слои соединяются нитью утка, причем верхняя и нижняя сетки имеют различные нити основы, т. е. ткацкий станок должен быть оснащен двумя устройствами навивания основы.

Многослойные сетки второго поколения могут иметь три или четыре различных материала основы, поэтому в ткацких станках требуется несколько устройств навивания. Верхний и нижний слои сетки соединяются парой уточных нитей, которые попеременно

переплетаются в верхнем и нижнем слое, благодаря чему устраняется проблема маркировки от точек переплетения.

Ниже приведены примеры выбора сеток для конкретных видов продукции и формирующих устройств.

При выработке газетной бумаги, исходя из особенностей технологии и требований к качеству бумаги, сетка должна обеспечивать:

хорошее обезвоживание и умеренное удержание;

умеренную маркировку;

очень хорошее отделение бумажного полотна для исключения снижения гладкости бумаги и возникновения проблем пылимости при офсетной печати.

При изготовлении газетной бумаги на плоскосеточной машине можно использовать одно- и двухслойные сетки (рис. 1.98). Применение двухслойной сетки является обоснованным в следующих случаях:

масса газетной бумаги менее 40 г/м^2 ;

чрезмерное растяжение однослойной сетки; необходимость повышения удержания.

При использовании плоскосеточного формера с верхней сеточной частью (SimFormer фирмы «Valmet») рекомендуется двухслойная сетка по следующим причинам:

широкая быстроходная машина требует стабильных сеток;

хорошая способность к обезвоживанию на нижней сетке немного больше, чем у плоскосеточных машин, на верхней сетке — больше, чем на нижней.

Проблема отделения бумажного полотна от верхней сетки решается путем использования плотнониточной, но открытой верхней сетки.

При использовании двухсеточных формеров с подачей струи массы в зазор (Bel-Bay I-III фирмы «Beloit», DuoFormer фирмы «Voith» —

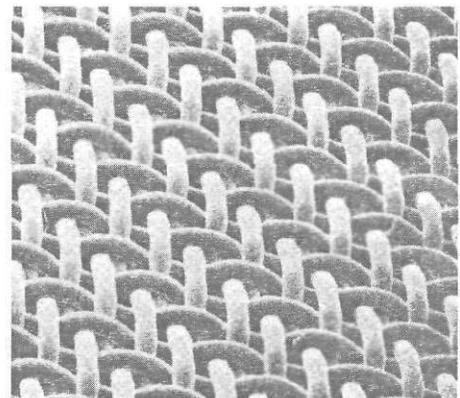


Рис. 1.98. Двухслойная сетка для газетной бумаги

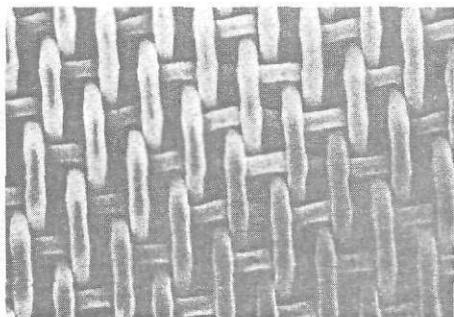


Рис. 1.99. Двухслойная сетка для печатной бумаги

общее название «GapFormer») характерны короткие зоны формования и высокие (более 1000 м/мин) скорости. В этих случаях должны использоваться наиболее открытые двухслойные сетки с высокой обезвоживающей способностью. В то же время сетки должны выдерживать давление струи массы, создавать хорошую опору для полотна.

Для писчепечатных видов бумаги необходимы сетки с хорошими фильтрующими свойствами, снабженные износостойкими монофиламентными слоями со стороны сеточного стола для достижения длительного срока службы при употреблении абразивных наполнителей. В основном используются двухслойные сетки (рис. 1.99), но возможен вариант использования однослойной сетки с комбинированным материалом уточных нитей для повышения абразивостойкости.

При изготовлении бумаги для глубокой или офсетной печати требуются сетки, не дающие маркировки и с высокой износостойкостью, поскольку бумажная масса отличается высоким содержанием абразивных наполнителей. Здесь могут использоваться двухслойные сетки с тонким монофиламентным волокном с верхней стороны и абразивостойким волокном на машинной стороне. Практически все проблемы этого вида бумаги решает трехслойная сетка (рис. 1.100).

Для мешочной бумаги сетка должна обеспечивать высокую обезвоживающую способность, хорошее удержание и отделение полотна от сетки. Этим требованиям удовлетворяет специальная двухслойная сетка (рис. 1.101). Возможно использование и однослойных сеток.

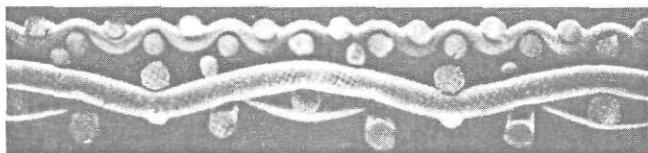


Рис. 1.100. Трехслойная сетка для печатной бумаги

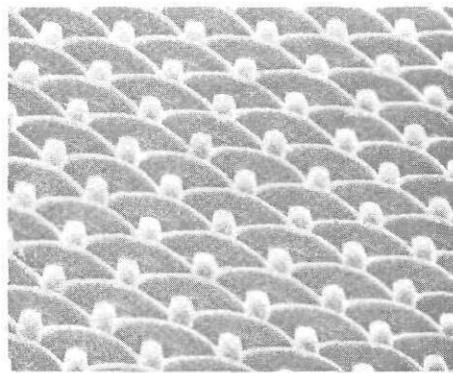


Рис. 1.101. Двухслойная сетка для мешочной бумаги

Для плоских слоев гофрокартона (крафт-лайнер) применяются двухслойные сетки с грубым, хорошо фильтрующим плетением (рис. 1.102). Успешно работают также однослойные пятисаржевые сетки.

Для отлива целлюлозной папки (пресспата) необходимы сетки с очень высокой обезвоживающей способностью (рис. 1.103).

Для осуществления нормального процесса формования полотна на сетке необходимо, чтобы сетка была чистой и равномерно натянутой. Равномерность натяжения определяют по положению шва, который должен быть перпендикулярен к оси машины. Натяжение сетки на нижней ветви составляет 5...8 кН/м, его необходимо поддерживать на минимально возможном уровне. Чем выше номер сетки, тем меньше должно быть ее натяжение. Промывка сетки осуществляется под давлением 3...4 МПа из осциллирующих sprays, установленных с отклонением 10...15° от нормали по направлению движения сетки. Неподвижные sprays имеют напор не более 2,8 МПа ввиду опасности растяжения сетки.

На продолжительность работы сетки влияют качество балансировки валов и их соос-

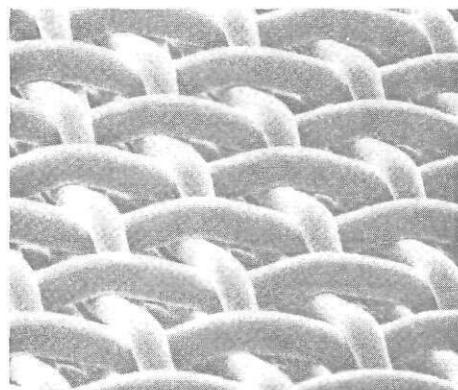


Рис. 1.102. Двухслойная сетка для крафт-лайнера

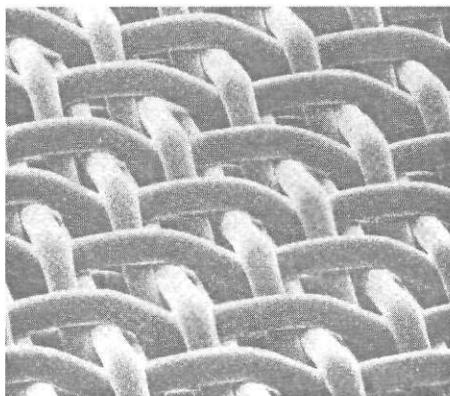


Рис. 1.103. Двухслойная сетка для пресспата

ность, состав бумажной массы, значение рН среды, степень промывки массы и ее температура, величина разрежения в отсасывающих ящиках и материал их покрытий. Срок службы сеток зависит также от их типа и номера, конструкции сеточного стола и скорости машины. На быстроходных машинах срок службы синтетических сеток составляет 30...80 сут, на тихоходных — в 3...4 раза больше.

Необходимая ширина сетки B_c может быть определена по формуле

$$B_c = \frac{100(B_0 + 2c)}{100 - Y} + 2(a + d + l), \text{ мм}, \quad (1.68)$$

где B_0 — обрезная ширина полотна на накате, мм; Y — усадка полотна между сеткой и накатом, % (зависит от вида продукции и может составлять от 2,0 до 13 %); a — ширина отсечек на гауч-вале, $a = 25...50$ мм; c — ширина обрезаемых кромок, $c = 20...25$ мм; d — ширина устройства для ограничения разлива массы по ширине сетки, $d = 10...50$ мм; l — ширина свободных кромок сетки, $l = 20...50$ мм.

Технологический расчет сеточной части машины основан на удельном съеме воздушно-сухой бумаги или картона с 1 м^2 площади сеточного стола. Величина съема зависит от свойств массы и ее температуры, вида вырабатываемой продукции, скорости машины и других факторов и составляет: для конденсаторной бумаги — $1...10 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$, писчей и печатной — $70...90$, мешочной — до 160, газетной — $120...170$, крафт-лайнера — $140...160 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$.

Площадь сеточного стола F определяется умножением необрезной ширины полотна на накате B_H на длину L сеточного стола (расстояния между осями грудного вала и гауч-вала)

$$F = B_H L, \text{ м}^2. \quad (1.69)$$

Часовая производительность машины Q при съеме K равна

$$Q = KF = KB_H L, \text{ кг/ч}. \quad (1.70)$$

Часовая производительность машины может быть также выражена формулой

$$Q = 0,06 B_H v q, \text{ кг/ч}, \quad (1.71)$$

где v — скорость машины, м/мин; q — масса 1 м^2 полотна бумаги, г.

Приравнивая правые части формул (1.70) и (1.71) и решая полученное уравнение относительно L , выведем формулу для определения длины сеточного стола

$$L = 0,06 \frac{qv}{K}, \text{ м}. \quad (1.72)$$

1.9.2.5. Формование и качество продукции

Процесс формования бумажного полотна в сеточной части оказывает значительное влияние на равномерность макроструктуры бумаги и картона, удержание компонентов бумажной массы, формирование механических и других эксплуатационных характеристик бумаги и картона [62, 63].

Неравномерность макроструктуры бумажного полотна тесно связана с хлопьеобразованием, или флокуляцией, в бумажной массе. Основные технологические факторы, влияющие на уровень флокуляции, в порядке убывания можно расположить следующим образом:

- вид волокнистого полуфабриката;
- режим размола волокна;
- наличие флокулирующих и дефлокулирующих добавок;
- условия напуска и формования бумажного полотна.

Неоднородности, которые могут возникнуть в турбулентных потоках, выходящих из современных напорных ящиков, имеют размеры порядка 20...30 мм, и весь спектр неоднородностей проявляется в макроструктуре сформованного полотна бумаги. При неравномерной макроструктуре снижаются показатели механической прочности, в частности, снижение разрывной длины может состав-

лять до 40 %, сопротивление излому — до 50...60 %.

Бумага с неоднородной структурой имеет и неравномерную влажность, что ведет к ее пересушке, повышению пылимости и электризации. Неравномерность макроструктуры существенно ухудшает печатные свойства бумаги. Неравномерность по толщине резко снижает эффективность каландрирования, это касается и машинного каландра и суперкаландра. Бумага получается недостаточно гладкой, давленной, непригодной для печати.

Процесс флокуляции может происходить не только в напускном устройстве, но и на сетке бумагоделательной машины. В напускном устройстве на разбавленную бумажную массу действуют различные диспергирующие нагрузки, связанные с изменением скорости потока бумажной массы. В момент выхода бумажной массы на сетку скорость ее перемещения относительно сетки становится практически нулевой. Бумажная масса быстро флокулирует. Этот процесс получил название вторичной флокуляции. Происходящее одновременно обезвоживание, сопровождающееся ростом концентрации в волокнистом слое и уменьшением подвижности волокон, тормозит процесс вторичной флокуляции. Она прекращается при достижении определенной концентрации волокон, зависящей от характера бумажной массы.

Одной из причин ухудшения макроструктуры бумажного полотна является высокая интенсивность обезвоживания на сеточном столе. Существует ряд методов контроля интенсивности обезвоживания — показания приборов, положение «сухой линии», анализы изменения сухости полотна по ходу обезвоживания, измерение концентрации отходящих вод, расчетные методы.

В конструкции сеточного стола бумаго- и картоноделательной машины как традиционной, так и современной с двухсторонним обезвоживанием, должны быть предусмотрены возможности для регулирования обезвоживания бумажного полотна.

На плоскосеточном столе регулирование обезвоживания осуществляется путем изменения вакуума на обезвоживающих элементах:

регулируем углом наклона гидропланок;

изменением характера нарастания вакуума на вакуумфойлах, мокрых и сухих отсасывающих ящиках;

варьированием разряжения в камерах гауч-вала.

В системах с двухсторонним обезвоживанием, кроме изменения вакуума, интенсивность обезвоживания может регулироваться натяжением сеток, изменяющим давление в клине между обезвоживающими поверхностями.

Рядом исследований установлено и подтверждено производственным опытом, что обезвоживание должно вестись плавно, при постепенном нарастании обезвоживающих нагрузок. Рост обезвоживающих нагрузок должен быть минимальным в начале сеточного стола, где сухость бумажного полотна мала. По мере увеличения сухости увеличивается прочность бумажного полотна и интенсивность обезвоживания должна возрастать активнее.

Ухудшение макроструктуры связано с механическими деформациями формирующегося бумажного полотна, с изменением фракционного состава массы в процессе формования полотна, а также со снижением содержания неволоконистых компонентов.

Механическая деформация формирующегося бумажного полотна может происходить под действием регистровых валиков, особенно при повышенных скоростях. В этом случае биение и вибрация валиков передаются сетке, а через нее — волокнистому слою, в котором могут образовываться волны, приводящие к повышению облачности.

Основной причиной деформирования бумажного полотна является воздействие отходящих потоков фильтрующейся воды. При увеличении скорости фильтрации увеличивается давление на волокна и элементы структуры волокнистого фильтрующего слоя, что вызывает нарушение структуры путем перераспределения пор и переориентации волокон. Нарушение структуры при интенсивном обезвоживании обусловлено также вымыванием мелкого волокна и наполнителя с сеточной стороны бумажного листа при традиционном способе формования и с обеих сторон листа — при двухстороннем обезвоживании.

Оптимальный режим отлива бумажного полотна на сеточном столе подразумевает минимальные нарушения структуры бумаги, сохранение ее равномерности на требуемом уровне. Оценка равномерности макроструктуры в связи с этим может служить критерием качества работы формирующей части.

Образование маркировки от сетки или перфораций отсасывающего гауч-вала также связано с режимом обезвоживания. Затруднения с обезвоживанием приводят к увели-

чению разрежения под сеткой. Бумажное полотно сильнее притягивается к сетке, что и приводит к маркировке [56, 62]. Маркировка от перфораций гауч-вала также связана с затруднениями при обезвоживании и увеличением вакуума в камерах гауч-вала. Сетка и, соответственно, бумажное полотно под действием вакуума притягиваются к перфорациям. Под действием давления съемного вала вода, содержащая волокно и наполнитель, перемещается к участкам бумаги, расположенным над отверстиями гауч-вала. В связи с этим в бумаге на просвет отчетливо видны более темные, т. е. более плотные участки, соответствующие перфорациям вала. Обеспечение свободного обезвоживания должно устранить маркировку на полотне.

Производство бумаги будет тем более рентабельным, чем более композиция готовой бумаги будет соответствовать композиции исходной бумажной массы. С этой точки зрения наибольшее значение имеет так называемое общее удержание, т. е. удержание, измеренное в течение значительного промежутка времени и относящееся ко всему производственному процессу, включая внутрифабричную систему улавливания волокна и наполнителей. Общее удержание приблизительно соответствует количеству полученного продукта, отнесенного к использованному сырью. Безвозвратные потери равны разнице между количеством использованного сырья и общим удержанием.

Образование листа на сетке представляет собой фильтрационный процесс. Сетку можно рассматривать как первичный фильтрующий слой, оседающие и удержанные волокна и наполнитель образуют второй фильтрующий слой, который обычно толще первого. По мере формирования волокнистого фильтрующего слоя сопротивление фильтрации возрастает.

При таком характере процесса доля частиц, уходящих с фильтратом через фильтрующий слой, зависит от применяемой разности давлений, свойств волокна, наполнителя и дисперсионной среды, а также частично от номера сетки. В целом, интенсификация процесса фильтрации, т. е. форсирование обезвоживания, ведет к увеличению сеточного провала из-за скальвающих нагрузок отходящей воды [62].

Влияние скорости машины, а также массы 1 м^2 бумаги и вида продукции на однопроходное удержание волокна и наполнителя показано в табл. 1.88.

Влияние типа сетки, а также вида бумаги и скорости машины — в табл. 1.89.

Таблица 1.88
Удержание волокна и наполнителя при различных условиях формования (практические данные)

Показатель	Вид бумаги			
	Печатная			Основа для мелования
Масса 1 м^2	52,3	64,0	104,7	52,3
Скорость БДМ, м/мин	400	250	150	520
Удержание наполнителя, %	7,3	11,0	22,2	11,2
Удержание волокна, %	35	51	53	69

Формование полотна на устройствах с двухсторонним обезвоживанием способствует более равномерному по сравнению с традиционным распределению наполнителя по толщине листа, т. е. разносторонность снижается. Удержание волокна и наполнителя в целом изменяется незначительно, поскольку более интенсивное обезвоживание компенсируется более быстрым образованием волокнистого фильтрующего слоя.

Сеточная часть бумаго- и картоноделательных машин играет существенную роль в формировании механических характеристик бумаги и картона. Межволоконные контакты практически полностью образовались в конце зоны формования, т. е. в районе «сухой линии». В этом месте бумажное полотно из двухфазного становится трехфазным, и уплотнение контактов происходит по линии раздела «вода—воздух». При дальнейшем обезвоживании в прессовой и сушильной частях продолжается сближение волокон и уплотнение образовавшихся уже в сеточной части межволоконных связей [56, 62].

Свойства бумаги и картона, в том числе механические, в значительной степени зави-

Таблица 1.89
Удержание волокна для различных видов бумаги за один проход

Вид бумаги	Скорость БДМ, м/мин	Удержание, %	
		Однослойная сетка	Двухслойная сетка
Крафт-лайнер	600	60,7	66,0
Мешочная	400	79,0	83,2
Газетная	600	57,0	61,5
»	750	64,8	69,2
Тонкая печатная	500	60,0	65,0
Печатная	850	63,4	70,0

сят от интенсивности обезвоживания. Неравномерность макроструктуры и низкое удержание являются нежелательными факторами для получения продукции высокого качества. Также установлено, что при высокой скорости обезвоживания волокна имеют тенденцию ориентироваться в направлении, отличном от горизонтального. В готовой продукции такие волокна в значительно меньшей степени участвуют в сопротивлении бумаги нагружению, так как в основном нагрузка прикладывается к бумаге и картону в горизонтальной плоскости. Из-за переориентации волокон происходит уменьшение объемной массы бумаги.

Изменение макроструктуры бумажного полотна влияет на обширный комплекс потребительских свойств бумаги и картона, в том числе на физико-механические, фильтрационные, оптические, печатные и электроизоляционные характеристики [56, 62].

Разносторонность бумажного листа, присутствующая в большей степени бумаге, сформованной на плоскосеточных машинах, приводит к различной деформации сторон листа при увлажнении и, как следствие, к скручиваемости, волнистости, короблению бумаги. При двухстороннем обезвоживании эти нежелательные явления проявляются в значительно меньшей степени.

Усиление неравномерности макроструктуры приводит к повышению пористости бумаги и картона, что вызывает увеличение воздухо- и жиропроницаемости.

Разносторонность бумажного листа отрицательно сказывается на его печатных свойствах, таких как гладкость, сомкнутость поверхности, пористость, зольность, пылимость, деформация, шероховатость. Такие различия являются причиной неодинакового восприятия печатной краски верхней и сеточной сторонами бумажного листа. Эту проблему стало возможным решить только при переходе на двухстороннее обезвоживание бумаги [62].

1.9.3. ФОРМУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

1.9.3.1. Зоны формования

Существуют открытые и закрытые зоны формования. Примером открытой зоны формования можно считать регистровую часть плоскосеточной бумагоделательной машины.

На ее обезвоживающих элементах бумажная масса находится на сетке и обезвоживается через нее, другая, верхняя, сторона бумажной массы является свободной поверхностью. Следует отметить, что на регистровую часть плоскосеточной машины бумажная масса подается открытой струей из напорного ящика. Таким образом, устройство для распределения бумажной массы по ширине машины и подачи ее на обезвоживание (напорный ящик) и устройство для обезвоживания бумажной массы (сеточный стол) являются отдельными конструкциями, но можно совместить напорный ящик и устройство для обезвоживания бумажной массы в одну конструкцию. Для открытых зон формования такой совмещенной конструкцией являются сеточные части с наклонной сеткой [64, 65].

Обезвоживание бумажной массы на открытых зонах формования регистровой части имеет следующие основные недостатки:

эффективность обезвоживания бумажной массы на открытых зонах формования снижается при увеличении скорости машины выше некоторого предела; по этой причине максимальная скорость плоскосеточных машин ограничена;

слой осевших волокон оказывает сильное сопротивление обезвоживанию бумажной массы, поэтому фильтрация воды, направленная только в одну сторону, малоэффективна на больших скоростях;

обезвоживающие элементы регистровой части (валики, гидропланки) расположены на значительном расстоянии друг от друга, т. е. длина регистровой части в процессе обезвоживания используется неэффективно;

предельное время формования и предельные скорости фильтрации значительно ограничивают интенсивность обезвоживания, что приводит к увеличению габаритных размеров регистровой части;

вода из бумажной массы удаляется только через нижнюю (сеточную) поверхность; вследствие этого наблюдается неравномерность в распределении наполнителей и мелочи по толщине полотна.

С учетом этого стали интенсивно разрабатываться закрытые зоны формования. Из возможных конструкций закрытых зон формования наибольшее развитие получили два основных вида — двухсеточные установки и вакуум-формующие цилиндры. У некоторых конструкций двухсеточных установок и у вакуум-формующих цилиндров закрытые зоны формования совмещены с напорными ящиками.

Две сетки двухсеточных установок, постепенно сближаясь, образуют клиновидный зазор. Такие установки с подачей бумажной массы открытой струей в зазор (система GapFormer) получили наибольшее распространение. Они подразделяются на два принципиально отличающихся типа: с жесткой и гибкой зонами формования.

Жесткая зона формования ограничена твердыми поверхностями, по которым движутся сетки (рис. 1.104, а), т. е. зона формования, в которой происходит обезвоживание бумажной массы, определяется конструкцией и имеет постоянные, заранее заданные размеры.

Гибкая зона формования ограничена твердой поверхностью только с одной стороны (рис. 1.104, б). Поверхность имеет выпуклую криволинейную форму, чтобы обеспечить сближение сеток. Эта зона формования образуется за счет отхода наружной сетки от твердой поверхности вследствие воздействия струи входящей массы и сил трения между массой и сетками. Поэтому размеры гибкой зоны формования определяются условиями обезвоживания бумажной массы.

На рис. 1.105, а показан принцип работы гибкой зоны формования при садке бумажной массы, на рис. 1.105, б — при жирной бумажной массе. Твердая поверхность, над

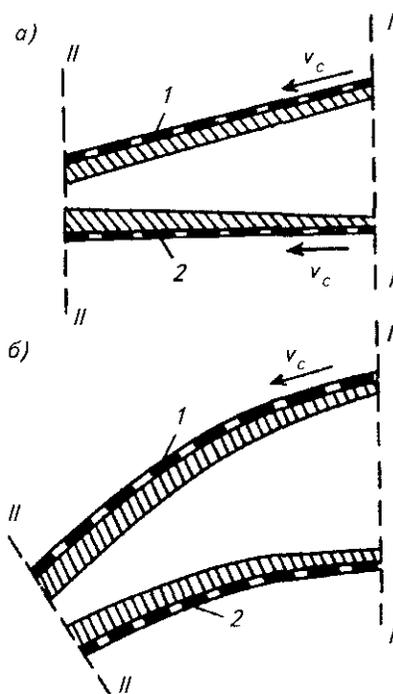


Рис. 1.104. Схемы жесткой (а) и гибкой (б) зон формования:

I — входное сечение; II — выходное сечение; 1 — наружная сетка; 2 — внутренняя сетка

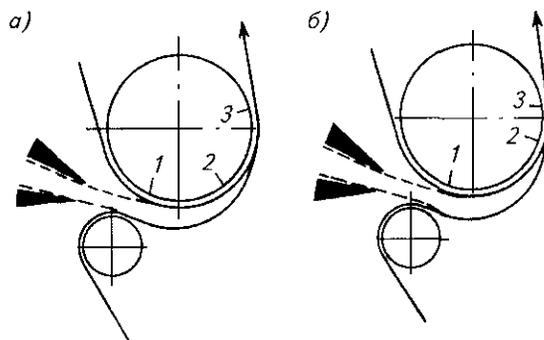


Рис. 1.105. Принцип работы гибкой зоны формования присадкой (а) и жирной (б) бумажной массе:

1 — начало зоны формования; 2 — граница «сухой линии»; 3 — конец зоны формования

которой образуется гибкая зона формования, называется опорной поверхностью гибкой зоны.

На рис. 1.106 показано типичное устройство с гибкой зоной формования на примере опытно-промышленной установки PapiFormer (система GapFormer).

Вакуум-формирующий цилиндр представляет собой зону формования, совмещенную с напорным ящиком и ограниченную с одной стороны вращающимся сетчатым цилиндром, а с другой — неподвижной непроницаемой поверхностью. На выходе из этой зоны имеется участок со свободной поверхностью массы. На рис. 1.107 схематически представлен режим работы вакуум-формирующих ци-

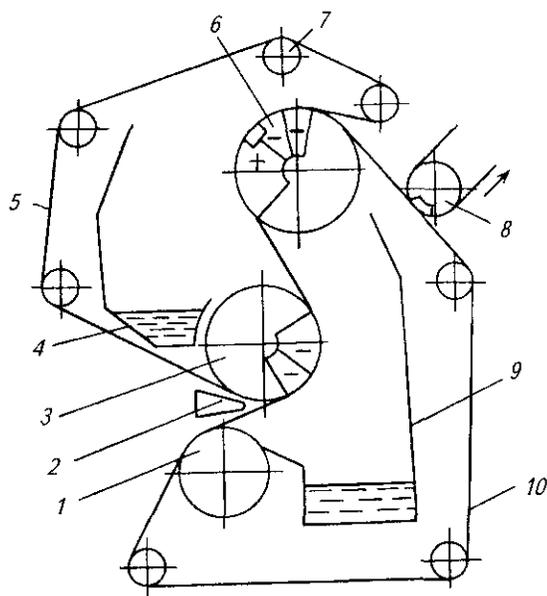


Рис. 1.106. Схема формирующего устройства PapiFormer:

1 — грудной вал; 2 — напускное устройство; 3 — формирующий вал; 4, 9 — сборники оборотных вод; 5 — верхняя сетка; 6 — гауч-вал; 7 — сетководущий валик; 8 — пересасывающее устройство; 10 — нижняя сетка

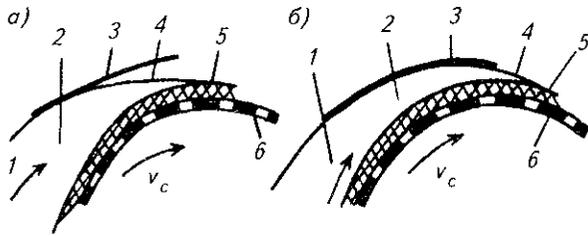


Рис. 1.107. Принцип работы вакуум-формирующих цилиндров: а, б — образование свободной поверхности массы на закрытом и открытом участках цилиндра соответственно:

1 — вход массы; 2 — бумажная масса; 3 — поверхность неподвижной губы; 4 — свободная поверхность массы; 5 — осевший слой волокон; 6 — поверхность цилиндра

линдров. Схема вакуум-формирующего цилиндра фирмы «Escher Wyss» (SaugFormer) приведена на рис. 1.108. Вакуум-формирующие цилиндры устанавливают для формования элементарного слоя картона на картоноделательных машинах для выработки многослойного картона.

Обезвоживание бумажной массы в закрытых зонах формования происходит так же, как в открытых зонах — через сетки с осаждением слоя волокон.

Общим для двухсеточных установок является то, что сетки расходятся только после окончания процесса обезвоживания бумажной массы. Поэтому все закрытые зоны формования выполняют роль регистрирующей части и первых отсасывающих ящиков плоскосеточных машин. В двухсеточных установ-

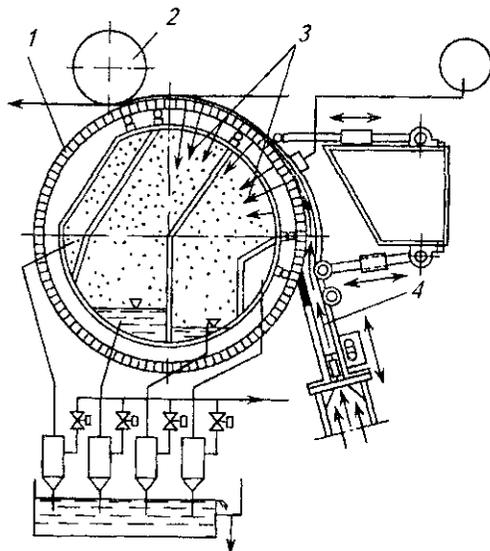


Рис. 1.108. Принципиальная схема формирующего устройства SaugFormer:

1 — формирующая сетка цилиндра; 2 — съемный вал; 3 — вакуумные камеры; 4 — напускное устройство

ках функции сеток различаются. Одна из сеток является основной. С нее бумажное полотно передается в прессовую часть, под этой сеткой расположен гауч-вал. Вторая сетка — вспомогательная — служит для образования двухсеточной зоны формования.

Отдельные конструкции закрытых зон формования различаются особенностями процесса обезвоживания.

В жесткой зоне формования обычно обе поверхности проницаемые и обезвоживание идет через обе сетки. Масса обезвоживается под действием избыточного давления и вакуума, если проницаемая твердая поверхность является крышкой отсасывающих ящиков.

Гибкие зоны формования могут иметь разные конструкции. Опорная поверхность, которая является обычно частью окружности, может быть неподвижной или вращающейся, непроницаемой или проницаемой.

Сетка, прилегающая непосредственно к опорной поверхности, называется внутренней, другая — наружной. Обезвоживание бумажной массы происходит под действием давления, создаваемого наружной сеткой, центробежной силы, гидростатического напора массы и вакуума за проницаемой поверхностью.

Особенностью вакуум-формирующего цилиндра, как и других конструкций с закрытой зоной формования, совмещенных с напорным ящиком, является то, что от начала зоны и вплоть до свободной поверхности давление в массе может быть больше атмосферного. Обезвоживание бумажной массы происходит под действием этого давления, вакуума в отсасывающих камерах, расположенных внутри цилиндра, и центробежной силы.

1.9.3.2. Формование бумажного полотна при двухстороннем обезвоживании

Основным направлением развития процесса формования бумаги и картона в настоящее время является переход от классического отлива бумажного полотна на плоской сетке к двухстороннему обезвоживанию.

Основная причина — необходимость увеличения производительности единичных агрегатов и оптимизации качества продукции с учетом изменений в составе полуфабрикатной базы (увеличения доли лиственных пород, макулатуры и различных видов древесных масс).

Формующие устройства с двухсторонним обезвоживанием позволяют производить бумагу и картон широкого ассортимента со скоростью, недостижимой на столовых бумагоделательных машинах. Они занимают меньше площади, менее энергоемки и позволяют получить полотно лучшего качества. Двухсеточные бумагоделательные машины менее чувствительны к колебаниям технологических параметров по сравнению со столовыми машинами.

Двухсеточные конструкции открывают новые способы управления процессом формования путем регулирования величины и формы клиновидного зазора, натяжения сеток, соотношения скоростей сеток. Создаются возможности для устранения вторичной флокуляции, расслаивания, регулирования анизотропии бумаги, ее разносторонности и распределения компонентов по толщине листа [64, 65].

К настоящему времени накоплен большой опыт эксплуатации двухсеточных формующих устройств, которые необходимо использовать, решая вопрос о выборе для данных условий производства того или иного формующего устройства. Формующие устройства с двухсторонним обезвоживанием имеют следующие преимущества:

высокую обезвоживающую способность, что позволяет достигнуть высокой скорости или увеличить массу 1 м^2 бумаги при такой же скорости;

более симметричную структуру бумажного полотна, обуславливающую уменьшение разносторонности и скручиваемости листа, улучшение печатных свойств;

малое содержание наполнителей на поверхности листа при большем их содержании в середине, что создает лучшие условия для офсетной печати;

высокую равномерность бумажного полотна по массе 1 м^2 по длине и ширине при высоких скоростях машины;

уменьшение производственной площади, занимаемой сеточной частью, что в сочетании с компактной прессовой частью дает возможность установки большего числа сушильных цилиндров;

легкость обслуживания, быстроту перехода с одного вида бумаги на другой, возможность регулирования процесса обезвоживания.

В то же время устройства с двухсторонним обезвоживанием имеют и определенные недостатки:

при низкой массе 1 м^2 (менее 30 г/м^2) малое удержание наполнителя и высокую пористость;

Таблица 1.90
Предельные скорости производства газетной бумаги на плоскосеточных машинах

Начальная концентрация, %	Длина зоны формования, м				
	1,0	2,0	4,0	7,0	10,0
	Предельная скорость, м/мин				
0,3	200	400	800	1400	2000
0,5	300	600	1200	2100	3000
0,7	420	840	1680	2940	4200

наличие минимальной скорости, т. е. такой скорости, ниже которой формование становится невозможным;

относительно высокий расход энергии при средних скоростях машины;

повышенные колебания поперечного профиля бумаги по толщине и массе 1 м^2 , что требует высокой точности изготовления диффузора напускного устройства и точной установки выпускной щели;

большую опасность загрязнения сетки, особенно внутренней, при использовании макулатуры;

опасность чрезмерной маркировки от сеток на обеих сторонах бумаги.

Предельно допустимое время формования при известной начальной концентрации и заданной длине зоны формования позволяет определить технологические предельные скорости бумагоделательных машин для данного вида продукции. В табл. 1.90 и 1.91 приведены предельные скорости плоскосеточной (табл. 1.90) и двухсеточной (табл. 1.91) бумагоделательных машин для производства газетной бумаги.

Таким образом, двухсеточное формование допускает большую скорость обезвоживания, не снижая качества продукции.

Ориентация волокон в машинном направлении в бумаге, получаемой на двухсеточных формующих устройствах, сильнее выражена в середине бумажного полотна, волокна в наружных слоях ориентированы в меньшей сте-

Таблица 1.91
Предельные скорости производства газетной бумаги на двухсеточных машинах

Начальная концентрация, %	Длина зоны формования, м					
	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	7,0
	Предельная скорость, м/мин					
0,4	240	480	960	1440	2400	3360
0,6	300	600	1200	1800	3000	4200
0,8	450	900	1800	2700	4500	6300

Таблица 1.92

Показатели качества газетной бумаги, полученной различными способами формования

Показатель	Вертиформа	Bel-Bay	Плоскосеточные машины			
			1	2	3	4
Масса 1 м ² , г	52,0	54,4	53,3	53,2	52,1	53,6
Удельный объем, см ³ /г	1,89	1,69	1,70	1,70	1,59	1,56
Разрывная длина, км:						
вдоль	4,81	5,46	3,69	3,75	3,83	3,70
поперек	1,22	1,69	1,64	1,63	1,57	1,81
их отношение	3,95	3,23	2,25	2,30	2,46	2,05
Показатель сопротивления раздиранию (по Скотту), кг	15,89	22,7	40	31,8	35	34
Прочность поверхности (по Деннисону), №:						
лицевая сторона	7	8	8	8	8	8
сеточная »	9	8	7	7	8	8
Шероховатость (по Бендтсену), мл/мин:						
лицевая сторона	209	214	154	187	145	143
сеточная »	231	166	200	213	155	143
Твердость (по Бендтсену), %:						
лицевая сторона	25	38	29	26	28	27
сеточная »	24	31	28	29	31	28
Пористость (по Бендтсену), мл/мин	404	267	218	258	350	183
Поглощение жира (по Унгеру), г/м ²	36	25	30	33	28	24
Поглощение жира, %	42	46	33	38	42	44
Яркость, %	57,9	59,4	62,1	63,0	59,1	59,3
Кажущаяся яркость, %	63,8	65,3	70,8	70,9	67,7	64,8
Непросвечиваемость печатного текста, %	96,4	95,4	93,9	92,8	93,1	92,5
Коэффициент рассеивания, см ² /г	584	532	576	538	505	522
Коэффициент ориентации, выраженный отношением звукового модуля — вдоль/ поперек	4,67	3,44	3,32	3,37	3,78	2,86
Просвет бумаги (L ₉₀ C), %	51	—	63	62	74	57

пени. Распределение мелких волокон и наполнителя по толщине полотна при двухстороннем обезвоживании более симметрично, чем на плоскосеточных бумагоделательных машинах.

Значительной разницы в удержании компонентов бумажной массы на плоской сетке и на двухсеточном формирующем устройстве не наблюдается. Так, удержание волокна при выра-

ботке газетной бумаги одинаковой композиции и массы 1 м² со скоростью 800...850 м/мин составило для плоской сетки 58...67 %, для двухсеточного устройства — 65...68 %.

Сопротивление расслаиванию бумаги, сформованной между двумя сетками, как правило, несколько ниже, чем бумаги, полученной на плоскосеточной бумагоделательной машине.

Таблица 1.93

Показатели печатных свойств газетной бумаги, полученной различными способами формования

Показатель	Вертиформа	Bel Bay	Плоскосеточные машины			
			1	2	3	4
Потребление краски, мг/дм ² (K _s = 0,85):						
лицевая сторона	2,63	2,50	2,25	2,18	2,49	2,57
сеточная »	2,48	2,53	2,27	2,25	2,39	2,52
Перенос краски, мг/дм ² (K _s = 0,85):						
лицевая сторона	60,2	58,0	58,1	56,3	58,7	59,2
сеточная »	55,1	60,2	58,5	55,9	57,7	58,7

Бумага двухсеточного формования по сравнению с бумагой, полученной на плоской сетке, имеет меньшую склонность к пылению при офсетной печати. В табл. 1.92 и 1.93 приведены характеристики газетной бумаги, полученной различными способами.

1.9.3.3. Формующие устройства для бумаги

Широкое распространение получили так называемые гибридные формующие устройства, в которых в первый период идет обычное одностороннее обезвоживание через сетку, во второй период имеет место двухстороннее обезвоживание с использованием специального формующего башмака.

Гибридные формующие устройства обеспечивают:

формование бумажного полотна, обладающего хорошей структурной симметрией и однородными характеристиками обеих сторон листа;

равномерность просвета и возможность регулирования пористости;

возможность регулирования механических характеристик бумаги в продольном и поперечном направлениях и внутреннюю прочность листа;

минимальную маркировку от сеток;

высокое удержание мелкого волокна и наполнителей при выработке тонких видов бумаги с древесной массой или без нее и с использованием в композиции коротковолокнистых полуфабрикатов (например целлюлозы из лиственных пород древесины или багассы, разных видов наполнителей, а также макулатуры);

уменьшение массы 1 м^2 газетной и других видов тонкой печатной бумаги;

использование термомеханической древесной массы с целью сокращения количества целлюлозы в композиции бумаги.

Наиболее известное гибридное формующее устройство SimFormer выпускается фирмой «Valmet». В новом поколении формующих устройств этого типа перед формующим башмаком установлен формующий вал (рис. 1.109) [64, 65]. Такое решение обеспечивает более эффективное удаление воды и лучшую симметричность структуры бумаги.

Комбинированное формование позволяет обеспечить на хорошем уровне удержание на сетке. Благодаря тонкой настройке формующего механизма, состоящего из вала и формующего башмака, формование бумаги значительно улучшилось, сократилось количество пор и уменьшилась общая пористость бумаги.

Улучшенное формование достигнуто за счет поддержания вакуума в формующем башмаке и применения дефлекторных планок над башмаком. Пористость бумаги можно регулировать путем управления вакуумом в башмаке.

Бумага, полученная на устройстве SimFormer, отличается высокими показателями прочности. Обе стороны бумаги удовлетворяют всем требованиям по прочности поверхности, предъявляемым бумаге любого назначения, в частности, бумаге для высокотемпературной офсетной печати. Эта бумага имеет также высокое сопротивление расслаиванию.

Высокие печатные свойства бумаги, полученной на формующих устройствах фирмы «Valmet», показаны на рис. 1.110, 1.111 и в табл. 1.94.

С увеличением скорости бумагоделательных машин более перспективными, чем гибридные формующие устройства, становятся формующие устройства с подачей бумажной массы в зазор между сетками на устройстве системы GapFormer. Исключение открытой

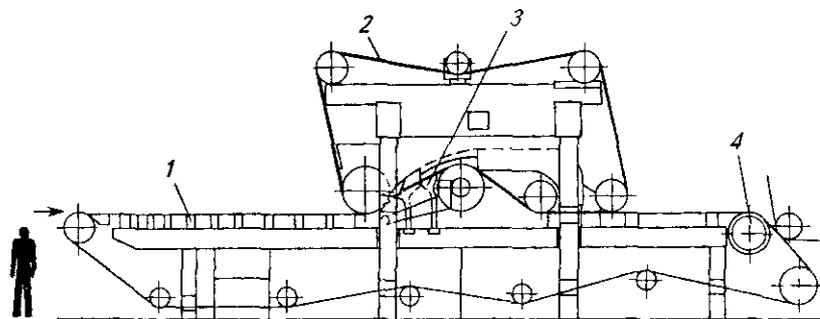


Рис. 1.109. Формующее устройство SimFormer P:

1 — плоская формующая часть; 2 — верхняя сетка; 3 — обезвоживающий башмак; 4 — гауч-вал

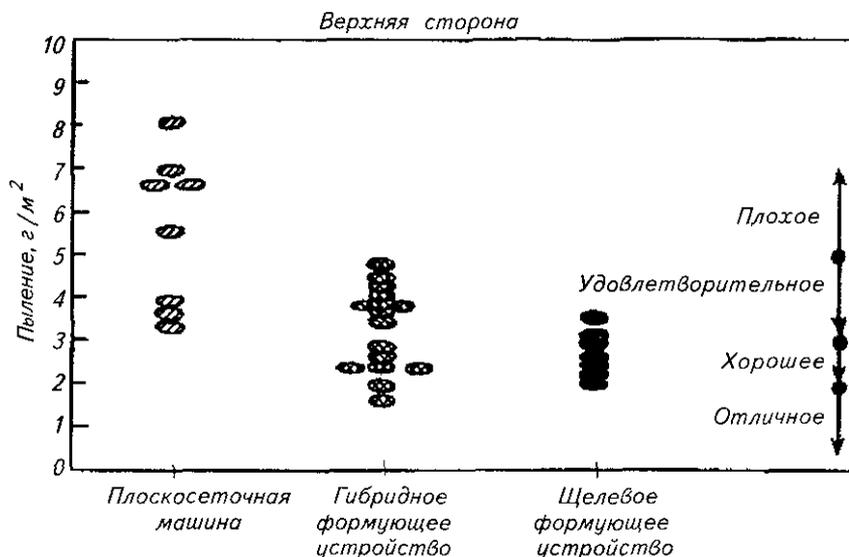


Рис. 1.110. Зависимость пыльности от типа формирующего устройства

зоны формования повышает стабильность массы 1 м² бумаги. Это характерно для всех устройств системы GarFormer, вне зависимости от того, применяются ли в качестве обезвоживающих элементов формирующий вал, неподвижные планки или их комбинация.

Применение формирующего вала для обезвоживания обеспечивает хорошее удержание на сетке, но формование не всегда отвечает необходимым требованиям. При использовании неподвижных элементов получается хорошее формование, но снижается степень удержания компонентов на сетке.

Баланс требований к формованию и удержанию соблюден в формирующем устройстве

SpedFormer XC фирмы «Valmet» (рис. 1.112). SpedFormer XC состоит из формирующего вала, который служит для начального обезвоживания, и следующего за ним вакуумного формирующего башмака с дефлектором. Удаление воды происходит равномерно через обе сетки (рис. 1.113).

Объем воды, удаляемой на формирующем вале, соответствует объему воды, удаляемой в зоне начального обезвоживания плоскосеточной части гибридного формирующего устройства. Качество формования бумаги в устройстве SpedFormer XC лучше, чем у других формирующих устройств, включая гибридные, а удержание компонентов — на уровне по-

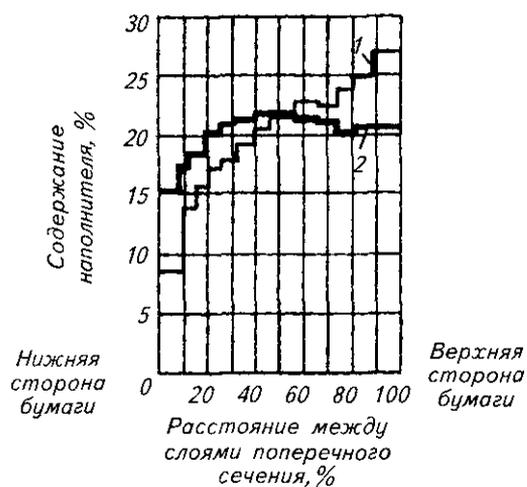


Рис. 1.111. Распределение наполнителя по толщине листа при формовании на плоскосеточной машине (1) и устройстве SimFormer P (2)

Таблица 1.94

Характеристика суперкаландрированной бумаги, выработанной на машине с формирующим устройством SimFormer P

Показатель	Бумага для глубокой печати	Бумага для офсетной печати
Масса 1 м ² , г	60	56
Зольность, %	29	23
Плотность, кг/м ³	1128	1098
Шероховатость (по Бендтсену) мл/мин:		
верхняя сторона	20	24
нижняя »	21	24
Пористость (по Бендтсену), мл/мин	20	22
Впитываемость масел, метод Кобба—Унгера, г/м ² :		
верхняя сторона	5,7	5,2
нижняя »	6,5	5,7

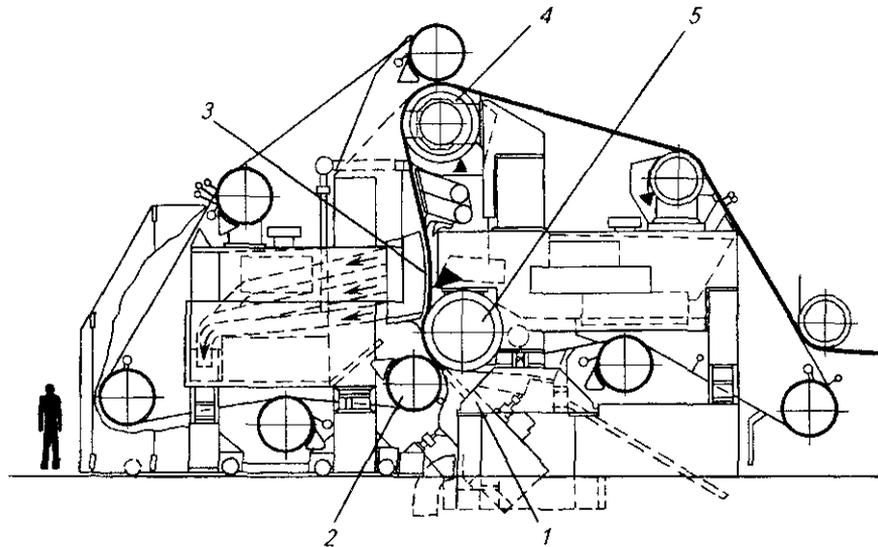


Рис. 1.112. Формующее устройство SpedFormer XC:

1 — напускное устройство; 2 — грудной вал; 3 — обезвоживающий башмак; 4 — гауч вал; 5 — формующий вал

следних. Благодаря своей стабильной работе SpedFormer XC особо рекомендуется при работе на высоких (около 1500 м/мин) скоростях.

Еще более высокая скорость (более 1700 м/мин) в производстве газетной бумаги 40,0...48,8 г/м² достигнута на устройстве DuoFormer CFD системы GarFormer фирмы «Voith Sulzer» (рис. 1.114).

DuoFormer CFD установлен на бумагоделательной машине с обрезной шириной 8950 мм, производящей газетную бумагу из термомеханической древесной массы и макулатуры в количестве 270 000 т/год. DuoFormer CFD работает с использованием напускного устройства Module Jet, подающего стабильную струю бумажной массы в зазор между грудным и формующим валами.

Применение формующего вала имеет следующие преимущества:

- стабильная струя массы;
- простота в обслуживании;
- высокое постоянство поперечного профиля бумаги благодаря надежной опоре сетки в области формующего вала;
- минимальные отклонения от средних значений;
- высокая скорость;
- высокое удержание при хорошем формовании листа на формующем вале.

После формующего вала следует формующая часть, состоящая из криволинейного отсасывающего ящика на верхней сетке и формующего ящика из планочных вакуумных элементов на нижней сетке. Чередование пла-

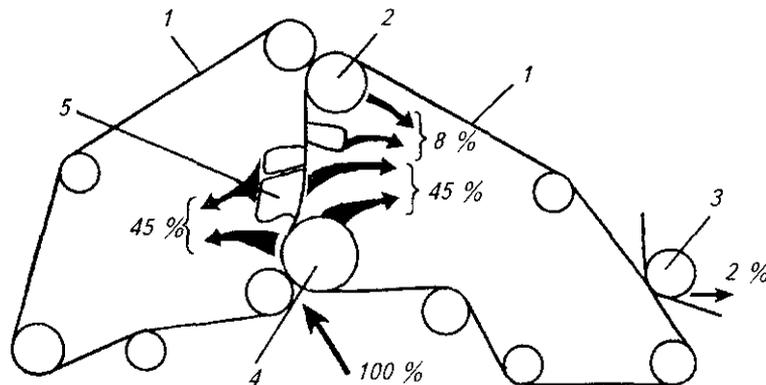


Рис. 1.113. Схема обезвоживания на устройстве SpedFormer XC при выработке газетной бумаги:

1 — формующие сетки; 2 — гауч-вал; 3 — вакуум-пересасывающее устройство; 4 — формующий вал; 5 — формующий башмак

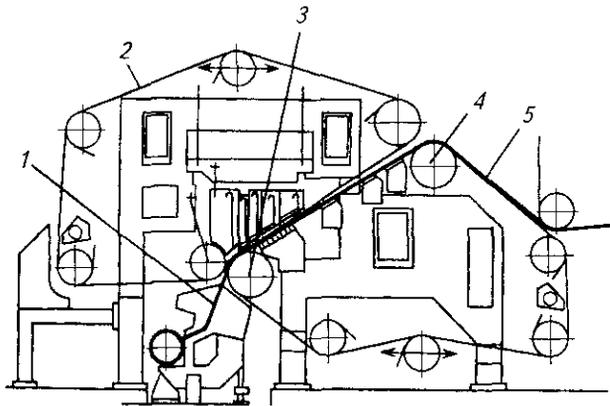


Рис. 1.114. Формующее устройство DuoFormer CFD.

1 — напускное устройство, 2 — верхняя сетка, 3 — формирующий вал, 4 — гауч вал, 5 — нижняя сетка

ночных элементов в сочетании с пульсациями давления изменяют условия обезвоживания в зависимости от скорости, массы 1 м^2 бумаги и садкости бумажной массы.

Формующее устройство позволяет успешно регулировать соотношение показателей в машинном и поперечном направлениях. Благодаря симметричному формованию устройство обеспечивает низкую разносторонность бумаги, равномерную структуру листа, хорошие печатные свойства.

Фирмой «Voith Sulzer» создано самое скоростное на сегодняшний день формующее устройство CrescentFormer TM22 для производства санитарно-гигиенической бумаги (рис. 1.115).

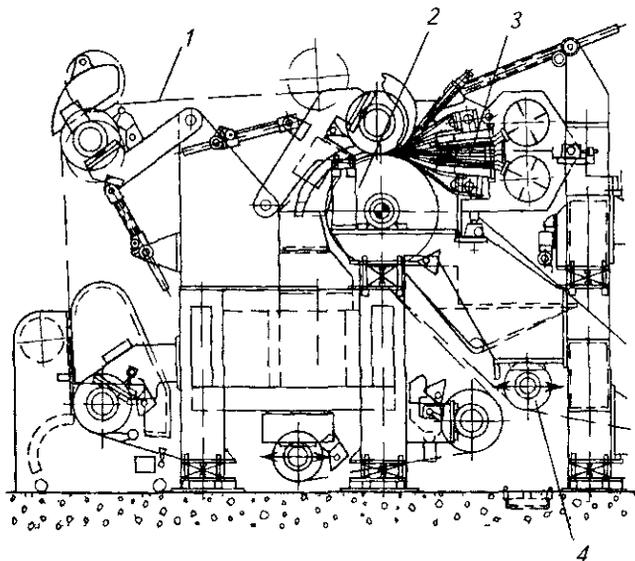


Рис. 1.115. Формующее устройство для производства санитарно-гигиенической бумаги CrescentFormer TM22:

1 — формирующая сетка, 2 — формирующий вал, 3 — двухслойное напускное устройство, 4 — съемное сукно

CrescentFormer TM22 работает на скорости 2200 м/мин и производит продукцию из химико-механической и термомеханической древесной массы, а также вторичного волокна.

Подача бумажной массы осуществляется в зазор между двумя сетками из напускного устройства, предусматривающего двухслойное формование. CrescentFormer TM22 обладает мощными обезвоживающими характеристиками, короткой гибкой зоной формования, возможностью контроля ориентации волокна, чистым и надежным разделением сеток.

1.9.3.4 Многослойное формование картона

Первым вариантом многослойного формования являются круглосеточные картоноделательные машины с формирующими цилиндрами, на каждом из которых отливаются отдельные слои, которые затем соединяются. Однако увеличение скорости или ширины машины приводит к резкому ухудшению качества продукции из-за усиления неравномерности полотна по массе 1 м^2 и толщине из-за размывания элементарного слоя и его повышенной анизотропии. К тому же скорость ограничивается на очень невысоком уровне обезвоживающей возможностью формирующих цилиндров.

Необходимость форсирования обезвоживания привела к созданию вакуум-формирующих цилиндров. Более интенсивное обезвоживание позволило увеличить скорость картоноделательных машин (КДМ), а наличие напускного устройства — улучшить соотношение продольной и поперечной прочности, а также повысить равномерность картона по массе 1 м^2 и толщине. Увеличение скорости тормозится относительно коротким участком обезвоживания и уменьшением межслоевой прочности.

В целях повышения производительности картон для плоских слоев гофрокартона стали производить преимущественно на плоскосеточных КДМ, снабженных вторым напускным устройством. Такие машины обладают высокой производительностью, однако имеют и существенные недостатки. Обезвоживание бумажной массы покровного слоя происходит через сформованный основной слой картона под действием вакуума в отсасывающих ящиках. 90...95 % обезвоживающей мощности отсасывающих ящиков, уста-

новленных после напускного устройства покровного слоя, приходится на преодоление фильтрационного сопротивления основного слоя. Так как с увеличением степени помола значение коэффициента фильтрации уменьшается, то бумажная масса основного слоя имеет низкую степень помола — 16...18 °ШР, при которой не в полной мере используются потенциальные свойства полуфабрикатов [63].

Практический опыт работы на машинах этого типа и специальные расчеты показали, что с увеличением производительности КДМ доля покровного слоя уменьшается до 10...16 %, т. е. вклад наиболее прочного полуфабриката в общую прочность картона становится незначительным.

На плоскосеточных КДМ исключена возможность оптимизации композиции картона по слоям. Машина очень чувствительна к изменениям технологических параметров в процессе работы. Для того чтобы обеспечить надлежащую прочность и жесткость тарного картона, соответствующую мировому уровню качества, необходимо держать более высокую массу 1 м^2 — 200...250 г/м². Практический опыт и расчеты показали, что более перспективными являются конструкции сеточных частей, обеспечивающие многослойное формование картона.

Многослойное формование имеет следующие технологические преимущества:

возможность снижения концентрации масы в напускном устройстве;

повышение степени помола волокна для работы в оптимальной зоне прочности;

плавное обезвоживание каждого слоя при одновременном росте сухости в конце формования;

повышение скорости и производительности КДМ;

возможность изменения состава по волокну в отдельных слоях в целях удешевления композиции при сохранении хорошего внешнего вида картона и высоких характеристик механической прочности.

Многослойное формование на комбинированных многосеточных формующих устройствах позволит рационально решать следующие технические задачи:

увеличивать производительность машины за счет повышения скорости без снижения массы 1 м^2 ;

повышать качество картона при сохранении той же производительности, получать картон высших марок за счет высококачественного формования элементарных слоев;

снижать массу 1 м^2 без ухудшения механических характеристик за счет получения плотного равномерного полотна, что даст экономию дорогого волокнистого сырья;

использовать более дешевую композицию без снижения качества картона и производительности машины.

В мировой практике многослойное формование развивается по двум направлениям:

1) индивидуальное формование каждого слоя с их последующим объединением в многослойную структуру;

2) многослойный отлив из одного напускного устройства, так называемое «структур-

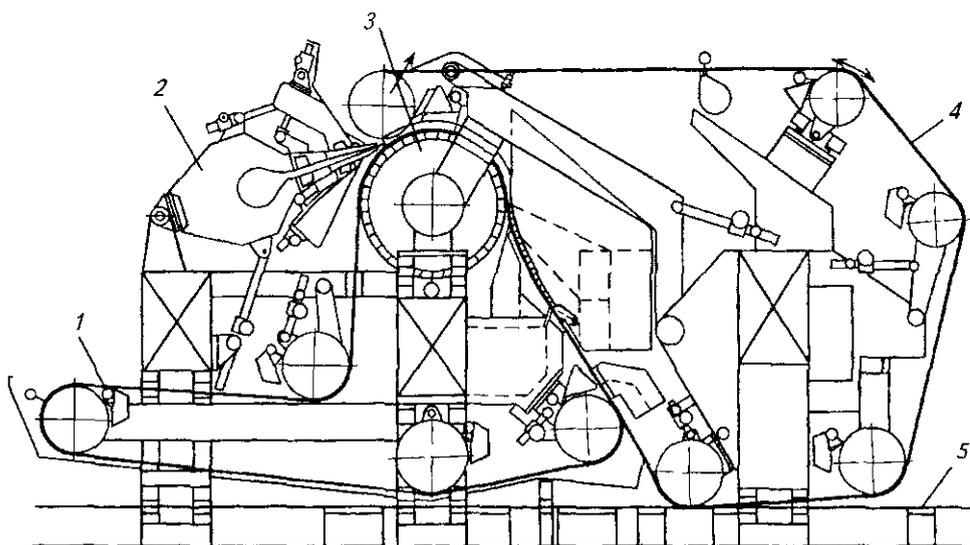


Рис. 1.116. Формующее устройство DuoFormer TOP:

1 — нижняя сетка; 2 — напускное устройство; 3 — формующий вал; 4 — верхняя сетка; 5 — основная сетка

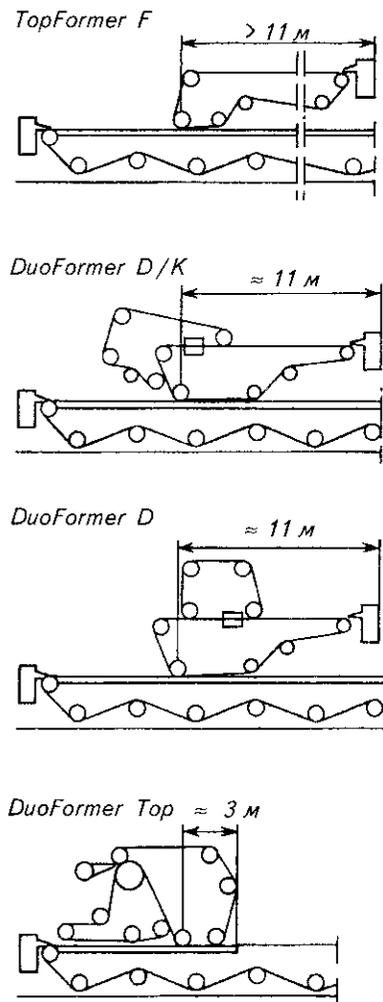


Рис. 1.117. Варианты схем многосеточных устройств для многослойного формования

ное формование», с последующим обезвоживанием, как правило, на двухсеточном устройстве.

На рис. 1.116 приведено формующее устройство для формирования элементарного слоя картона фирмы «Voith Sulzer» — DuoFormer TOP. Устройства подобного типа используются для удовлетворения повышенных требований к белому покровному слою. Начальное обезвоживание происходит на открытом формующем вале при низком вакууме. Дальнейшее обезвоживание полотна происходит под действием вакуума в отсасывающем ящике верхней сетки. Затем полотно наружной сеткой направляется к гаучвалу и там соединяется под давлением с основным слоем.

На рис. 1.117 представлены возможные схемы многосеточных устройств для многослойного формования, а также длина зон совместного формования при равных возможностях обезвоживания.

На рис. 1.118 показано влияние многослойного формования на показатели прочности картона.

На рис. 1.119 представлены варианты распределения по толщине полотна коротковолокнистой массы в формующих устройствах различных конструкций.

Использование DuoFormer TOP при изготовлении картона имеет следующие преимущества:

хорошее формование даже при низком соотношении прочности в машинном и поперечном направлениях;

хорошие кроющие свойства при малой массе покровного слоя;

высокие показатели прочности благодаря плавному двухстороннему обезвоживанию в сочетании с многослойным формованием;

регулируемое распределение коротковолокнистой массы для достижения высокого сопротивления расслаиванию.

DuoFormer TOP обладает следующими эксплуатационными преимуществами:

высокой предельной скоростью (максимальная масса 1 м^2 слоя — 150 г, скорость — 300...1400 м/мин);

хорошими технико-экономическими показателями при высоких скоростях (> 1000 м/мин);

оптимальной системой отвода воды при высокой эффективности обезвоживания;

компактной конструкцией.

Примером формования с использованием многослойного напускного устройства может служить формующее устройство DuoFormer Base фирмы «Voith Sulzer».

Как видно из рис. 1.120, это формующее устройство — GapFormer, т. е. устройство с подачей массы, в данном случае, из двухслойного напускного устройства в зазор между двух сеток. При необходимости получения картона с высокой массой 1 м^2 возможна комбинация формующего устройства DuoFormer

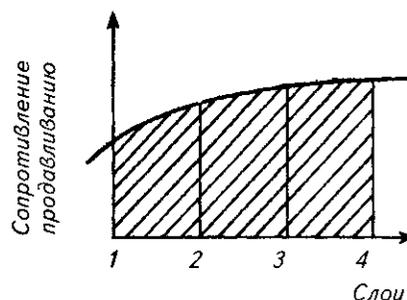


Рис. 1.118. Влияние многослойного формования на сопротивление продавливанию: 1 слой — 200 г/м^2 ; 2 слоя — $2 \times 100 \text{ г/м}^2$; 3 слоя — $3 \times 67 \text{ г/м}^2$; 4 слоя — $4 \times 30 \text{ г/м}^2$

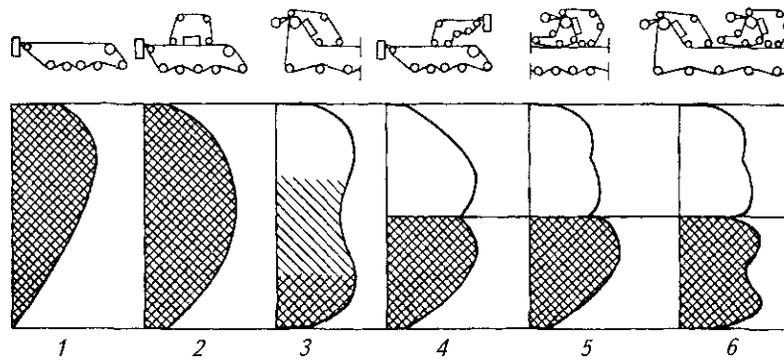


Рис. 1.119. Распределение по толщине полотна коротковолокнистой массы в формирующих устройствах различных конструкций:

1 — плоская сетка; 2 — гибридное формирующее устройство, 3 — DuoFormer Base, 4 — плоская сетка и TopFormer F; 5 — плоская сетка и DuoFormer Top, 6 — DuoFormer Base и DuoFormer Top

Base с традиционными многосеточными формирующими частями — количество формирующих устройств соответственно сокращается. Занимаемая площадь остается незначительной. При неизменном или даже лучшем качестве картона становится возможным работать на скорости до 1400 м/мин.

Режим обезвоживания на устройстве DuoFormer Base показан на рис. 1.121. Расположение напорного ящика в самой верхней точке формирующего устройства упрощает движение массы в струйном канале. В зоне формирующего вала энергии струи и силы тяжести достаточно для эффективного обезвоживания, вакуумной поддержки струйного канала не

требуется. Отсасывающий ящик верхней сетки охватывает две отделенные друг от друга зоны, причем гравитационное обезвоживание сокращает расход энергии на вакуум.

На рис. 1.122 и 1.123 показаны параметры работы формирующего устройства DuoFormer Base для различных видов продукции.

Основные рабочие характеристики DuoFormer Base:

максимальная масса 1 м^2 — 280 г/м²;
 скорость — 300...1400 м/мин.

Картон, полученный на данном формирующем устройстве, отличается высокими показателями прочности, равномерной структурой и высокими кроющими свойствами по-

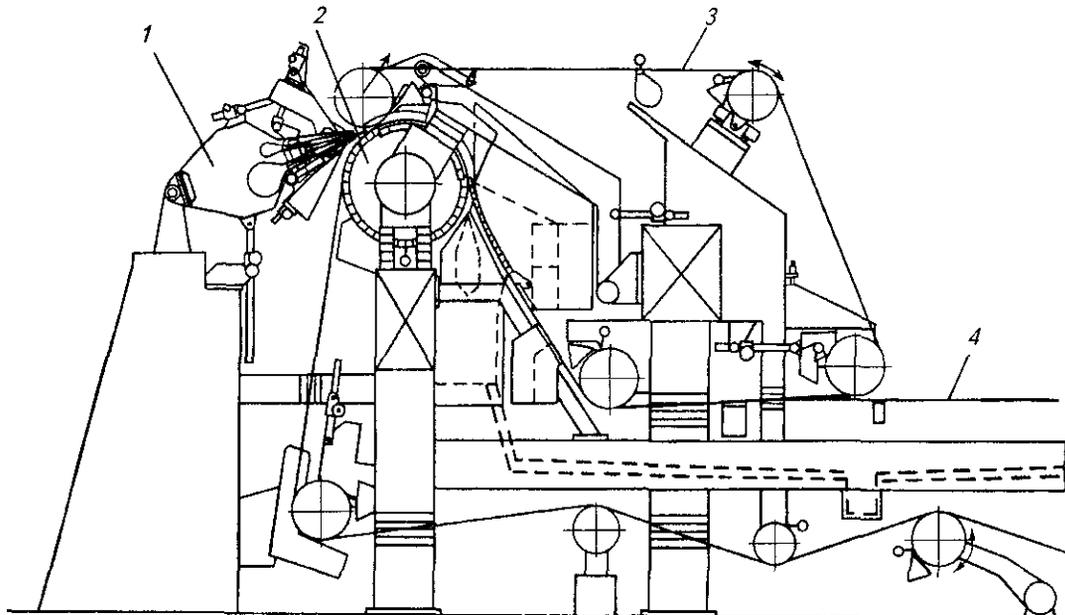


Рис. 1.120. Формирующее устройство DuoFormer Base:

1 — двухслойное напускное устройство, 2 — формирующий вал; 3 — верхняя сетка; 4 — основная сетка

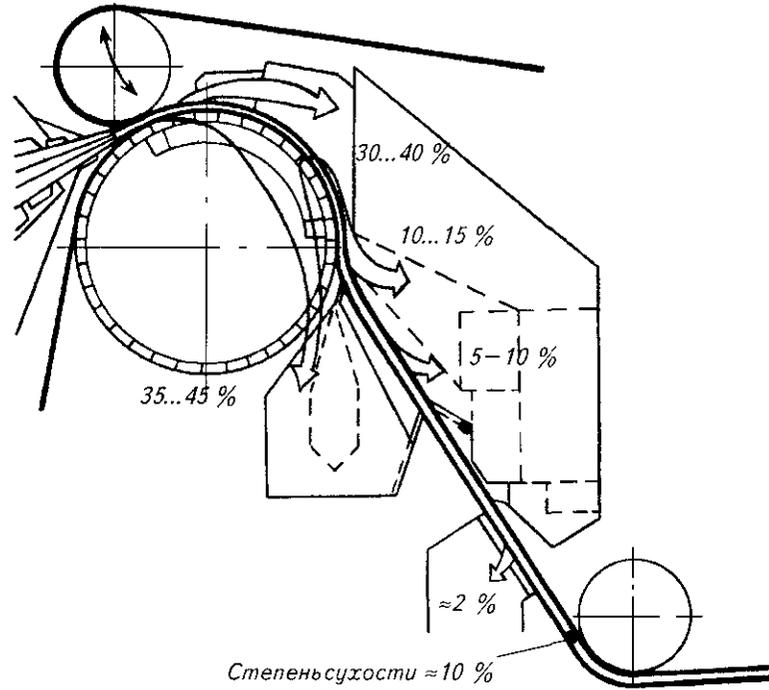


Рис. 1.121. Режим обезвоживания на устройстве DuoFormer Base (на рис. показано удаление воды по зонам формирования в %)

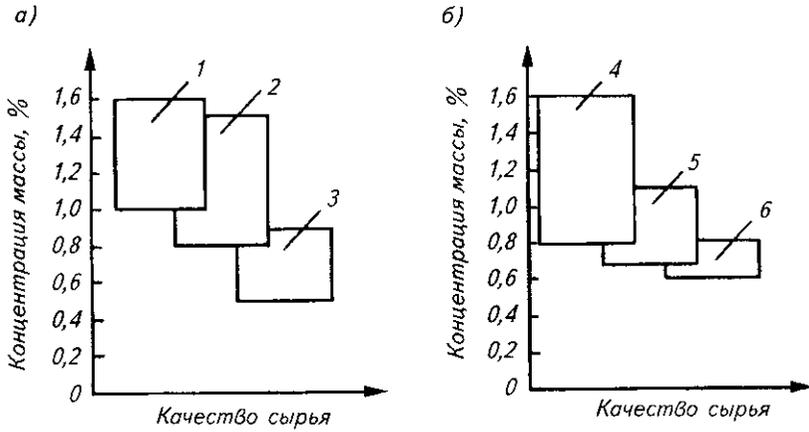
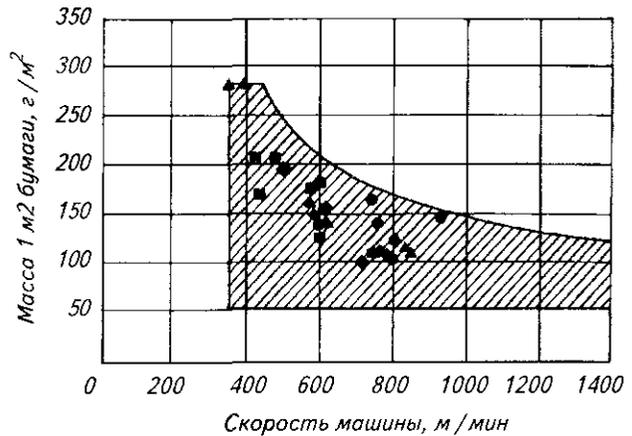


Рис. 1.122. Концентрация массы на формующем устройстве DuoFormer Base при выработке упаковочной бумаги и картона: а — по виду продукции; б — по положению слоев:
 1 — гофрированная бумага основа; 2 — тест-лайнер, 3 — крафт-лайнер, 4 — внутренний слой; 5 — нижний слой; 6 — покровный слой

Рис. 1.123. Параметры работы формующего устройства DuoFormer Base при выработке различных видов продукции:
 ■ — лайнер; ▲ — тест-лайнер, ● — бумага для гофрирования; ◆ — картон



кровного слоя. Отлив полотна на устройстве DuoFormer Base обеспечивает высокое удержание наполнителей и отличается низким уровнем энергопотребления благодаря высокой концентрации массы.

1.9.3.5. Альтернативные способы формования бумаги

Определенные трудности представляет проблема формования бумаги из длинных и сверхдлинных волокон. Это, как правило, бумага специального технического назначения, для производства которой используются искусственные или синтетические волокна. Поскольку применяемые волокна могут быть длиной до 30 мм, для исключения хлопьеобразования необходимо очень высокое разбавление. Концентрация массы при отливе — 0,025...0,005 %. Поэтому для обезвоживания бумажной массы с такой концентрацией требуются специальные конструкции сеточных частей с наклонной сеткой.

На рис. 1.124 показана схема такой формирующей части, позволяющей получать длиноволокнистую бумагу с равномерным распределением слоев, которая в ряде случаев может заменить ткань. При этом методе формования возможно изготовление не только однослойной, но и многослойной бумаги, что позволяет изготавливать волокнистые материалы массой от 20 до 1000 г/м² при скорости от 0,5 до 250 м/мин.

Исключение хлопьеобразования в длиноволокнистых системах стало возможным благодаря использованию мелкодисперсных пен. Пузырьки пены, равномерно распределенные по всему объему суспензии, противодействуют агрегации волокон и обеспечивают их равномерное распределение. Наиболее равномерное бумажное полотно может быть получено при объемном содержании воздуха в пене 55...75 %, при этом диаметр пузырьков должен составлять 20...100 мкм [62].

Для получения мелкодисперсной пены с диспергированным в ней волокном необходима специальная установка — пеногенератор. Мелкодисперсная пена в генераторе образуется при использовании поверхностно-активных веществ, которые при минимальных концентрациях в растворе (1,0...1,5 г/л) образуют пену с необходимыми характеристиками.

Пенный способ формования позволяет получить бумагу из синтетических волокон дли-

ной до 16 мм при тех же концентрациях, что и для целлюлозных волокон, т. е. значительно больших, чем при обычных способах отлива бумаги из синтетических волокон. Получаемая бумага при необходимости может иметь очень высокую пористость и низкую объемную массу — 0,20...0,25 г/см³. Некоторые виды бумаги, например, очень тонкие (7...8 г/м²) из полиамидных волокон или бумага из высокомолекулярных углеродных волокон может быть получена только с использованием пенного способа формования.

Формование бумаги из пенных сред благодаря значительному снижению расходов воды, возможности получения материалов из синтетических и искусственных волокон на традиционном оборудовании, приданию бумаге специальных свойств представляется достаточно перспективным.

Наиболее полно вопрос снижения расходов воды в производстве длиноволокнистых видов бумаги решен в аэродинамическом способе формования. Основой этого способа является воздушная взвесь волокон, из которой на движущейся сетке формируется слой волокон и затем упрочняется с помощью специальных связующих типа поливинилового спирта, крахмала, метилцеллюлозы и т. д.

Методом аэродинамического формования получены различные равнопрочные длиноволокнистые фильтрующие материалы, электроизоляционные материалы на основе асбестовых, стеклянных и других видов волокон, бумага для реставрации старинных документов и библиотечных материалов. Этим способом изготавливаются специальные многослойные картоны, коробочный макулатурный картон, различные нетканые материалы.

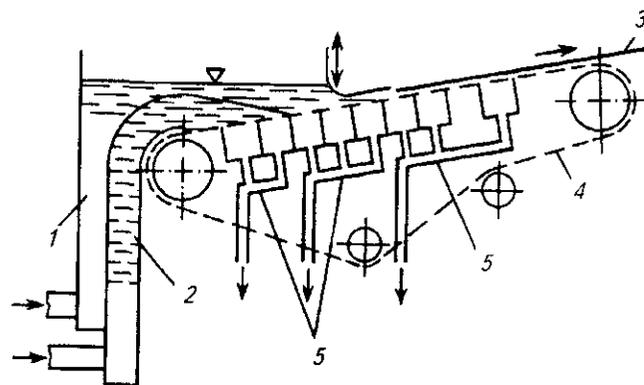


Рис. 1.124. Схема формования полотна на наклонной сетке:

1, 2 — напускные устройства; 3 — нанесенный слой волокон; 4 — сетка; 5 — отсасывающие ящики

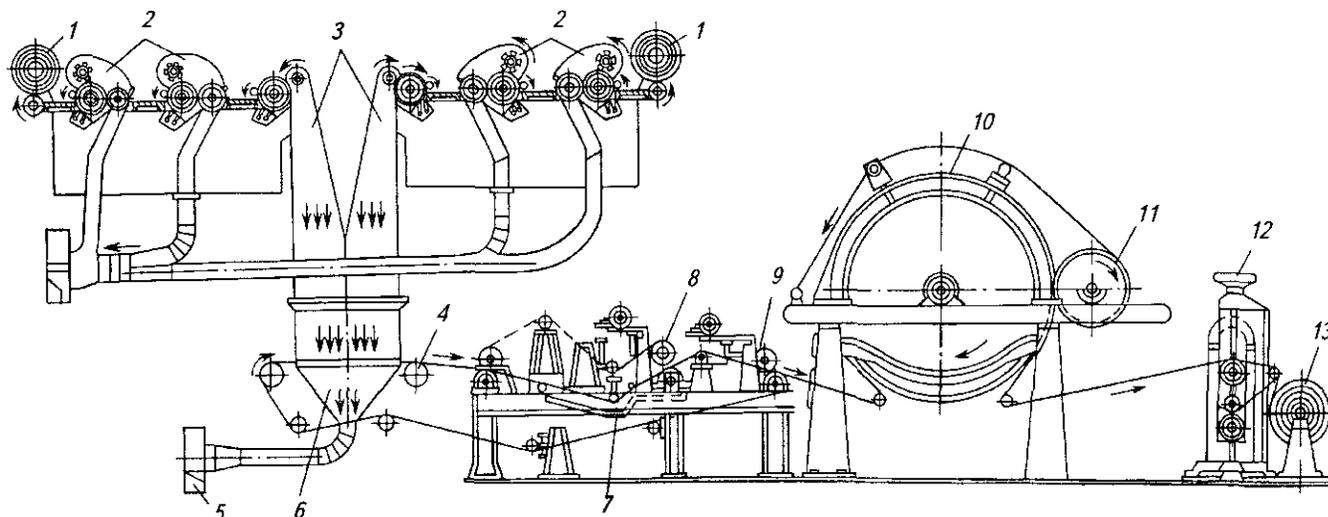


Рис. 1.125. Схема бумагоделательной машины для выработки равнопрочных видов бумаги сухим способом

На рис. 1.125 представлена схема бумагоделательной машины аэродинамического формования. С раската 1 хлопок или другой волокнистый материал поступает на расчесывающие узлы 2 и далее в приемную камеру 3. Из приемной камеры под действием вакуума, создаваемого вентилятором 5 в отсасывающей камере 6, волокна в дезориентированном состоянии поступают на сетку 4, которая проходит через клеевую ванну 7. В этой ванне волокнистый слой движется

вместе с сеткой и сукном 8, отжимается между валами 9, а полученная бумага подвергается сушке на цилиндре 10. Сукно подсушивается на сукносушителе 11, а бумага подвергается каландрированию в каландре 12 и наматывается на накат 13. Содержание связующего в бумаге, в зависимости от ее вида, составляет 12...40 %.

Более подробно аэродинамический способ формования бумаги описан во 2-й части настоящего тома.

1.10. ПРЕССОВАНИЕ БУМАЖНОГО ПОЛОТНА

1.10.1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРЕССОВОЙ ЧАСТИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ И КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН И ТРЕБОВАНИЯ К НЕЙ

К концу сеточной части в бумаге удерживается значительное количество воды. Кроме воды, удерживаемой капиллярными силами, в бумажном полотне имеется и некоторое количество свободной воды, которая не могла быть удалена в сеточной части из-за недостаточного разрежения и из-за малого времени действия вакуума. На сетке машины происходит взаимное переплетение волокон, которое способствует приданию бумажному полотну достаточной прочности для переноса его с сетки в прессовую часть. Однако более значительную роль в обеспечении прочности полотна играют силы поверхностного натяжения воды, находящейся между волокнами. Для большинства видов бумаги и картона сухость после сеточной части составляет около 20 %. Дальнейшее обезвоживание бумажного полотна, называемое прессованием, происходит в прессовой части машины. В процессе прессования вода удаляется из полотна в результате его уплотнения под действием внешней нагрузки. При этом удаляется в основном свободная вода, что ведет в результате возрастания действия капиллярных сил к значительному увеличению числа контактов между волокнами. В результате повышается прочность бумажного полотна, так как поверхностное натяжение препятствует увеличению поверхности раздела «вода—воздух» и обеспечивает достаточно прочную связь волокон друг с другом. Таким

образом, основное назначение прессовой части состоит в обезвоживании бумажного полотна, обеспечении определенных качественных показателей вырабатываемой продукции и надежности работы машины. В результате прессования возрастают сухость, прочность и плотность бумаги. Прессование играет важную роль при выработке многослойных видов бумаги и картона. От эффективности работы прессовой части зависят затраты на сушку бумаги и производительность машины. С целью сокращения расхода пара на сушку стремятся получить после прессовой части максимально возможную сухость. Однако повышение сухости за счет увеличения давления между прессовыми валами ведет к увеличению затрат энергии на привод валов, что может не компенсироваться снижением затрат на сушку. Кроме того, чрезмерное прессование может привести к ухудшению потребительских свойств вырабатываемой на машине продукции. Технико-экономические показатели работы прессовой части современной бумагоделательной машины демонстрирует рис. 1.126.

Эффективность обезвоживания определяется конструкцией прессовой части, конструкцией прессовых суконов, а также свойствами прессуемого материала.

Современные требования к прессовой части бумагоделательных машин:

безобрывная передача полотна с сетки в прессовую часть;

закрытая проводка полотна в прессовой части;

максимально возможное удаление воды из бумажного полотна без нарушения его структуры и с минимальными затратами;

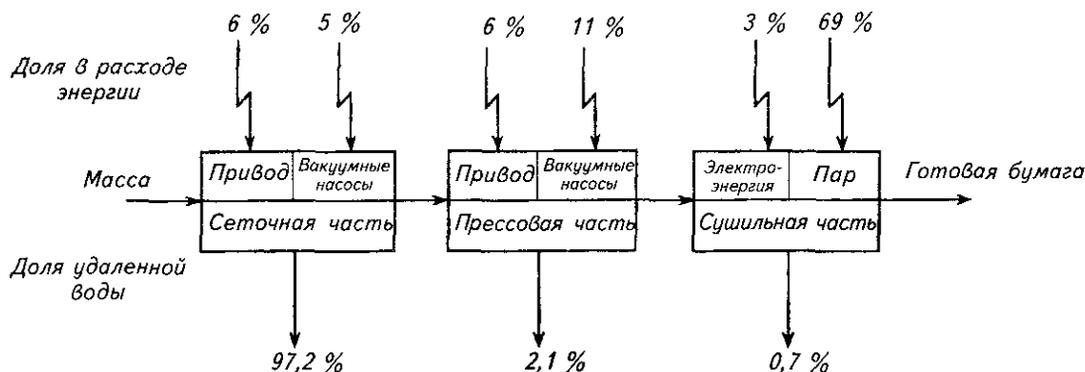


Рис. 1.126. Распределение расхода энергии на современной бумагоделательной машине

упрочнение структуры полотна, повышение его механической прочности и получение необходимых поверхностных свойств.

1.10.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕССОВ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ И КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Прессовая часть машины состоит обычно из нескольких различных прессов, через которые последовательно проходит бумажное полотно. Прессы можно классифицировать по различным признакам. Так, по конструкции все прессы можно разделить на два типа: 1) валковые, в которых обезвоживание бумажного полотна происходит в зоне контакта прижимаемых друг к другу вращающихся валов, и 2) башмачные, в которых зона прессования образуется в результате прижима к вращающемуся прессовому валу стационарного элемента — башмака.

Валковые прессы в зависимости от количества прессовых валов бывают двухвальными и многовальными (комбинированными). Двухвальные прессы в зависимости от преимущественного направления потока воды в сукне можно разделить на прессы с продольной фильтрацией воды и с поперечной фильтрацией. В прессах с продольной фильтрацией вода, выжимаемая из бумажного полотна в сукно, течет в сукне преимущественно в машинном направлении по ходу или против хода сукна. Такие прессы обычно имеют два гладких вала и называются обычными простыми прессами. В прессах второго типа один из прессовых валов имеет отверстия или канавки, в которые из сукна в зоне прессования может поступать вода. Поэтому в таких прессах вода в сукне движется преимущественно в направлении от поверхности бумажного полотна к отверстиям или канавкам на поверхности вала, охватываемого сукном или, как говорят, в z-направлении. Благодаря более короткому пути фильтрации воды в сукне в прессах этого типа гидравлическое сопротивление потоку воды, вытесняемому из бумажного полотна, оказывается значительно более низким, чем в прессах первого типа. Это позволяет при прочих равных условиях удалить из бумажного полотна большее количество воды. К прессам этого типа относятся отсасывающие, желобчатые, глухо-сверленные валы, прессы с удлиненной зоной прессования, когда применяют сукна, у кото-

рых даже в сжатом состоянии внутренний поровый объем не полностью заполнен водой.

Обычные простые прессы применяют в основном на тихоходных машинах.

1.10.3 СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРЕССОВАНИИ БУМАЖНОГО ПОЛОТНА

Теоретическое описание процесса прессования бумажного полотна представляет одну из сложнейших задач современной механики. Проблема заключается в необходимости совместного решения задачи фильтрации воды и воздуха в деформируемой неоднородной пористой среде и задачи контакта двух вращающихся валов. При этом один или оба вала имеют покрытие из материала, имеющего вязкоупругие свойства. Положение усугубляется также большой величиной деформации бумажного полотна и нелинейностью уравнений, описывающих процесс. Поэтому рассмотрим здесь лишь некоторые аспекты прессования, используя простейшую механическую модель, показанную на рис. 1.127. В этой модели волокнистый скелет бумажного полотна представлен в виде пружины. Жидкость в цилиндре с проницаемым порш-

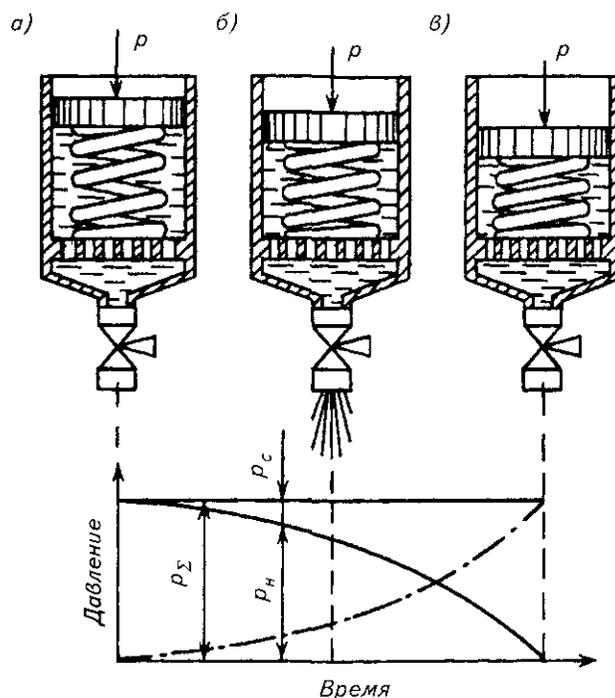


Рис. 1.127. Механическая модель процесса прессования водонасыщенного бумажного полотна

нем моделирует воду в бумажном полотне, а сопротивление пористого дна цилиндра — гидравлическое сопротивление полотна. Пусть к поршню мгновенно прикладывается нагрузка. Поскольку жидкость несжимаема, в начальный момент вся нагрузка будет восприниматься водой (рис. 1.127, а). С началом вытеснения жидкости из цилиндра внешняя нагрузка P_{Σ} перераспределяется между жидкостью (гидравлическое давление в порах материала $P_{\text{н}}$) и пружиной (эффективное напряжение в скелете материала $P_{\text{с}}$) (рис. 1.127, б). При этом в любой момент времени

$$P_{\Sigma} = P_{\text{н}} + P_{\text{с}}, \text{ Па.} \quad (1.73)$$

Когда сила упругости пружины станет равной внешней нагрузке, давление воды в порах становится равным нулю и истечение жидкости прекращается (рис. 1.127, в).

При высокой проницаемости бумажного полотна, чему соответствует низкое сопротивление пористого дна цилиндра, уплотнение бумажного полотна (движение поршня) будет определяться в основном упругими свойствами волокнистого скелета (жесткостью пружины). При этом гидравлическое давление воды будет небольшим. Этот случай соответствует прессованию с контролируемым давлением, когда решающим фактором, определяющим эффективность процесса, является величина внешней нагрузки. Ее можно повышать без опасности дробления бумажного полотна, которое происходит из-за смещения внутренних слоев бумаги относительно наружных под действием фильтрационных сил, возникающих при планарном течении воды в бумажном полотне. Такой режим прессования характерен для видов бумаги, изготовленных из бумажной массы низкого помола и имеющих малую массу 1 м^2 .

При низкой проницаемости материала (высоком сопротивлении дна цилиндра) упругость волокнистого скелета (сжимаемость пружины) оказывает меньшее влияние на процесс обезвоживания, а гидравлическое давление воды в порах бумажного полотна будет высоким. Такой режим прессования называется прессованием с контролируемым потоком, так как увеличение внешней нагрузки в этом случае может привести к раздавливанию бумажного полотна в связи с возникновением значительного градиента порового давления по толщине полотна.

Для оценки эффективности обезвоживания бумажного полотна в прессовой части пользуются влажностью (сухостью) или водосо-

держанием. Влажность — это отношение массы воды, содержащейся во влажном бумажном полотне к массе самого влажного полотна. Влажность обычно выражают в процентах. Аналогично сухость — это отношение массы сухого вещества, содержащегося в данном объеме влажного материала, к массе данного объема. Под водосодержанием понимается отношение массы воды в определенном объеме бумажного полотна к массе абсолютно сухого вещества в этом же объеме.

В качестве основных параметров процесса прессования используют такие величины как линейное давление, среднее давление, продолжительность прессования, ширина зоны прессования, прессовый импульс. Линейное давление определяется как отношение усилия прижима прессовых валов друг к другу к длине рабочей поверхности валов. Линейное давление обычно измеряется в кН/м. Ширина зоны прессования — это ширина площадки, в пределах которой на бумажное полотно действует сжимающая нагрузка. Среднее давление в зоне прессования равно отношению линейного давления к ширине зоны прессования. Продолжительность прессования равна отношению ширины зоны прессования к скорости машины. Поскольку продолжительность прессования невелика, ее обычно измеряют в миллисекундах. Из-за трудности непосредственного определения ширины зоны прессования на практике обычно пользуются линейным, а не средним давлением. Однако линейным давлением как характеристикой процесса обезвоживания можно пользоваться только при сравнении работы прессов, имеющих одинаковый диаметр и покрытия. Если же взять два пресса с валами разного диаметра или с разной твердостью покрытия, то при одном и том же линейном давлении условия прессования в этих прессах будут различными. Так, ширина зоны и продолжительность прессования в прессе с валами большего диаметра будут больше, а среднее давление меньше. Поэтому после такого пресса сухость бумажного полотна из жестких волокон с высокой проницаемостью будет ниже, чем после пресса с валами меньшего диаметра. Многие бумажники предпочитают пользоваться прессовым импульсом (i), который определяется как произведение среднего давления на продолжительность прессования или как отношение линейного давления к скорости машины

$$i = P_{\text{ср}} T = \frac{q}{v}, \text{ МПа} \cdot \text{с}, \quad (1.74)$$

где $P_{\text{ср}}$ — среднее давление, МПа; T — продолжительность прессования, с; q — линейное давление, кН/м; v — скорость машины, м/с.

Характер процессов, происходящих при прессовании, зависит от положения бумажного полотна в зоне прессования. Для случая прессования с поперечной фильтрацией воды в настоящее время принято деление зоны прессования на шесть участков (фаз) (рис. 1.128).

Фаза I. Начинается с момента приложения внешней нагрузки. Бумажное полотно и прессовое сукно в этой фазе неводонасыщены. Заканчивается эта фаза, когда или бумажное полотно, или сукно становятся водонасыщенными. Перенос воды из бумаги в сукно или наоборот обусловлен впитыванием поверхностной пленочной воды, находящейся на соприкасающихся поверхностях бумаги и сукна. Некоторую роль в этом играют и капиллярные эффекты. При этом направление потока зависит от множества различных факторов (например, от размеров пор соприкасающихся слоев бумаги и сукна, поверхностного натяжения и т. д.). Какой поверхностный слой — бумаги или сукна — первым станет водонасыщенным, зависит от их начальной влажности, сжимаемости, капиллярного строения соприкасающихся слоев бумаги и сукна.

Фаза II. Начинается с момента насыщения бумажного полотна или сукна водой и заканчивается, когда оба материала становятся водонасыщенными. Если в I фазе поверхностный слой сукна, соприкасающийся с бумажным полотном, становится водонасыщенным раньше бумаги, то имеет место поток воды из сукна в бумагу, если поверхностный слой бумаги, то наоборот. И здесь, по мнению Е. Ф. Decrosta [66], факторами, определяющими

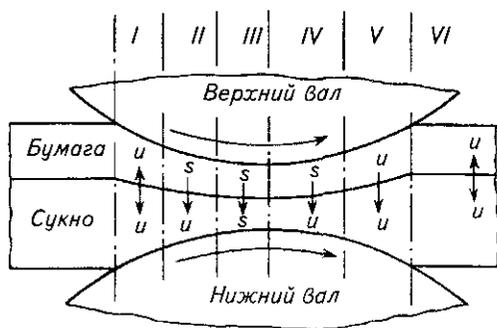


Рис. 1.128. Шестифазная модель зоны прессования: (u, s — ненасыщенный и насыщенный водой материал соответственно)

ми течение воды, являются поверхностная адсорбция и капиллярные явления.

Фаза III. Начинается с момента насыщения обоих материалов водой и заканчивается, когда внешняя нагрузка достигает максимума.

Фаза IV. Начинается с момента достижения внешней нагрузкой максимума и заканчивается, когда давление в порах на нижней поверхности бумажного полотна, соприкасающейся с прессовым сукном, становится отрицательным.

Фаза V. Начинается с момента восстановления бумажного полотна и заканчивается в момент снятия внешней нагрузки, т. е. в момент выхода бумажного полотна и прессового сукна из зоны прессования.

Фаза VI. Начинается с момента выхода бумажного полотна и прессового сукна из зоны прессования и заканчивается в момент отделения бумажного полотна от прессового сукна.

1.10.4. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕССОВАНИЯ

При проектировании прессовой части целесообразно факторы, определяющие эффективность прессования, разделить на две группы: 1) конструктивные и 2) технологические. *Конструктивные* факторы зависят от параметров, определяющих конструкцию пресса, а *технологические* — от особенностей технологического процесса, свойств полуфабриката и требований, предъявляемых к готовой продукции.

К конструктивным факторам относятся: тип пресса (валковый или башмачный); диаметр прессовых валов; механические свойства покрытий прессовых валов;

конструкция прессовых валов (отсасывающие, желобчатые, валы с глухими отверстиями, гладкие);

конструкция прессового сукна и его сухость перед прессом;

количество прессовых сукон (одно или два). К технологическим факторам относятся: композиция бумажного полотна и история его подготовки, которые определяют так называемые фильтрационно-компрессионные свойства;

скорость машины;
линейное давление;

начальная сухость бумажного полотна;
 масса 1 м^2 бумажного полотна;
 температура бумажного полотна.

Отдельным фактором, который отчасти определяется конструкцией, а отчасти технологическим процессом получения бумажной массы, является обратное впитывание.

Влияние конструктивных факторов на обезвоживающую способность пресса сводится в основном к изменению продолжительности прессования и распределения давления по ширине зоны прессования при прочих равных условиях. Так, высокая сухость бумажного полотна после прессов башмачного типа с удлинённой зоной прессования обусловлена не только значительным увеличением продолжительности прессования, но и возможностью регулирования распределения давления по ширине зоны прессования. Увеличение диаметра валов и снижение скорости машины также ведут к увеличению продолжительности прессования. Однако в данном случае необходимо учитывать отрицательное влияние на сухость после пресса обратного впитывания.

Конструкция вала при работе с современными сукнами оказывает меньшее влияние на достигаемую сухость при прочих равных параметрах (диаметре валов, твердости покрытия и т. д.), чем при работе с шерстяными сукнами. Выбор конструкции вала определяется в основном местом пресса в прессовой части и видом вырабатываемой продукции. Так, для валов с глухими отверстиями можно применять более мягкие покрытия, чем для желобчатых валов, что увеличивает ширину зоны прессования. Поэтому эти валы целесообразно использовать при прессовании с контролируемым потоком. С другой стороны, при одинаковой твердости покрытия для пресса с глухо сверленным валом можно увеличить усилие прижима без опасности захлопывания отверстий. Однако стоимость глухо сверленного вала значительно выше стоимости желобчатого.

Установка второго сукна аналогична эффекту уменьшения массы 1 м^2 бумажного полотна и, следовательно, при одинаковых прочих условиях позволяет повысить сухость после прессования. В то же время при выработке видов бумаги с малой массой 1 м^2 и при работе на низких скоростях установка второго сукна может привести к падению сухости после пресса из-за обратного впитывания.

Наиболее важными технологическими факторами являются композиция бумажно-

го полотна и процесс его подготовки. Известно, что способность к обезвоживанию зависит от степени помола массы. Однако также установлено, что виды бумаги, изготавливаемые из разной массы одной и той же степени помола, обезвоживаются по-разному. Поэтому более важной характеристикой, определяющей способность бумаги отдавать воду при прессовании, является коэффициент водоудержания [67–69].

Для определения значения этого коэффициента используют различные методы. Одним из наиболее известных является метод центробежного обезвоживания [70]. Коэффициент водоудержания WRV (Water retention value) определяется как отношение массы воды, оставшейся в материале после его обезвоживания, к массе сухого волокна. Используя этот коэффициент можно определить значение предельной сухости C_L , которую можно достичь при прессовании данного материала

$$C_L = \frac{100}{1 + WRV}, \% \quad (1.75)$$

На значение предельной сухости наибольшее влияние оказывают вид целлюлозы, степень ее помола и выход (рис. 1.129).

Ранее, при рассмотрении процесса прессования, считали, что из бумажного полотна выжимается только вода, находящаяся в межволоконном пространстве, а вода, находящаяся во внутренних порах волокон, удаляется только при сушке. Однако последние исследования

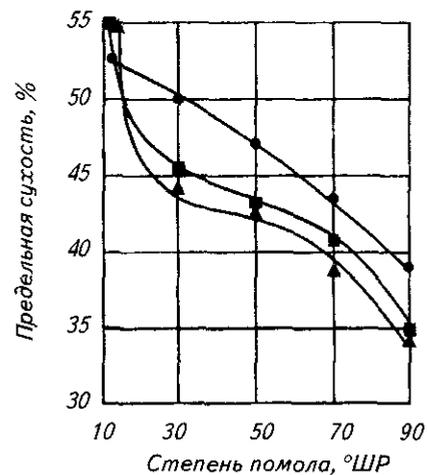


Рис. 1.129. Влияние вида и степени помола целлюлозы на предельную сухость после прессования [74]:

▲ — сульфитная беленая целлюлоза из еловой и березовой древесины; ■ — сульфатная небеленая целлюлоза из сосновой древесины; ● — то же, вискозная целлюлоза из буковой древесины

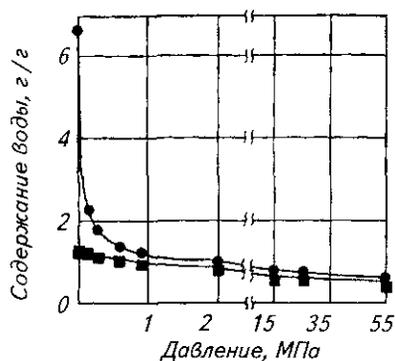


Рис. 1.130. Влияние внешнего давления на содержание воды вне (●) и внутри (■) волокон небеленой сульфатной целлюлозы [76]

в этом направлении показали, что во многих случаях надо учитывать и воду, выжимаемую из стенок волокон [71]. На рис. 1.130 показано изменение количества воды, находящейся между волокнами и внутри стенок волокон, в зависимости от внешнего давления для небеленой сульфатной целлюлозы. Из приведенных графиков видно, что при давлении свыше 2 МПа вода, удерживаемая в прессуемом полотне, находится в основном внутри стенок волокон. Таким образом, ранее принятая точка зрения о том, что при прессовании удаляется только вода, находящаяся в поровом пространстве между волокнами, справедлива для первых прессов, в которых среднее давление, как правило, не превышает 2 МПа.

На рис. 1.131 показано изменение количества воды, удерживаемой внутри стенок волокон, для массы из сульфатной целлюлозы разного выхода. Из графиков видно, что кривые обезвоживания имеют одинаковый характер во всем диапазоне давления. Этот

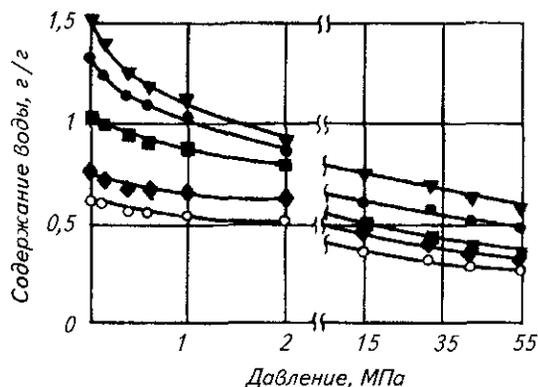


Рис. 1.131. Влияние внешнего давления на содержание воды внутри волокон сульфатной целлюлозы при разных значениях выхода целлюлозы, % [76]

▼ — 60,5, • — 69,0, ■ — 75,6, ◆ — 90,1, ○ — 100

характер определяется начальным уровнем водонасыщенности набухших волокон, т. е. начальным значением точки насыщения волокон. Следовательно, точка насыщения волокон является параметром, который можно использовать для оценки легкости удаления воды из данного вида массы.

На способность к удержанию воды внутри стенок волокон большое влияние оказывает выход целлюлозы при варке. На рис. 1.132 приведены зависимости изменения количества воды, удерживаемой в полотне, в отсутствие внешней нагрузки и при давлении 54 МПа. Из графиков следует, что, как для сульфатной, так и для сульфитной целлюлозы при выходе 60...70 %, количество воды, находящейся между волокнами и в стенках волокон, достигает максимума. При этом, если для сульфатной целлюлозы при давлении 54 МПа общее количество воды в полотне составляет около 1,2 г воды/г сухого волокна, то для сульфитной целлюлозы — только 0,7. Следовательно, можно ожидать, что при прессовании бумаги из сульфатной целлюлозы предельная концентрация должна быть ниже. Этот вывод подтверждается практикой.

Сухость бумажного полотна перед прессом определяет его поведение в прессе. Чем она выше, тем при более высоком давлении в зоне прессования можно работать без опасности раздавливания бумаги. Это объясняется меньшим содержанием воды в порах бумаги и большей способностью волокнистого скелета сопротивляться сжатию. Однако наличие в порах бумаги большого количества воздуха и большее сопротивление сжатию сокращают эффективное время прессования. Наиболее важной является сухость полотна перед первым прессом. Чем выше сухость, тем легче передача полотна из сеточной части в прессовую, что повышает работоспособность машины в целом. По оценкам некоторых исследователей, для многих видов бумаги повышение сухости перед прессом на 1 % ведет к повышению сухости после пресса на 0,4 % [72].

Одним из главных, но не контролируемых факторов, влияющих на эффективность обезвоживания, является масса 1 м^2 бумажного полотна. При прочих равных условиях увеличение массы 1 м^2 и, как следствие, сопротивления вытеснению воды при прессовании заставляет снижать нагрузки или увеличивать продолжительность прессования с целью предотвращения раздавливания бумажного полотна. В то же время известно, что при малых скоростях машины увеличение массы

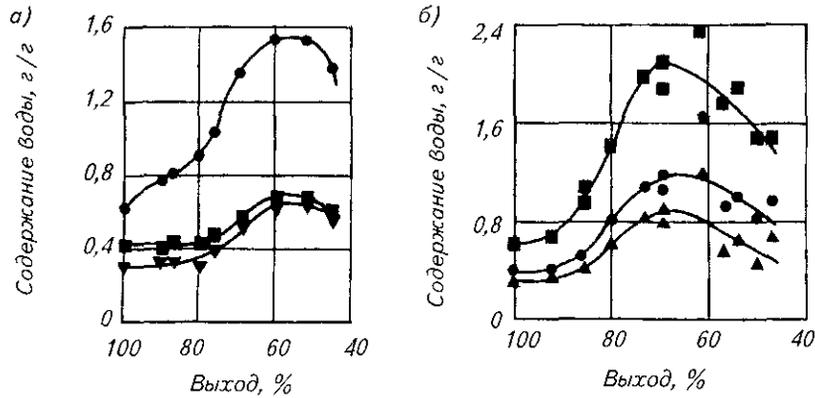


Рис. 1.132. Влияние выхода на содержание воды внутри и вне волокон сульфитной (а) и сульфатной (б) целлюлозы при различной внешней нагрузке [76]:

■ — внутри волокон без нагрузки; ● — общее содержание воды при давлении 54 МПа; ▲ — внутри волокон при давлении 54 МПа

1 м² до некоторого предела (обычно 100 г/м²) сопровождается увеличением сухости после пресса. Это явление связано с обратным впитыванием, более значимым при выработке легковесных видов бумаги.

Под обратным впитыванием понимают процесс увлажнения бумаги на выходной стороне зоны прессования. Обратное впитывание определяется конструкцией пресса и фильтрационно-компрессионными свойствами сукна и бумажного полотна. И в валковых, и в башмачных прессах зона прессования может быть разделена на две части: часть, в которой происходит уплотнение бумажного полотна, и часть, в которой бумажное полотно частично восстанавливает свои размеры в результате уменьшения внешней нагрузки, действующей на него. Именно при восстановлении бумажного полотна часть воды из прессового сукна переходит обратно в бумагу. В результате сухость бумаги после пресса становится несколько меньше, чем максимальная сухость в зоне прессования. Различают внутреннее и внешнее обратное впитывание. Под внутренним обратным впитыванием понимают увлажнение бумажного полотна, происходящее в выходной части зоны прессования. Под внешним обратным впитыванием — увлажнение полотна вне зоны прессования, происходящее до отделения бумажного полотна от сукна. В настоящее время считается, что обратное впитывание является результатом трех процессов: капиллярного впитывания, механической абсорбции и пленочного разделения.

Капиллярное впитывание обусловлено меньшим размером пор бумаги по сравнению с размером пор прессового сукна. Сред-

ний размер пор большинства видов бумаги в зоне прессования составляет 4...10 мкм, а размер пор сукна — 40...100 мкм. В выходной части зоны прессования при восстановлении бумажного полотна оно перестает быть водонасыщенным. Образование границы раздела «воздух—вода» приводит к тому, что под действием капиллярных сил вода из пор сукна перемещается в поры бумаги.

Под механической абсорбцией понимается перемещение воды из пор сукна в поры бумаги под действием разрежения, образующегося в порах бумаги при ее восстановлении. Здесь, однако, надо иметь в виду, что прессовое сукно обладает большей упругостью, чем бумага. В результате разрежение в порах сукна возникает раньше, чем в порах бумаги. Но это разрежение не в состоянии преодолеть капиллярные силы, действующие на воду в порах бумаги.

Под пленочным разделением понимают разделение пленки воды, находящейся между поверхностью сукна и бумаги, которое происходит при отделении бумажного полотна от сукна. Чем грубее поверхность сукна, тем больше находится воды между сукном и бумагой и тем больше ее перейдет в бумагу при отделении бумаги от сукна. Использование сукон с более тонкими волокнами в поверхностном слое, контактирующем с бумагой, позволяет при прочих равных условиях получить большую сухость бумаги после пресса. Количество воды, переходящей в бумагу при ее отделении от сукна, также зависит от смачиваемости граничащих поверхностей сукна и бумаги, т. е. от сил поверхностного натяжения, возникающих на этих поверхностях.

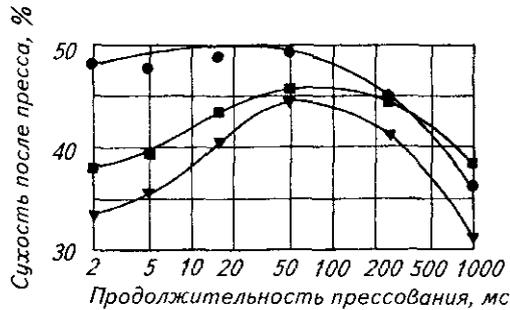


Рис. 1.133. Влияние продолжительности прессования на сухость бумаги после пресса (бумага 60 г/м^2 из белимой сульфатной целлюлозы, садкость 470 CSF по канадскому стандарту, среднее давление в зоне прессования 1,38 МПа) при разной начальной сухости, %:

▼ — 28; ■ — 38; • — 50

Так как количество воды, переходящей из сукна в бумажное полотно при обратном впитывании, не зависит от массы последнего, то, естественно, что уменьшение сухости в результате обратного впитывания более существенно для легковесных видов бумаги. Считается, что для бумажного полотна с массой более 100 г/м^2 , а также при работе на высоких скоростях (более 600 м/мин) конечная сухость бумажного полотна мало отличается от его максимальной сухости в зоне прессования.

Увеличение скорости машины и, как следствие, сокращение продолжительности прессования при прочих равных условиях ведет к уменьшению продолжительности прессования и снижению сухости бумажного полотна после пресса. Однако при выработке тонких видов бумаги на низких скоростях увеличение скорости может дать и противоположный эффект, что объясняется уменьшением времени контакта бумажного полотна с сукном в выходной части зоны прессования и снижением эффекта обратного впитывания. На рис. 1.133 приведены графики зависимости сухости от продолжительности прессования и начальной сухости бумажного полотна [73, 74].

По-разному сказывается увеличение продолжительности прессования на сухость после пресса для бумаги, изготавливаемой из массы разной степени помола. Из графиков, приведенных на рис. 1.134, видно, что для бумаги из садкой массы с увеличением продолжительности прессования сухость после пресса уменьшается, а для бумаги из массы жирного помола — возрастает. Это также связано с обратным впитыванием. Размол уменьшает проницаемость полотна и увеличивает сопротивление потоку воды из сукна в бумагу. Бумага же из неразмолотой цел-

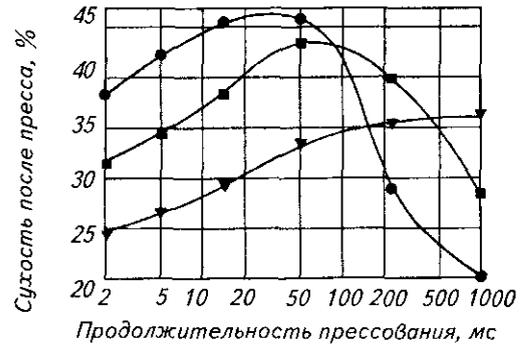


Рис. 1.134. Влияние продолжительности прессования на сухость бумаги после пресса (бумага 60 г/м^2 из белимой сульфатной целлюлозы, начальная сухость 20 %) при разной садкости (CSF по канадскому стандарту):

▼ — 200; ■ — 470; • — 720

люлозы имеет высокую проницаемость, что облегчает вытеснение из нее воды в зоне прессования, но в то же время облегчает и обратный переход воды из сукна в бумагу в выходной части зоны прессования.

Весьма эффективным средством повышения эффективности работы пресса является подогрев бумажного полотна. Повышение температуры полотна, с одной стороны, приводит к снижению вязкости и поверхностного натяжения воды, а, значит, к снижению сопротивления потоку воды в полотне. С другой стороны, при повышенной температуре бумажное полотно легче уплотняется, и в результате большая часть внешней нагрузки передается на поровую воду, интенсифицируя вытеснение воды из бумаги. Во многих случаях повышение температуры бумажного полотна на $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ведет к приросту сухости на $1...1,3 \%$ в зависимости от вида вырабатываемой продукции [75, 76]. Повышение температуры является одним из решений проблемы повышенного содержания в композиции бумаги и картона макулатуры и полуфабрикатов высокого выхода.

1.10.5. ТИПЫ ПРЕССОВ

1.10.5.1. Валковые прессы

До последнего времени на производстве использовались прессы валкового типа — двухвалковые и многовалковые. Двухвалковые прессы подразделяются на обычные прессы с гладкими валами, отсасывающие, желобчатые и глухосверленные. Многовалковые прес-

сы являются комбинированными прессами, в которых один и тот же вал может образовывать с парными валами две, а иногда и три зоны прессования. При этом в разных зонах процесс прессования может соответствовать процессу в отсасывающем, желобчатом или глухосверленном прессе. Появление многовальных прессов было обусловлено, с одной стороны, стремлением получить более компактную прессовую часть, а с другой — обеспечить закрытую проводку бумажного полотна, что снижает число обрывов и повышает работоспособность машины в целом. Эффективность обезвоживания при работе одного многовального пресса во многих случаях оказывается настолько высокой, что установка дополнительного, отдельно стоящего, пресса не требуется.

Обычный пресс. Обычным называют пресс, состоящий из двух гладких валов, между которыми проходят бумажное полотно и прессовое сукно (рис. 1.135). Это наиболее старая конструкция пресса. Нижний вал

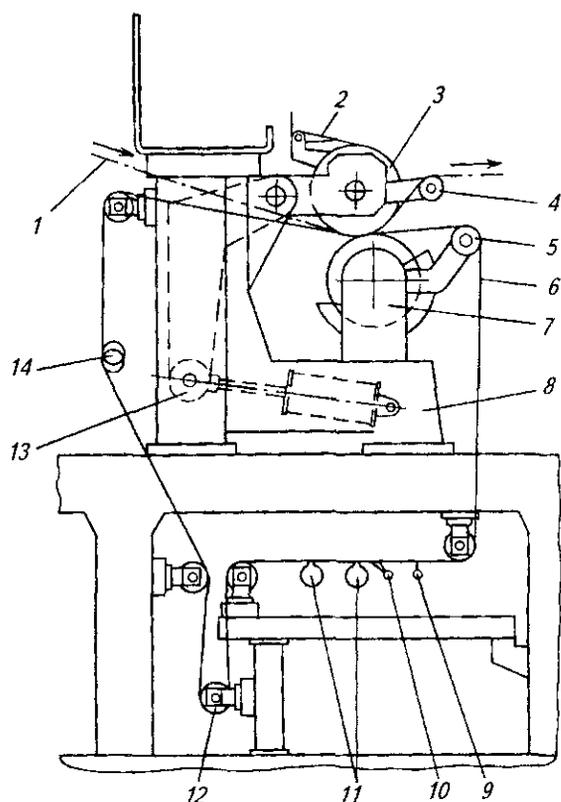


Рис. 1.135. Обычный двухвальный пресс:

1 — бумажное полотно; 2 — шабер; 3 — верхний вал (гранитный); 4 — бумаговедущий валик; 5 — сукноведущий валик; 6 — прессовое сукно; 7 — нижний вал (обрезиненный); 8 — станина пресса; 9 — спрыск высокого давления; 10 — спрыск низкого давления; 11 — сукномойки; 12 — сукнонатяжной валик; 13 — механизм прижима валов; 14 — сукнопроводящий валик

пресса обычно имеет резиновое покрытие, верхний вал — чаще всего гранитный. Применение резинового покрытия позволяет:

увеличить ширину зоны прессования, а следовательно, и его продолжительность;

уменьшить изнашивание прессового сукна (по сравнению с металлическим валом).

Применение гранита в качестве покрытия прессовых валов объясняется низкой адгезией бумажного полотна различной композиции к граниту. Этой адгезии, с одной стороны, достаточно для предотвращения «скрадывания» влажного бумажного полотна прессовым сукном, а с другой стороны, она исключает чрезмерное натяжение полотна при его отделении от вала. Другим полезным свойством гранита является его высокая твердость и, как следствие, износостойкость. Гранит отлично противостоит изнашиванию от трения шабера и редко нуждается в перешлифовке.

Для подачи бумажного полотна в зону прессования и переноса из нее удаляемой из бумаги воды служит прессовое сукно, которое движется по так называемым сукноведущим валикам. С наружной стороны сукна, соприкасающейся с бумажным полотном, для предотвращения изнашивания и загрязнения этой поверхности устанавливаются как можно меньше валиков. Сукноведущие валики обычно изготавливают из стальных труб с антикоррозионным покрытием. Для обеспечения нормального хода сукна часть валиков делают приводными. Для передачи тягового усилия сукну со стороны приводных валиков сукно должно быть натянуто. Так как во время работы все прессовые сукна вытягиваются, для поддержания постоянного натяжения применяют сукнонатяжные валики, располагающиеся внутри петли сукна. Винтовой или реечный механизм с ручным, механическим или пневматическим приводом обеспечивает синхронное или раздельное перемещение опор валика. Сукноведущий валик вместе с механизмом перемещения опор называют сукнонатяжкой.

Вследствие непараллельности осей валов и валиков, неперпендикулярности щелей отсасывающих сукномоек направлению движения сукна, изменения вакуума в сукномойке по ширине сукна, неправильной бомбировки прессовых валов сукно при работе может смещаться относительно нормального положения, на нем могут образовываться складки и морщины. Обычно смещение сукна относительно нормального положения не должно превышать 100...150 мм. Для измене-

ния направления движения сукна применяют переко́с (смещение одной из опор валика относительно другой по ходу или против хода сукна) одного из сукноведущих валиков. Такой валик называют сукноправильным. Переко́с валика приводит к тому, что результирующая сил трения сукна о валик отклоняется от направления движения сукна и заставляет сукно смещаться к нормальному положению. Сила трения определяется в основном коэффициентом трения материала покрытия валика, величиной натяжения сукна и углом обхвата валика сукном. Для пресовых сукон угол обхвата принимают равным $20...30^\circ$. Эффективность правки зависит от жесткости сукна. Более жесткие и тяжелые сукна тяжелее поддаются правке. При работе с такими сукнами рекомендуется увеличивать расстояние между сукноправильным валиком и соседними сукноведущими валиками. В некоторых случаях для правки сукна используют сукнонатяжку. Ослабляя натяжение сукна с одной стороны, его заставляют смещаться в эту сторону. Недостатком такой правки является возможность возникновения на сукне складок.

На тихоходных машинах правильность положения сукна оценивают при помощи цветной контрольной полосы на сукне, а относительное смещение опор валика осуществляют при помощи механизмов с ручным приводом. При работе на средних и высоких скоростях правка сукна осуществляется автоматически. Автоматический механизм правки имеет чувствительный элемент в виде лопатки, прижимаемый к кромке сукна. При

отклонении сукна в ту или другую сторону изменяется давление воздуха в сопле, расположенном перед лопаткой. Это изменение давления является сигналом для мембранного исполнительного механизма, который передвигает одну из опор сукноправильного валика в требуемом направлении.

Образующиеся на сукне складки и морщины могут привести к раздавливанию и обрыву бумажного полотна, к повреждению сукна. Для их устранения применяют сукно-разгонные валики. Существуют различные конструкции таких валиков. Наиболее широко известны разгонные валики, на поверхности которых имеются выступы в виде спиралей. При этом на одной половине валика навивается левая спираль, а на другой — правая. Шаг спиралей постепенно возрастает от середины к краям валика. Иногда спирали выполняют на резиновой облицовке при ее вулканизации. Недостатком спиральных валиков является повышенный износ сукна. Более совершенными являются валики с гибкой осью, известные как валики Mount Hope roll. Такой валик состоит из невращающейся изогнутой оси, по всей длине которой установлены самоустанавливающиеся подшипники, поддерживающие вращающуюся рубашку, выполненную из эластичного материала, например из резины (рис. 1.136). Во время работы поворотом неподвижной оси можно изменять степень расправления сукна. Максимальный эффект достигается в том случае, когда плоскость изгиба оси перпендикулярна к направлению движения сукна. И наоборот, при совпадении плоскости из-

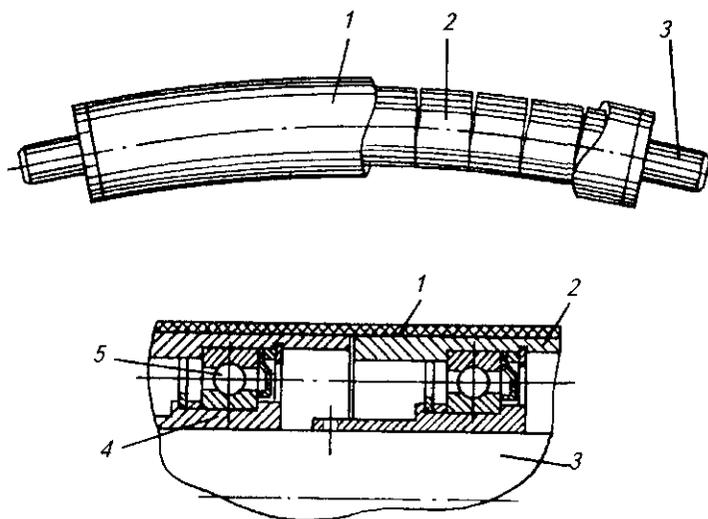


Рис. 1.136. Валик Mount Hope:

1 — рубашка вала; 2 — опорная втулка; 3 — ось вала; 4 — втулка; 5 — подшипник

гиба оси с направлением движения сукна разгона сукна не происходит.

При прессовании в сукно из бумажного полотна вместе с водой поступают мелкие волокна, частицы наполнителя, проклеивающие вещества и т. д. Эти частицы могут задерживаться в порах бумажного полотна, уменьшая их объем. Уменьшение порового объема происходит также в результате многократного сжатия сукна в зоне прессования. Поэтому с течением времени проницаемость сукна уменьшается, оно становится более жестким, что ведет к уменьшению ширины зоны прессования, увеличению максимального давления в зоне и гидравлического давления в бумажном полотне. Все это отрицательно влияет на эффективность работы прессы. Поэтому для поддержания свойств сукна на первоначальном уровне применяют так называемые системы кондиционирования прессовых сукон. Современные системы кондиционирования состоят из одной или нескольких отсасывающих сукномоек, спрысков высокого и низкого давления, водоотделителей и вакуумных насосов.

При работе вода в зоне прессования выжимается не только из бумажного полотна, но и из сукна. Для сбора этой воды под нижним валом устанавливается корыто.

Для создания требуемого давления в зоне прессования пресс имеет механизм прижима валов. В старых конструкциях применялись винтовые или рычажные механизмы прижима с ручным приводом, в современных прессах для этого используют чаще всего рычажные механизмы с гидравлическим или пневматическим приводом. Пневматический привод обычно используется на узких маши-

нах из-за ограничения по давлению воздуха в сети. Гидропривод, способный создавать большие усилия при меньших габаритных размерах, применяется на широких машинах, однако он требует постоянной работы насосов и создает более жесткие условия в зоне прессования.

Для нормального движения бумажного полотна в прессе применяются бумаговедущие валики.

Валы прессы, а также другие элементы его конструкции устанавливают на станине, основными критериями работоспособности которой являются прочность, жесткость и виброустойчивость. Кроме того, конструкция станины должна обеспечивать удобство замены прессового сукна.

Гранитный вал. Основным элементом гранитного вала является гранитная рубашка, изготавливаемая из цельного куска гранита, в котором высверливается отверстие для установки металлического сердечника. Рубашка фиксируется на сердечнике при помощи навинчиваемых на сердечник фланцев, которые сжимают при этом рубашку. Необходимость предварительного сжатия рубашки обусловлена тем, что предел прочности гранита при сжатии примерно в 10 раз больше предела прочности при растяжении. Поэтому при работе вала стараются не допустить возникновения в гранитной рубашке растягивающих напряжений. Для этого перед установкой фланцев сердечник подогревают, что приводит к еще большему сжатию рубашки при его охлаждении. Пустое пространство между сердечником и рубашкой заполняется бетоном или полиуретановой пеной (рис. 1.137).

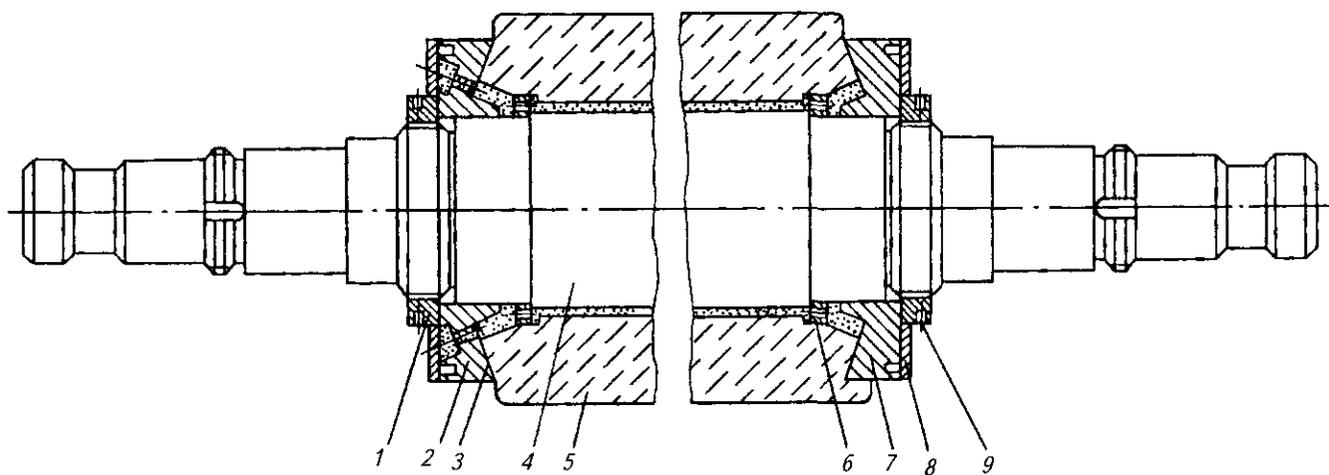


Рис. 1.137. Гранитный вал:

1 — гайка левая; 2, 7 — шайбы косые; 3 — прокладка; 4 — сердечник; 5 — рубашка гранитная; 6 — втулка; 8 — щиток; 9 — гайка правая

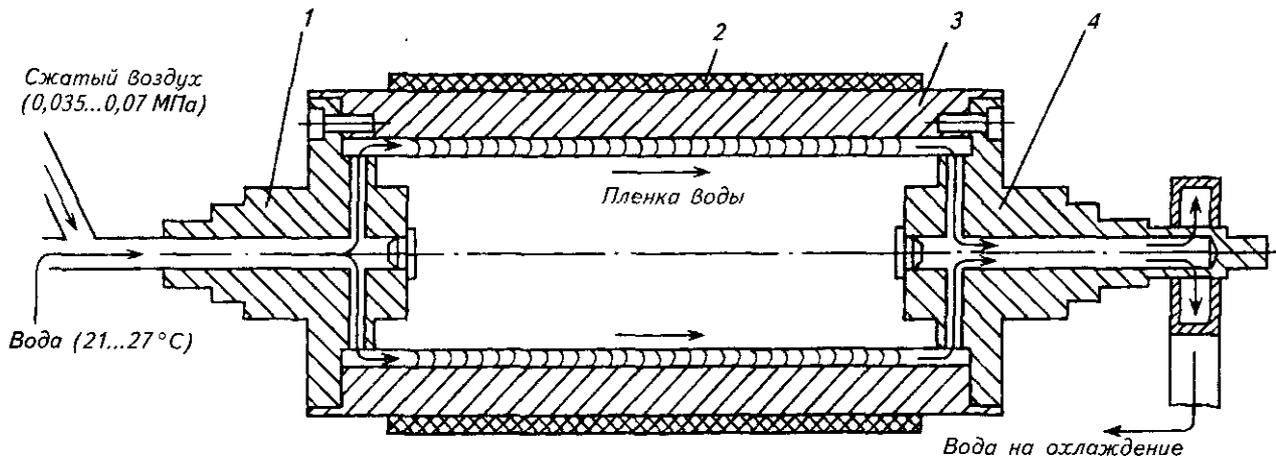


Рис. 1.138. Прессовый вал с внутренним водяным охлаждением:

1 — цапфа левая; 2 — резиновое покрытие; 3 — рубашка вала; 4 — цапфа правая

При работе пресса возможно повреждение поверхности вала в виде мелких раковин, трещин и т. д. Как правило, это является следствием попадания посторонних частиц в зону прессования. Для устранения этих повреждений вал может перешлифовываться.

В последние годы вместо гранитных валов стали интенсивно использовать валы с различными синтетическими покрытиями. Такие валы состоят из чугунного или стального сердечника, покрытого слоем из натуральной резины или другого связующего с включением частиц из гранита. Эти валы обладают высокой износостойкостью, их очистка возможна при помощи стальных шаберов. Однако они должны обладать повышенной жесткостью, так как уже при незначительном прогибе возможно повреждение покрытия.

Обрезиненный вал. Все валы, покрытые резиной, нагреваются. На скоростных машинах при высоких нагрузках температура покрытия достигает 100...120 °С. Для создания постоянных условий прессования и ограничения нагрева желательнее использовать облицовки большей твердости (обычно 5...10 пунктов по прибору Pusey and Jenes — P&J)¹ и меньшей толщины, валы большого диаметра, тщательно подбирать бомбировку валов или использовать валы с регулируемым прогибом, применять охлаждение валов.

Охлаждение вала может быть как внутренним, так и наружным. Внутреннее охлаждение более эффективно, так как резина обладает низким коэффициентом теплопроводности и препятствует охлаждению рубашки

вала. Кроме того, при наружном охлаждении резина «закаливается», т. е. теряет свою эластичность (упругость). В результате в резиновом покрытии могут образоваться трещины, для ликвидации которых потребуется перешлифовка вала. Устройства охлаждения должны обеспечивать температуру облицовки в пределах 60...70 °С. Система охлаждения прессового обрезиненного вала показана на рис. 1.138. Поток водовоздушной смеси подается внутрь рубашки вала. Для нормальной теплоотдачи следует обеспечить равномерное течение тонкого слоя воды по внутренней поверхности рубашки, не допуская заполнения внутреннего пространства водой и каскадного характера течения. Также важно обеспечить равномерность распределения температуры покрытия по длине вала. С этой целью необходимо контролировать разницу температур подаваемой внутрь вала и отводимой из него воды. Эта разница не должна превышать 6...8 °С [77].

Как правило, верхний гранитный вал обычного двухвального пресса смещен на 50...250 мм относительно нижнего вала навстречу движению полотна (рис. 1.139). В результате смещения давление на бумажное полотно возрастает постепенно и облегчается отвод воды. Величина смещения зависит от диаметра валов, скорости машины, положения пресса в прессовой части, массы 1 м² бумажного полотна. С увеличением скорости и диаметра валов смещение увеличивают. Для предотвращения увлажнения сукна и бумажного полотна перед зоной контакта валов и устранения пузырьков воздуха между сукном и бумагой пузырьки воздуха должны входить в зону прессования несколько выше линии касания валов.

¹ Подробнее см. 190

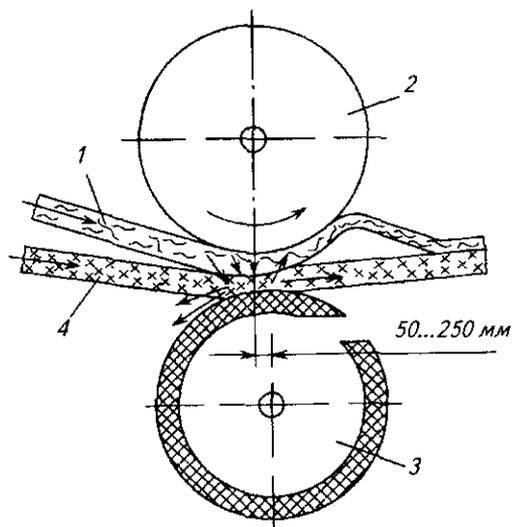


Рис. 1.139. Расположение валов обычного двухвального пресса:

1 — бумажное полотно; 2 — верхний вал; 3 — нижний вал, 4 — прессовое сукно

В процессе работы на поверхности прессовых валов откладываются частицы волокон, наполнителя и т. д. Если их своевременно не удалить, то качество вырабатываемой бумаги будет ухудшаться, а число обрывов бумажного полотна увеличиваться. Для очистки поверхности вала, а также для предотвращения наматывания бумажного полотна на вал при обрывах и заправке устанавливают шаберы. Шабер (рис. 1.140) состоит из лезвия 1, держателя лезвия 2 и балки 3, на которой устанавливается держатель. Современные шаберы кроме этого оснащаются механизмом прижима лезвия 4 к поверхности вала и устройством для продольного возвратно-поступательного перемещения (осцилляции) шабера. Механизмы осцилляции имеют пневматический, гидравлический или механический привод.

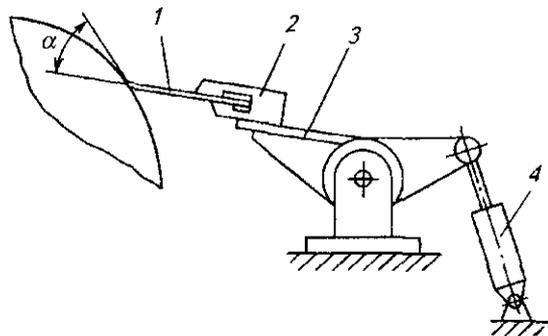


Рис. 1.140. Шабер:

1 — лезвие; 2 — держатель, 3 — балка; 4 — механизм прижима шабера

Лезвия шаберов представляют собой ленты шириной от 30 до 300 мм и толщиной от 0,5 до 15 мм в зависимости от материала, из которого они изготовлены. Для изготовления лезвий используются сталь, бронза, различные полимерные материалы. Материал лезвий должен быть прочным, износостойким, обладать высокой упругостью, необходимой для плотного прилегания лезвия шабера к поверхности вала. При этом лезвия не должны повреждать очищаемую поверхность вала.

Прижим и подъем шабера может осуществляться либо под действием массы самого шабера и эксцентрикового устройства, либо с помощью рычажно-пневматической системы. В последнем случае возможно регулирование усилия прижима. В качестве держателей лезвий наибольшее применение находят держатели типа Accumate, Conformatic и DST. Установка лезвий в этих держателях может осуществляться без остановки машины. В держателях типа Accumate (рис. 1.141, а) лезвия опираются на жесткие прижимные губы. Равномерность прижима лезвия к валу обеспечивается изменением положения губ при помощи регулировочных винтов, расположенных вдоль держателя. Регулировка производится при монтаже шабера. В держателях типа Conformatic (рис. 1.141, б) равномерность прижима обеспечивается автоматически при помощи пневмокамеры, находящейся под одной из опорных поверхностей лезвия. Держатель типа DST (рис. 1.141, в) может поворачиваться вокруг продольной оси, по обе стороны которой установлены пневмокамеры, обеспечивающие как равномерность прижима лезвия к валу, так и возможность регулирования угла давления шабера.

Высокой надежностью и удобством в работе отличается держатель ООО «Шаберные лезвия» (рис. 1.141, г). Конструкция держателя проста и обеспечивает высокую эффективность работы лезвий при минимальном усилии их прижима к очищаемой поверхности вала. Усилие прижима передается через две предварительно напряженные пружины — верхнюю и нижнюю. Оптимальные условия прилегания лезвия шабера к очищаемой поверхности, в том числе и у бомбированных валов, создаются путем выбора толщины пружин, регулированием их вылета из-под губ держателя и изменением их продольной формы с помощью регулировочных гаек.

Эффективность работы шабера во многом зависит от правильного выбора угла между лезвием шабера и касательной к поверхнос-

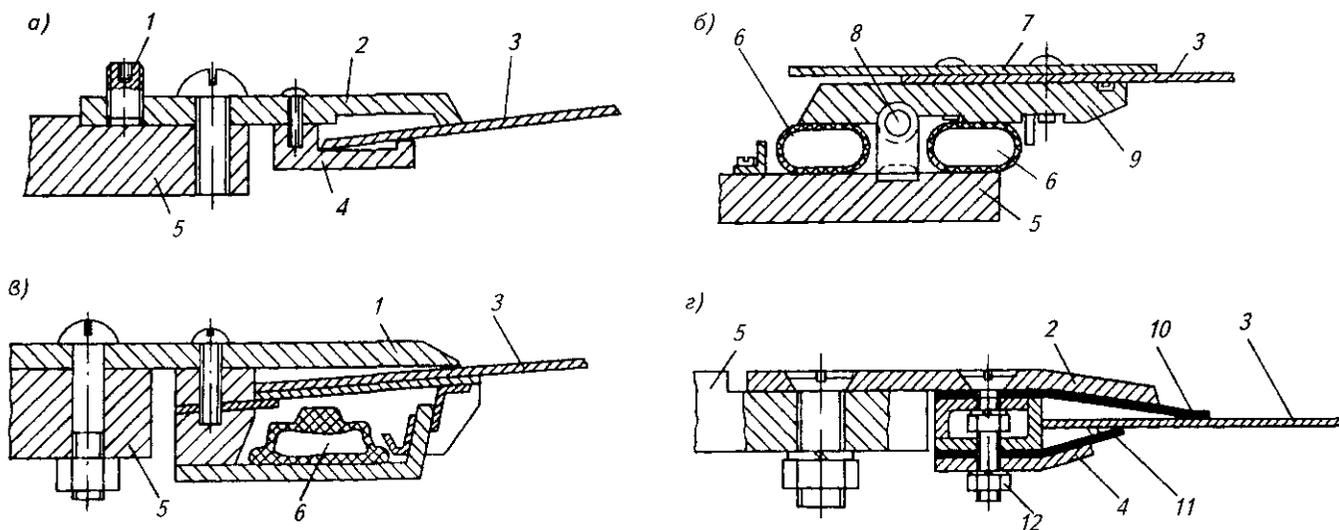


Рис. 1.141. Различные типы держателей шаберов: а — Accumate; б — Conformatic; в — DST; г — ООО «Шаберные лезвия»;

1 — регулировочный винт; 2 — верхняя губа; 3 — лезвие; 4 — нижняя губа; 5 — балка шабера; 6 — пневмокамера; 7 — пластина; 8 — ось вращения; 9 — плита; 10 — верхняя пружина; 11 — нижняя пружина; 12 — регулировочная гайка

ти вала в месте установки, а также усилия прижима лезвия к поверхности вала.

Угол установки лезвия зависит от конструкции шабера, материала покрытия вала и типа вала (гладкий, желобчатый, отсасывающий, глухосверленный) и колеблется в пределах от 15 до 30°. Усилие прижима лезвия также изменяется в широких пределах. Так, для желобчатых валов с полиуретановым покрытием линейное усилие прижима составляет 40...80 Н/м, а для гранитных валов 220...350 Н/м.

Обычный пресс может использоваться и как обратный, т. е. для снятия сеточной маркировки. В обратном прессе валы меняются местами, но сукно по-прежнему охватывает обрезиненный вал. В результате с гранитным валом соприкасается та сторона бумажного полотна, которая ранее соприкасалась с сеткой. Обратные прессы применяют в основном на тихоходных машинах (до 250 м/мин), вырабатывающих высококачественные виды бумаги, к которым предъявляются высокие требования двухсторонней гладкости.

Обычный пресс относится к прессам с продольной фильтрацией воды. Сукно в этом прессе становится обычно водонасыщенным задолго до середины прессового захвата. Часть воды переносится вместе с сукном через прессовый захват, а часть течет внутри сукна в направлении, обратном ходу бумажного полотна. На входе в прессовый захват избыточная часть воды вытесняется из сукна и движется вниз по поверхности нижнего вала навстречу вращению вала, а затем

собирается в корыте, расположенном под этим валом. Обхват бумажным полотном и сукном верхнего вала способствует вытеснению воздуха, находящегося между полотном и сукном, предотвращая пузырение и образование складок. При высоких скоростях и усилиях прижима валов и низкой проницаемости бумажного полотна в z-направлении условия отвода воды из полотна в сукно ухудшаются. В результате не только в сукне, но и в бумажном полотне образуется поток воды, текущий в направлении, обратном движению бумажного полотна. При высокой скорости этого потока фильтрационные силы могут превысить силы связи между волокнами бумажного полотна, что приводит к явлению, называемому дроблением бумажного полотна. При выходе из прессового захвата бумажное полотно и сукно отделяют друг от друга, чтобы предотвратить увлажнение полотна, обусловленное впитыванием воды из сукна.

Для создания более благоприятных условий удаления воды из прессового сукна ранее широко применялась установка подкладной сетки. В этом случае вода в зоне прессования выжимается из сукна в ячейки сетки и выносится сеткой из пресса. В результате снижается гидравлическое сопротивление удалению воды из бумажного полотна, что ведет к повышению эффективности пресса. На современных бумагоделательных машинах обычные прессы с твердыми покрытиями валов используют часто как последние прессы, в которых требуется высокое давле-

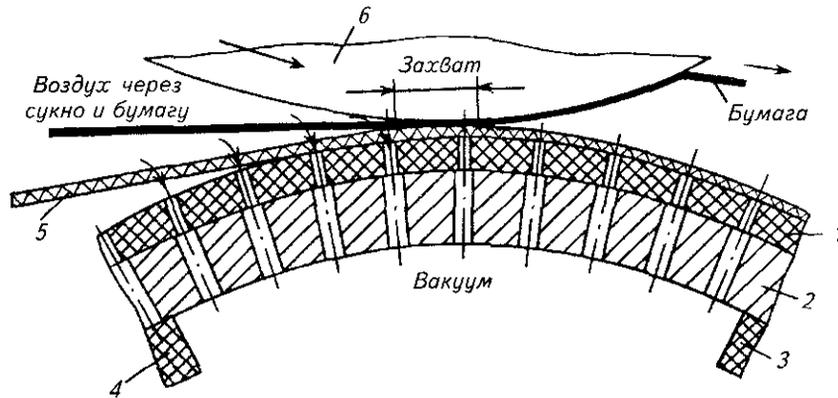


Рис. 1.142. Прессование бумажного полотна в отсасывающем прессе: 1 — резиновое покрытие; 2 — стальная рубашка; 3 — заднее уплотнение; 4 — переднее уплотнение; 5 — сукно; 6 — верхний вал

ние и из бумажного полотна выжимается относительно небольшое количество воды.

Отсасывающий пресс. В качестве первых прессов на большинстве бумаго- и картоноделательных машин применяются отсасывающие прессы. Отсасывающий пресс состоит из отсасывающего вала (обычно занимающего нижнюю позицию) и парного с ним гранитного или чугунного вала. Отсасывающий вал состоит из перфорированной металлической обрезиненной рубашки, внутри которой установлена отсасывающая камера. В отсасывающей камере при помощи вакуум-насоса при работе пресса создается разрежение (рис. 1.142).

Камера устанавливается под зоной прессования и смещается навстречу движению бумажного полотна. Для снижения затрат энергии насосом камера должна быть полностью закрыта сукном и бумагой. Вакуум в камере поддерживается на уровне 50...65 кПа. Ширина камеры составляет 100...150 мм, диа-

метр отверстий в металлической рубашке — 3,7...4,0 мм, в резиновом покрытии — от 4 до 5 мм. Живое сечение поверхности вала составляет 16...20 %. Для снижения шума и уменьшения изнашивания внутренней поверхности рубашки и уплотнений камеры отверстия на рубашке располагают по спирали. Применяются две основные схемы расположения отверстий (рис. 1.143, а, б). По одной из них отверстия располагаются по спирали только в диаметральном сечении, а вдоль оси — параллельно образующей (рис. 1.143, а). Такое расположение упрощает сверление отверстий, однако изнашивание уплотнений и шум при работе отсасывающего вала больше, чем при расположении отверстий на поверхности по двум спиралям — в диаметральном сечении и по образующей рубашки (рис. 1.143, б).

Живое сечение отверстий определяется как отношение площади отверстия к площади параллелограмма $AB\Gamma$. В первом случае величина живого сечения будет равна

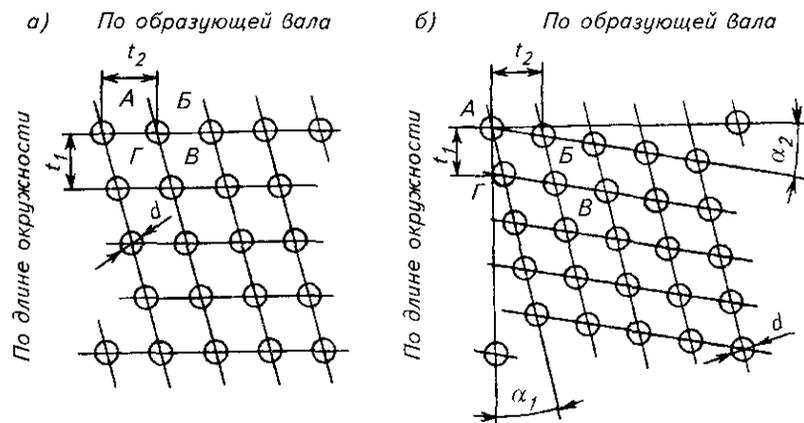


Рис. 1.143. Схемы расположения отверстий отсасывающего вала: а — по спирали только в диаметральном сечении; б — по двум спиралям — в диаметральном сечении и по образующей вала

$$\varphi = \frac{\pi d^2}{4t_1 t_2}, \quad (1.76)$$

во втором —

$$\varphi = \frac{\pi d^2 \cos \alpha_1 \cos \alpha_2}{4 t_1 t_2 \cos (\alpha_1 + \alpha_2)}. \quad (1.77)$$

Рубашки отсасывающих валов изготавливают из высокопрочной коррозионно-стойкой стали. Вал облицовывается слоем резины толщиной 25 мм и твердостью 30...35 пунктов по Р&J.

Различают открытые и закрытые отсасывающие прессы. В открытом прессе часть отсасывающей камеры после зоны прессования открыта. Это облегчает отделение бумажного полотна от поверхности верхнего вала, что позволяет использовать более мягкие покрытия. Отпадает необходимость в установке на верхнем валу шабера. Такие прессы применяют при выработке легко обезвоживаемого бумажного полотна. В закрытых прессах камера располагается так, чтобы ее задняя стенка располагалась внутри зоны прессования. Эти прессы применяют, например, при выработке бумаги, в композицию которой входит древесная масса. В таких прессах применяют валы с более твердым покрытием, в них также требуется установка шабера на верхнем валу.

Отсасывающий вал исключает образование воздушных пузырей между сукном и полотном перед их входом в зону прессования, что предотвращает раздавливание бумажного полотна. В результате снижается опасность обрывов. Наличие отверстий в рубашке и облицовке отсасывающего вала значительно сокращает путь движения воды в сукне в латеральных направлениях. В результате снижается давление воды в порах сукна, что облегчает ее удаление из бумажного полотна в зоне прессования.

Недостатками отсасывающих валов являются: сложность конструкции и эксплуатации, высокая стоимость, малая долговечность, относительно низкая прочность, ограничивающая диапазон рабочих давлений. Кроме того, внешнее давление, действующее на бумажное полотно в местах расположения отверстий, оказывается значительно ниже давления, действующего на полотно, располагающееся над остальной поверхностью вала. Это ведет к неравномерной влажности бумажного полотна после выхода из пресса, т. е. к так называемой теневой маркировке.

В процессе работы отверстия отсасывающего вала забиваются мелким волокном и частицами наполнителя, что уменьшает площадь живого сечения поверхности вала. Для поддержания отверстий в чистоте применяются спрыски высокого давления. Однако при этом необходимо соблюдать осторожность, чтобы не повредить покрытие вала. Обычно на отсасывающем валу устанавливают два шабера. Первый шабер удаляет часть поверхностного слоя воды. При этом на обратной стороне лезвия образуется вакуум, который способствует извлечению загрязняющих отверстия частиц. Эти частицы вместе с оставшимся поверхностным слоем воды удаляет второй шабер.

Желобчатый пресс. Это наиболее часто встречающийся тип пресса. Он состоит из верхнего гранитного или ему подобного вала и нижнего обрешиненного, на поверхности которого нарезаны желобки. При насыщении в зоне прессования сукна водой вода из него вытесняется в желобки, предотвращая появление в сукне продольного потока воды и обеспечивая тем самым режим прессования с поперечной фильтрацией. Так как вода, вытесняемая из участков сукна, располагающихся между желобками, течет в поперечном направлении, то желательно располагать желобки как можно ближе друг к другу. При этом ширина желобков должна исключать вдавливание сукна в желобки и предотвращать появление теневой маркировки. С точки зрения производства и очистки желобчатых валов оптимальная ширина канавок должна составлять 0,5 мм. Нарезание более узких желобков с меньшим шагом в резиновой облицовке затруднительно. Кроме того, узкие желобки легче забиваются и могут «захлопываться» в зоне контакта. На сушильных машинах ширина и шаг желобков могут быть увеличены в связи с необходимостью удаления большего количества воды из целлюлозной папки и меньшей опасностью маркировки. Обычно ширина составляет 1 мм, а шаг 5 мм. На рис. 1.144 показаны различные профили канавок желобчатого вала.

Желобчатыми валами часто заменяют отсасывающие валы. Иногда желобки наносят на покрытие отсасывающего вала, что способствует более легкому удалению воды из сукна, снижает опасность раздавливания бумажного полотна и уменьшает теневую маркировку даже при увеличении давления прессования.

На работу желобчатого пресса большое влияние оказывает твердость его облицовки.

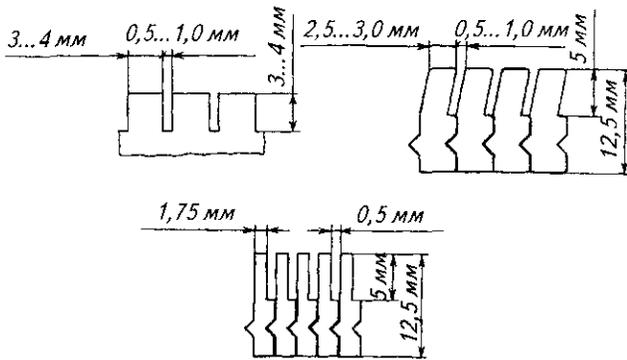


Рис. 1.144. Профили канавок желобчатого вала

Необходимость внутреннего охлаждения на скоростных машинах и невозможность перешлифовки валов более двух раз, после чего требуется повторное нарезание желобков, привели к использованию желобчатых валов без резиновой облицовки. На таких валах желобки нарезают или непосредственно на стальной рубашке вала, или получают в результате наматывания на вал профилированной стальной ленты. В последнем случае в процессе намотки под сильным натяжением витки ленты, сцепляясь, плотно прилегают друг к другу, образуя желобки. Отсутствие опасности «схлопывания» желобков в зоне деформации позволяет нарезать более узкие (до 0,5 мм) и глубокие желобки. Наличие фасок на краях желобков позволяет уменьшить изнашивание сукна. Однако при использовании таких валов при прочих равных условиях уменьшается ширина зоны прессования, возрастают среднее и максимальное давления, предъявляются более жесткие требования к бомбировке, снижается срок службы прессовых сукон. Обычно стальные желобчатые валы используют в последних позициях прессовой части, где бумажное полотно имеет достаточно высокую сухость, что предотвращает его раздавливание при высоких давлениях.

Обрезиненные желобчатые валы часто используют при модернизации обычных прямых прессов на тихоходных бумагоделательных машинах (до 250 м/мин). Замена гладкого вала обычного первого пресса желобчатым часто позволяет повысить сухость бумажного полотна после пресса на 2...4%. На картоноделательных машинах желобчатые прессы применяются как в качестве предварительных, так и в качестве основных прессов. На некоторых машинах в предварительных прессах используют желобчатые валы, снабженные кольцевыми и продольными (вдоль образующей вала) желобками.

Для правильной работы желобчатого вала важно обеспечить правильную заправку прессового сукна и бумажного полотна в зону прессования. На рис. 1.145, а, б [78] показаны два варианта заправки сукна в желобчатый пресс. В обоих случаях сукно и полотно соединяются на верхнем валу пресса для исключения образования воздушных пузырей между сукном и бумагой. Вариант а является более предпочтительным, чем вариант б, который применяется при выработке тяжелых видов бумаги и картона, когда существует опасность обрыва полотна при его подъеме с сукна. На выходе из пресса для уменьшения обратного впитывания желателен направлять сукно перпендикулярно к линии центров прессовых валов или ниже перпендикуляра. Другие варианты компоновки желобчатого пресса, позволяющие уменьшить образование воздушных пузырей между сукном и полотном на входе в пресс, показаны на рис. 1.146 [79].

Схема, изображенная на рис. 1.146, а, полностью решает проблему удаления воздуха, но применима только при скоростях не более 600 м/мин. При более высоких скоростях возникают проблемы с отделением бумажного полотна от сукна и с поддержани-

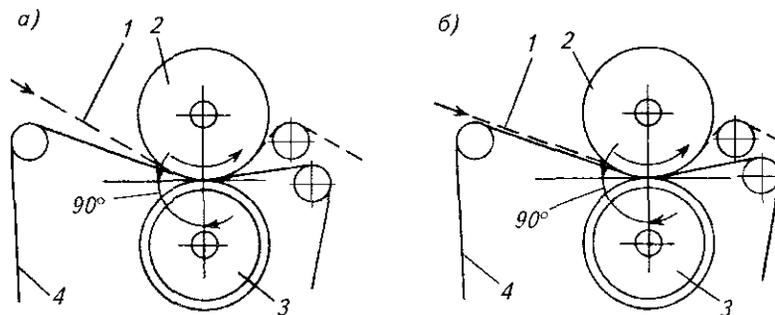


Рис. 1.145. Схема заправки бумажного полотна в желобчатый пресс:

1 — бумажное полотно; 2 — верхний вал; 3 — желобчатый вал; 4 — прессовое сукно

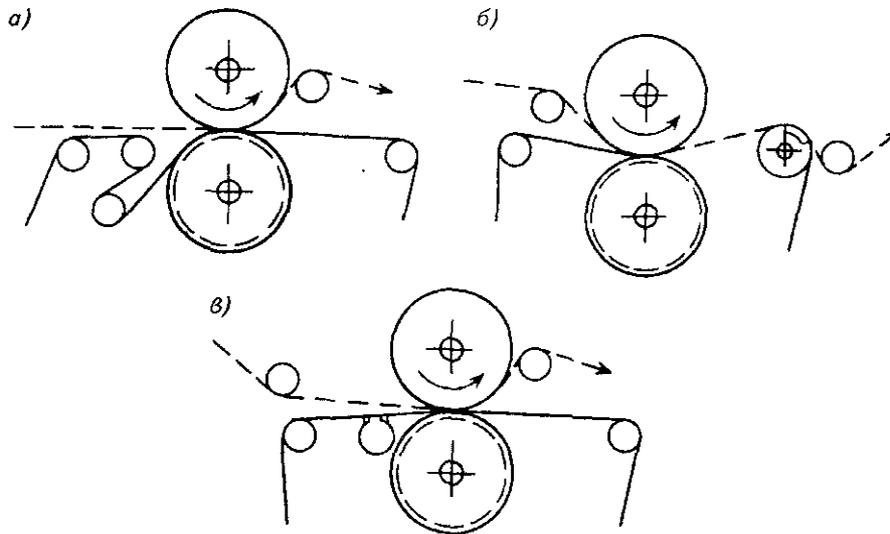


Рис. 1.146. Способы заправки бумажного полотна в желобчатый пресс, исключающие попадание воздуха в зону прессования

ем его натяжения на требуемом уровне. При однородной и гладкой наружной поверхности сукна решить проблему удаления воздуха можно применением отсасывающего сукноведущего валика и подъемом сукна перед прессом на 20° (рис. 1.146, б). Менее эффективна схема, приведенная на рис. 1.146, в, поскольку отсасывающий ящик не в состоянии удалить весь воздух между сукном и бумагой.

Основными преимуществами желобчатых прессов по сравнению с отсасывающими являются:

низкая стоимость изготовления и эксплуатации;

более высокая сухость бумажного полотна после пресса;

возможность работы при более высоких давлениях без опасности раздавливания и теневой маркировки бумажного полотна;

возможность использования желобков на валах с регулируемым прогибом, что обеспечивает более равномерный профиль влажности по ширине машины.

Пресс с глухосверленным валом. Известно, что величина вакуума в камере отсасывающего вала только при низких скоростях машины оказывает некоторое влияние на сухость бумажного полотна после пресса. Поэтому логичным развитием отсасывающих валов явились валы с глухосверленными, или, как их еще называют, с глухими отверстиями. Такие валы первоначально использовались как прижимные валы к лощильным цилиндрам самосъемных бумагоделательных машин.

Вал с глухими отверстиями представляет собой стальную рубашку, покрытую резиновой или полиуретановой облицовкой с рассверленными в ней глухими отверстиями [80]. Диаметр отверстий — от 2,3 до 4,0 мм, глубина — 10...13 мм. Общая площадь сечений отверстий может достигать 30 % (площадь живого сечения желобчатого вала 17 %). Это объясняется тем, что при одинаковых условиях работы опасность «схлопывания» глухих отверстий значительно меньше опасности перекрытия желобков. При этом объем глухих отверстий, доступный для выжимаемой из сукна воды, значительно больше объема канавок желобчатого вала. Твердость покрытий валов с глухими отверстиями колеблется в широких пределах в зависимости от назначения вала. Для валов, работающих в последних прессах, при выработке легко обезвоживаемых видов бумаги она может быть 7...10 пунктов по R&J. При выработке трудно обезвоживаемых видов бумаги, когда определяющим фактором является продолжительность прессования, твердость покрытий может быть повышена до 40...42 пунктов по R&J без опасности «захлопывания» отверстий. Большая глубина отверстий по сравнению с глубиной канавок желобчатого вала позволяет перешлифовывать эти валы большее число раз, нежели желобчатые валы. Применение более мягких покрытий уменьшает среднее давление в зоне прессования. Это также обеспечивает меньшее истирающее действие кромок отверстий по сравнению с кромками канавок желобчатого вала, что позволяет значительно увеличить срок

службы прессовых сукон в прессах с глухо-сверленными валами (по сравнению с желобчатыми прессами в среднем на 30 %, а иногда и в два раза). Большая ширина зоны прессования позволяет значительно увеличить линейное давление в прессах такого типа (до 300...350 кН/м). В большинстве случаев отверстия способны самоочищаться. Это объясняется: большим диаметром отверстий по сравнению с шириной желобков; деформацией отверстий вследствие более мягкой облицовки; действием центробежной силы и давления воздуха в отверстиях. Благодаря самоочищению отверстий улучшается профиль влажности полотна по ширине машины по сравнению с отсасывающими и желобчатыми прессами. Вал с более мягкой облицовкой менее чувствителен к неточностям бомбировки, что также положительно влияет на равномерность профиля влажности в поперечном направлении. При выходе из зоны прессования сукно может впитывать воду из отверстий вала. Поэтому желательно, чтобы выходящее из зоны сукно охватывало не нижний, а верхний вал пресса. При этом чаще всего возникает необходимость в отдельном приводе верхнего вала.

1.10.5.2. Прессы с удлиненной зоной прессования

В последнее время все большее внимание уделяется повышению эффективности работы прессовой части. Это объясняется как постоянным ростом стоимости энергии, так и все большим использованием в производстве бумаги и картона полуфабрикатов высокого выхода и макулатуры. При выработке большинства видов продукции единственным путем повышения сухости после пресса является увеличение продолжительности прессования. Первоначально для этой цели стали применять прессы с валами большого диаметра [81, 82]. В таких прессах благодаря применению валов с диаметром 1500...1800 мм, мягкому покрытию и наличию двух сукон ширина зоны прессования может достигать 100 мм (в прессах с валами обычных диаметров только 40...60 мм). При этом линейное давление составляет 250...350 кН/м. Как правило, в таких прессах оба вала приводные, оба имеют резиновое или полиуретановое покрытие, с глухо-сверленными отверстиями и оснащены системами водяного ох-

лаждения и отвода тепла. Компактная станина делает возможной быструю замену сукон и валов, обеспечивает короткий свободный ход бумажного полотна и сукна. Регулируемые сукноведающие и бумаговедущие валики обеспечивают быстрое отделение бумажного полотна от сукна на выходе из пресса. Недостатками таких прессов являются значительная масса валов, что требует дополнительных затрат на создание мощных устойчивых фундаментов, затрудняет транспортировку и смену валов. В то же время большой диаметр благоприятно сказывается на долговечности резиновых покрытий, так как число нагружений покрытия в единицу времени оказывается значительно меньше, чем для валов малого диаметра.

Поскольку ширина зоны прессования зависит и от сукна, то в таких прессах необходимо применять тяжелые многослойные сукна с малосжимаемой основой. Для обеспечения равномерного профиля влажности по ширине машины один из валов должен быть с регулируемым прогибом.

Значительно более эффективными являются прессы с удлиненной зоной прессования башмачного типа. Одной из первых таких конструкций был пресс фирмы «Beloit» (США) [83, 84] (рис. 1.147). Этот пресс состоит из верхнего приводного вала 1 с регулируемым прогибом и нижнего прижимаемого к верхнему валу опорного башмака 6 шириной 250 мм. Между валом и башмаком, поверхность которого обработана с соответствующей кривизной, движется бесконечная лента 5, представляющая собой синтетическую сетку, поры которой заполнены по методу напыления полиуретаном. Прессование осуществляется между двух сукон 2 и 4. Прижим башмака к верхнему валу осуществляется при помощи гидроцилиндров.

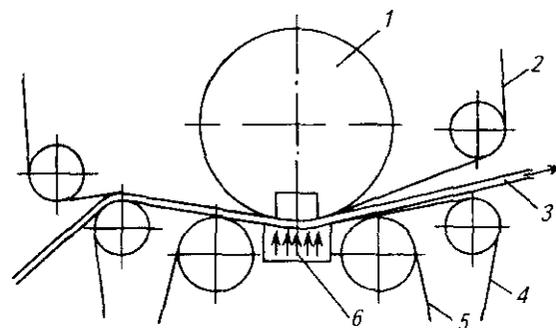


Рис. 1.147. Схема башмачного пресса:

1 — верхний вал; 2 — верхнее прессовое сукно; 3 — бумажное полотно; 4 — нижнее сукно; 5 — синтетическая лента; 6 — башмак

Для снижения трения между башмаком и лентой подается смазочная жидкость. Специальная система смазки обеспечивает создание на поверхности ленты пленки масла толщиной 0,1 мм. При ширине башмака 250 мм среднее давление в зоне прессования достигает 4 МПа, а линейное — 1000 кН/м. В дальнейшем неподвижный сердечник с башмаком и опорными элементами стали помещать в гибкую синтетическую оболочку, в результате вся конструкция внешне стала напоминать обычный прессовый вал. Благодаря герметичному соединению эластичной рубашки с боковыми фланцами предотвращаются потери масла и загрязнение бумаги, сукон, валов и станины.

Различают следующие способы смазки поверхности башмака: гидростатический, гидродинамический и комбинированный (рис. 1.148, а—в) [85].

Гидростатический прижимной башмак (рис. 1.148, а) способствует образованию масляной пленки большой толщины, что ведет к уменьшению трения и способствует выравниванию толщины бумажного полотна в поперечном направлении. Профиль давления по ширине зоны прессования получается состоящим из двух плоских участков, при этом давление после середины зоны прессования несколько выше, чем до середины. Это способствует предотвращению раздавливания бумажного полотна. Быстрый спад давления на выходе из зоны прессования уменьшает обратное впитывание. Такой способ смазки обеспечивает стабильность работы и при низких скоростях. На прессе возможна установка башмаков различной длины. Длинные башмаки в сочетании с прессованием между двух сукон применяются при выработке трудно обезвоживаемых видов бумаги и картона

(например, с высоким содержанием сульфатной целлюлозы или полуфабрикатов высокого выхода). Более короткие башмаки применяют при выработке легко обезвоживаемых видов бумаги, а также бумаги с малой массой 1 м² и с высокой начальной сухостью.

При гидродинамическом способе смазки (рис. 1.148, б) масло, удерживаемое на внутренней поверхности рубашки центробежными силами, затягивается в этот клиновидный зазор. При этом в масляном слое создается высокое давление, уравновешивающее внешнюю нагрузку. Этот способ смазки обеспечивает относительно быстрое возрастание внешнего давления в начале зоны прессования, плавный ее рост в основной части зоны прессования и резкий спад на выходе из нее. По мнению специалистов, такое распределение внешнего давления является оптимальным для большинства видов бумаги и картона. Следует отметить, что этот способ смазки обеспечивает устойчивую работу пресса при относительно высоких скоростях.

При комбинированном способе смазки (рис. 1.148, в) башмак имеет в центральной части карман, в который под давлением подается масло, т. е. используется гидростатический способ смазки. В то же время форма поверхности башмака делает возможным создание клиновидного зазора между башмаком и вращающейся рубашкой, т. е. использование гидродинамического способа смазки. Башмак прижимается к противоположному валу при помощи опорных элементов поршневого типа, расположенных в два ряда параллельно друг другу вдоль линии контакта. При этом каждый ряд опорных элементов нагружается независимо друг от друга. Изменяя отношение нагрузки между рядами, можно менять профиль давления по ширине

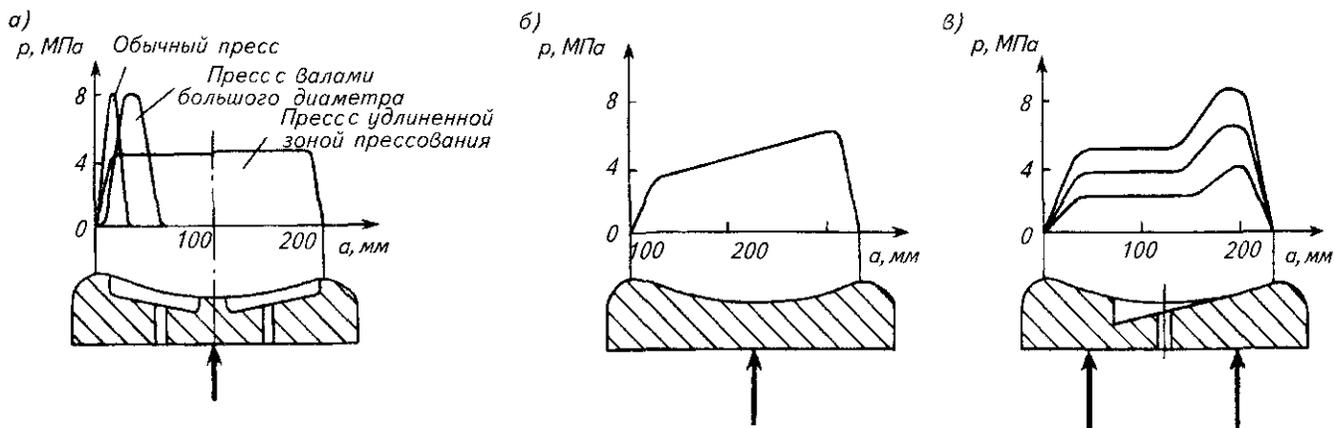


Рис. 1.148. Распределение давления по ширине зоны прессования для прессов различного типа: а — с гидростатической смазкой; б — с гидродинамической смазкой; в — с комбинированной смазкой

зоны прессования. Наличие двух позиций для ввода масла (на входе в зону прессования и в ее центре) уменьшает изнашивание рубашки и прессового сукна при попадании комочков массы в зону прессования. Большая глубина кармана (около 15 мм) существенно уменьшает сдвигающие силы в масляной пленке по сравнению с гидродинамическим способом (толщина пленки масла 0,1...0,15 мм) и снижает как потери на трение, так и тепловыделение. В результате снижения потерь на трение данный вал приводится в движение от вращающегося парного вала и не требует отдельного привода. Возможность изменения распределения давления по ширине зоны прессования делает возможным оптимизировать процесс прессования при выработке разных видов продукции.

1.10.6. ПЕРЕДАЧА БУМАЖНОГО ПОЛОТНА ИЗ СЕТОЧНОЙ ЧАСТИ В ПРЕССОВУЮ ЧАСТЬ

При работе БДМ самые большие затруднения возникают при переносе бумаги с отсасывающего гауч-вала на первый пресс. Это обусловлено высокой влажностью бумаги (сухость 18...20 %) и, следовательно, низкой прочностью, что не позволяет ей выдерживать возникающие растягивающие напряжения при переносе. Таким образом, для безобрывной проводки бумаги решающее значение имеет ее влагопрочность. Это особенно важно для высокоскоростных машин, вырабатывающих легкие виды бумаги.

При низких скоростях машины передача бумажного полотна в прессовую часть осуществляется следующим образом. Полоска бумаги шириной 50...150 мм отсекается от бумажного полотна водяным спрыском и либо вручную перебрасывается на сукно первого прессы, либо сдувается с отсасывающего вала гауча при помощи трубки, помещенной внутри вала с лицевой стороны машины. Давление сжатого воздуха в трубке 0,4...0,6 МПа. Во время заправки бумажное полотно, за исключением заправочной полоски, снимается с сетки сетководящим валиком, расположенным под нижней ветвью сетки, с валика счищается шабером и направляется в бассейн под гаучем. При нормальной заправке перемещением водяного спрыска к приводной стороне машины увеличивают ширину заправочной полоски до полной ширины бу-

мажного полотна. Такой способ переноса бумажного полотна называют *свободным переносом*. Недостатком этого способа является возникновение в бумажном полотне значительных растягивающих усилий, вызванных действием сил адгезии бумаги к сетке и центробежными силами. Изгиб также вызывает дополнительное растяжение сеточной стороны бумажного полотна. Чрезмерное удлинение бумажного полотна ведет к необратимым изменениям его структуры, к снижению прочности и увеличению неравнопрочности в машинном и в поперечном направлениях. Натяжение бумажного полотна, необходимое для преодоления сил сцепления с сеткой, достигается увеличением скорости первого прессы по сравнению со скоростью сетки. Величина натяжения, обеспечивающая отрыв полотна от сетки, зависит от угла съема, от вида бумаги, от вакуума в отсасывающем вале гауча, от сухости бумажного полотна и т. д. и определяется по формуле

$$P = \frac{A}{1 - \cos \varphi} + mv^2, \text{ Дж/м}^2, \quad (1.78)$$

где A — удельная работа, необходимая для преодоления сил сцепления бумажного полотна с сеткой, Дж/м²; φ — угол съема (угол между направлением бумажного полотна и касательной к гауч-валу в месте съема); m — масса влажного бумажного полотна, г/м²; v — скорость бумажного полотна, м/с.

Из условий расположения отсасывающего вала гауча и валов первого прессы угол съема обычно составляет 30...60° (рис. 1.149). Такая схема переноса полотна с сетки применяется на тихоходных машинах, работающих со скоростями не более 200 м/мин. Увеличить угол съема, а значит, уменьшить требуемое натяжение полотна можно за счет съема по-

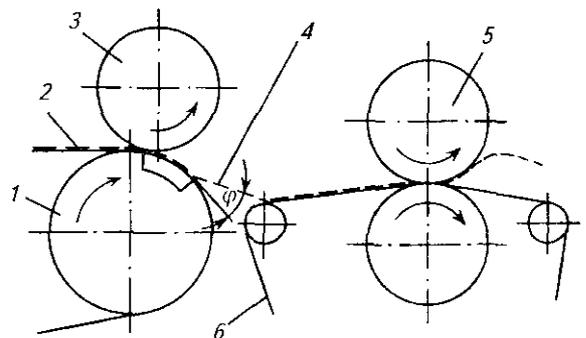


Рис. 1.149. Обычный способ передачи бумажного полотна в прессовую часть:

1 — гауч-вал; 2 — сетка; 3 — прижимной валик; 4 — бумажное полотно; 5 — первый пресс; 6 — прессовое сукно

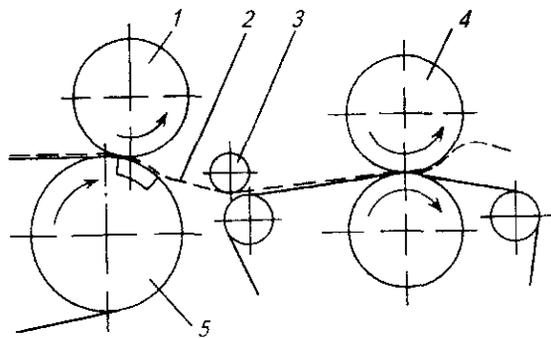


Рис. 1.150. Съем бумажного полотна с гауча по касательной:

1 — прижимной валик, 2 — бумажное полотно; 3 — бумаговедущий валик, 4 — первый пресс; 5 — гауч-вал

лотна по касательной к сетке (рис. 1.150). Этот способ может использоваться при скоростях до 350...400 м/мин.

При таком съеме между сеткой и сукном устанавливают направляющий валик, имеющий индивидуальный привод. С помощью механизма перемещения валика он устанавливается так, чтобы бумажное полотно сходило с гауч-вала по касательной.

Если сеточная часть имеет сеткоповоротный вал, то перенос полотна с наклонного участка сетки может быть осуществлен в период заправки при помощи пневматического сопла (рис. 1.151). Такой способ может использоваться при выработке видов бумаги и картона с массой более 100 г/м² при скоростях до 500 м/мин.

Более надежными являются способы *поддерживаемого переноса* бумажного полотна. На рис. 1.152 показано устройство переноса

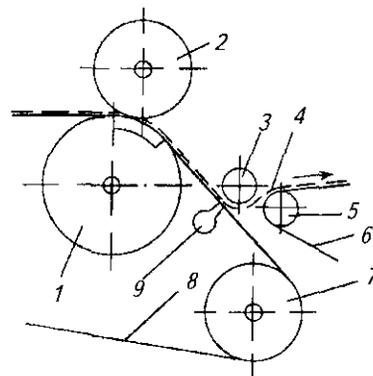


Рис. 1.151. Заправка при помощи пневматического сопла:

1 — гауч-вал, 2 — прижимной валик, 3 — бумаговедущий валик, 4 — бумажное полотно; 5 — сукноведущий валик; 6 — прессовое сукно; 7 — сеткоповоротный вал, 8 — сетка; 9 — пневматическое сопло

с помощью пересасывающего вала, когда сетка огибает не только гауч, но и сеткоповоротный вал. Пересасывающий вал расположен между отсасывающим гауч-валом и сеткоповоротным валом. Такое устройство пригодно и для машин с высокими скоростями. Полотно частично обезвоживается на отсасывающем гауч-вале, который отсасывает воду, не повреждая полотна. Полотно снимается мокрым сукном пересасывающего вала, расположенного на свободном участке сетки, по всей ширине машины.

Чаще применяется пересасывающий вал, имеющий две вакуумные камеры. За счет разрежения в первой камере, ширина которой составляет 70...90 мм, а вакуум в ней — 0,06...0,07 МПа, бумажное полотно снимается с сетки. Вторая камера, ширина которой

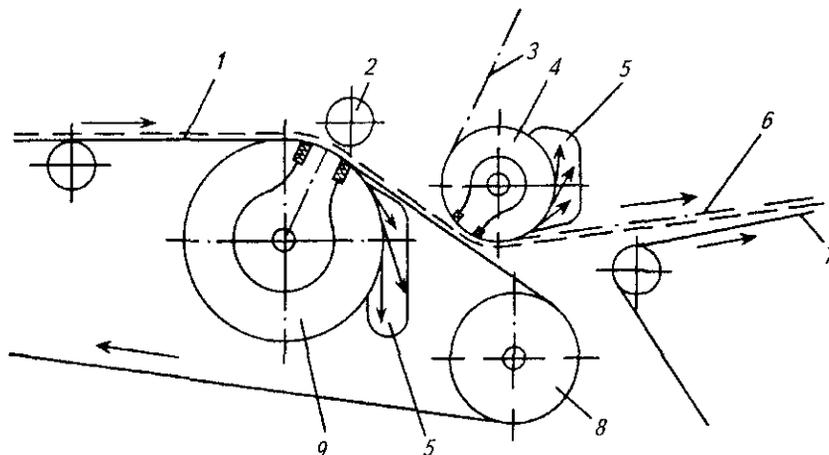


Рис. 1.152. Вакуумное пересасывающее устройство с сеткоповоротным валом:

1 — сетка, 2 — прижимной вал гауча; 3 — верхнее сукно; 4 — пересасывающий вал, 5 — камеры отвода водяных брызг, 6 — верхнее сукно с бумагой, 7 — нижнее сукно, 8 — сеткоповоротный вал; 9 — отсасывающий вал гауча

140...150 мм, а вакуум в ней — 0,04...0,05 МПа, нужна для удержания бумажного полотна на пересасывающем сукне (сукне пикап).

Для нормальной работы пересасывающего устройства необходимо обеспечить эффективную очистку передаточного сукна, кроме того, необходимо устранить разбрызгивание водных капель из отверстий пересасывающего вала под действием центробежных сил. Под действием вакуума в пересасывающем вале с поверхности бумажного полотна отделяются мелкие волокна, забивающие сукно. Вакуум можно уменьшить, не ослабляя прилипания бумажного полотна к передаточному сукну, но при этом возникает сильное разбрызгивание воды, поступившей из сукна в отверстия отсасывающего вала. Под действием центробежной силы вода попадает на верхнюю поверхность сукна, просачивается сквозь него и бумажное полотно, повреждая структуру бумаги. Для предотвращения попадания водных брызг на передаточное сукно в месте соприкосновения пересасывающего вала и передаточного сукна устанавливают водосборник.

В современных прессовых частях с многовальными прессами в передаточном прессе нет необходимости, так как чаще всего в первом захвате прессование происходит между двух сукон: пересасывающим и нижним сукном первого пресса. Отрицательным фактором здесь является то, что бумажное полотно на участке от пересасывающего вала до первой зоны прессования движется под пересасывающим сукном и удерживается на нем капиллярными силами. Это ограничивает массу бумажного полотна, а также предъявляет особые требования к состоянию поверхности и влажности сукна. При использовании шерстяных сукон, у которых размер пор на поверхности и внутри сукна был оди-

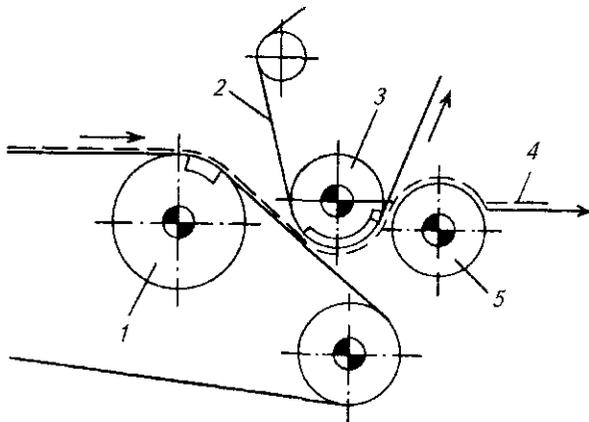


Рис. 1.153. Схема универсального пресса:

1 — гауч-вал; 2 — прессовое сукно; 3 — отсасывающий вал; 4 — бумажное полотно; 5 — гранитный вал

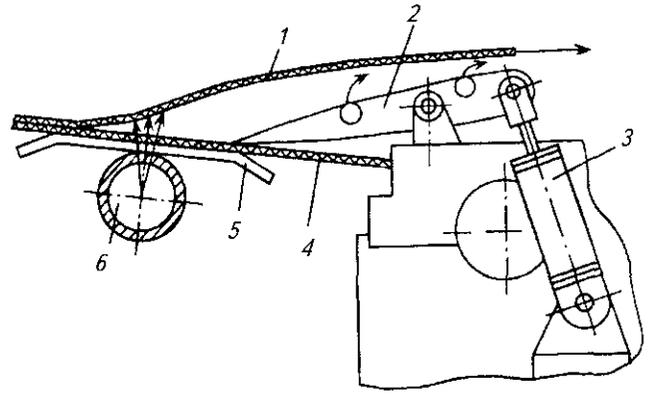


Рис. 1.154. Схема воздушного шабера для заправки бумаги:

1 — бумажное полотно; 2 — шабер с отверстиями для сжатого воздуха; 3 — привод шабера; 4 — прессовое сукно; 5 — направляющая пластина; 6 — воздушное сопло

наков, для переноса бумажного полотна требовалась относительно высокая влажность сукна. Из-за этого давление в первом захвате было ограничено (обычно не более 25...30 кН/м) ввиду опасности раздавливания бумажного полотна. Использовать более сухие сукна, а значит, и повысить давление в первом захвате (до 80...90 кН/м) позволило универсальное устройство передачи полотна, известное как Uni-press. В таком прессе бумажное полотно удерживается не капиллярными силами, а вакуумом в широкой отсасывающей камере пересасывающего вала (рис. 1.153). Вакуум в пересасывающей камере — 6...7 кПа, в камере отсасывающего вала пресса — 15...55 кПа.

При массе полотна более 300 г/м² даже при использовании устройства пикап сначала в прессовую часть передается заправочная полоска. Для ее съема с сетки применяется воздушный spray, оформленный в виде трубки со щелью для воздуха. Поток воздуха из щели поднимает полотно с сетки и направляет его на пересасывающий вал. Если прессовая часть состоит из отдельно стоящих прессов, то передача полотна из пресса в пресс осуществляется также путем передачи заправочной полоски, снимаемой с сукна вручную, при помощи воздушного spray, или автоматически, с помощью заправочного шабера. При автоматической передаче заправочный шабер на 2...3 мм вдавливаются в прессовое сукно, после чего заправочная полоска воздушным spray, расположенным под сукном, приподнимает полотно (рис. 1.154) [86]. Воздух, подаваемый через отверстия в верхней части шабера, направляет полотно в следующий пресс.

1.10.7. БОМБИРОВКА ПРЕССОВЫХ ВАЛОВ. ВАЛЫ С РЕГУЛИРУЕМЫМ ПРОГИБОМ

Под действием собственной массы и усилий прижима прессовые валы прогибаются. При неодинаковом прогибе валов наблюдается неравномерное распределение давления по длине зоны контакта, что ведет к неравномерной влажности полотна по ширине машины после пресса. Для выравнивания профиля давления по длине вала применяется бомбировка валов, т. е. увеличение диаметра вала от его концов к середине (рис. 1.155, а—в). Изменение диаметра вала по его длине или, как говорят, кривая бомбировки вала, обеспечивающая равномерный профиль давления, зависит от длины вала, его диаметра, жесткости, массы, усилий прижима и ряда других факторов. Расчет бомбировки вала производится только для конкретного усилия прижима. Поэтому при необходимости изменения давления в зоне прессования необходимо изменение бомбировки.

Величиной бомбировки K называют разность диаметров вала посередине D_0 и по его концам D_l . Величина бомбировки в любом сечении вала K_x равна разности диаметров вала в среднем сечении D_0 и в рассматриваемом сечении D_x

$$K_x = D_0 - D_x. \quad (1.79)$$

Окружная скорость бомбированного вала в середине будет выше, чем по краям. В результате сукно движется в середине быстрее. При идеальной бомбировке прессовых валов ширина зоны прессования по всей длине вала должна изменяться в пределах $\pm 5\%$ от среднего значения. Контроль равномерности распределения внешней нагрузки по рабочей длине вала осуществляется при помощи измерения ширины зоны прессования по длине вала. Эти измерения необходимо выполнять после каждой смены валов. Для этого между валами укладывают два листа чистой

бумаги с полоской копировальной бумаги между ними. Вместо копировальной бумаги можно использовать также тисненую алюминиевую фольгу. После приложения необходимой нагрузки к валам в течение 7...10 с валы разъединяются и бумага снимается с вала. Полученный на бумаге отпечаток позволяет измерить ширину зоны прессования и оценить потребность в бомбировке валов. Если ширина отпечатка на лицевой и приводной сторонах разная, необходимо отрегулировать усилия прижима для достижения одинаковых результатов. После снятия отпечатка необходимо измерить его ширину в середине вала и по краям. Если бомбировка недостаточна, ширина зоны в средней части вала меньше, чем по краям; в случае чрезмерной бомбировки — наоборот. На рис. 1.156 приведены различные положения прессовых валов и соответствующие им отпечатки. Величина необходимой бомбировки определяется на стадии проектирования пресса. Однако из-за сложности ее теоретического расчета возможны значительные ошибки. Полученные описанным образом отпечатки позволяют скорректировать бомбировку. Для этого при одинаковой ширине зоны прессования на лицевой и приводной стороне используют формулу

$$\Delta K = \frac{a_k^2 - a_c^2}{D}, \quad (1.80)$$

где ΔK — требуемая коррекция бомбировки; a_k — ширина зоны прессования по краям, м; a_c — ширина зоны прессования посередине вала, м; D — приведенный диаметр валов, м.

Приведенный диаметр валов определяется по формуле

$$D = \frac{2D_1D_2}{D_1 + D_2}, \text{ м} \quad (1.81)$$

где D_1 и D_2 — диаметры валов пресса.

Качественную оценку правильности бомбировки можно получить и по профилограммам

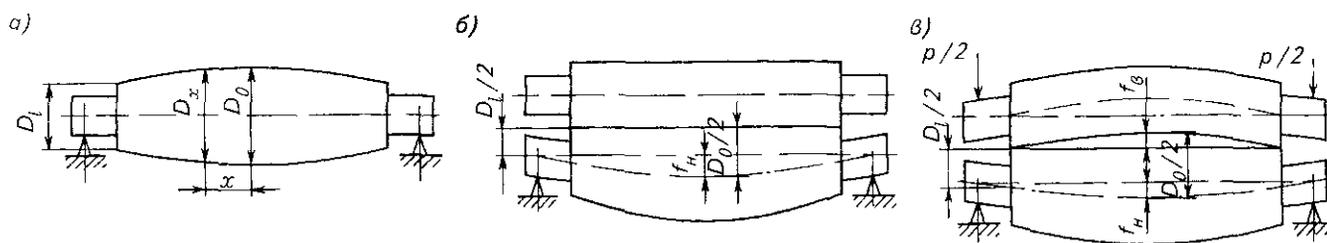


Рис. 1.155. Схемы бомбировки валов: а — бомбировка; б — бомбировка нижнего вала; в — бомбировка обоих валов

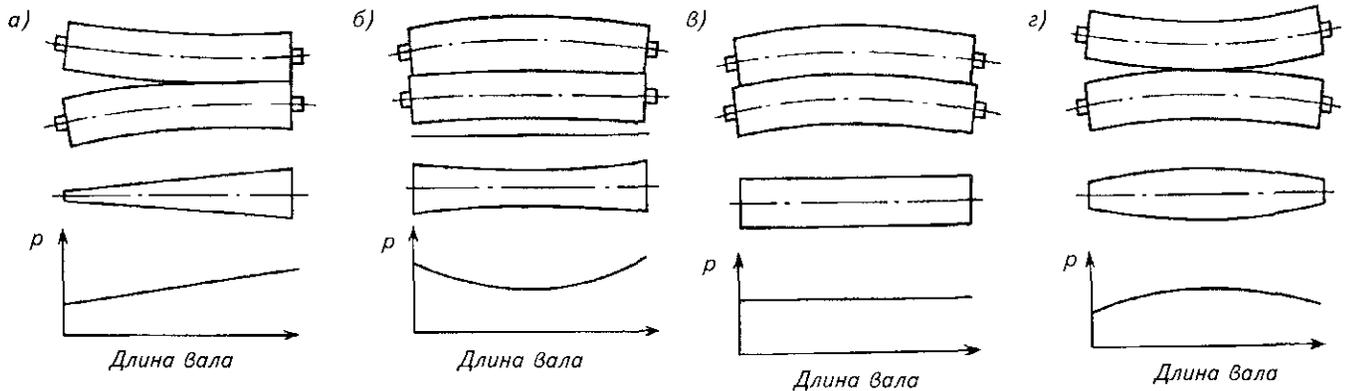


Рис. 1.156. Примеры контакта прессовых валов и соответствующие им формы зоны прессования (отпечатки) и распределения давления: *a* — неправильный прижим валов; *b* — недостаточная бомбировка; *в* — правильная бомбировка; *г* — чрезмерная бомбировка

влажности сукна. Например, при недостаточной бомбировке влажность сукна в средней части будет выше, чем по краям.

При неравномерной ширине зоны прессования по длине вала в тех местах, где она больше, больше и деформация покрытия вала, а следовательно, и его температура. Разрушение проявляется в виде возникновения мелких трещин, в которых скапливаются влага, мелкое волокно и наполнитель, что ведет к размягчению покрытия и росту трещин. Если своевременно не подвергнуть вал перешлифовке, возможно разрушение покрытия.

На практике общую бомбировку, необходимую обоим валам — верхнему и нижнему, распределяют следующим образом: 30...40 % делают на твердом валу и 60...70 % — на обрешиненном. Края отсасывающих прессовых валов и прижимных валов янки-цилиндров следует сошлифовывать на конус, чтобы исключить соприкосновение валов за пределами их рабочей ширины, т. е. ширины бумажного полотна.

Бомбированные валы способны обеспечить равномерное распределение давления по ширине машины только при одном определенном значении усилия прижима. В то же время потребность в изменении линейного давления возникает довольно часто (например, при переходе на выработку другого вида продукции). В этом случае равномерное распределение давления можно обеспечить только применением валов с регулируемым прогибом, или, как их еще называют, плавающих валов.

Плавающим называют вал, который не требует бомбировки для обеспечения равномерного профиля давления по ширине машины. Одной из первых конструкций валов

с регулируемым прогибом был вал Küsters [87] (рис. 1.157, *a*, *b*). Вращающаяся рубашка вала опирается через роликовые самоустанавливающиеся подшипники на неподвижный сердечник. Кольцевое пространство между рубашкой и сердечником разделено при помощи продольных уплотнительных планок на две камеры. В камеру, обращенную к смежному валу (напорную камеру), закачивается под давлением масло. Неподвижный сердечник изготавливается из ковальной стали. С лицевой стороны вала он установлен в сферическую опору, а с приводной стороны — в трехколевой подшипник. Такая установка обеспечивает возможность угловых смещений сердечника при его изгибе.

Корпус вала изготовлен из серого чугуна и облицован коррозионно-стойкой сталью или имеет неметаллическое покрытие. Вращение рубашке вала передается от приводной цапфы через среднее кольцо подшипника и зубчатую муфту. При работе в напорную камеру подается масло под давлением, которое обеспечивает равенство внешних и внутренних сил, действующих на рубашку. В результате этого рубашка вала выпрямляется, обеспечивая тем самым равномерное распределение давления по ширине машины. Под действием давления в напорной камере сердечник также прогибается — но в противоположную сторону. При «беспрогибном» положении рубашки вала внешняя нагрузка на сердечник через подшипники не передается. Эта нагрузка полностью уравнивается силами давления масла в напорной камере.

Регулируя давление масла в напорной камере, можно изменять прогиб рубашки вала. При превышении давления, соответствующего «беспрогибному» положению, рубашка по-

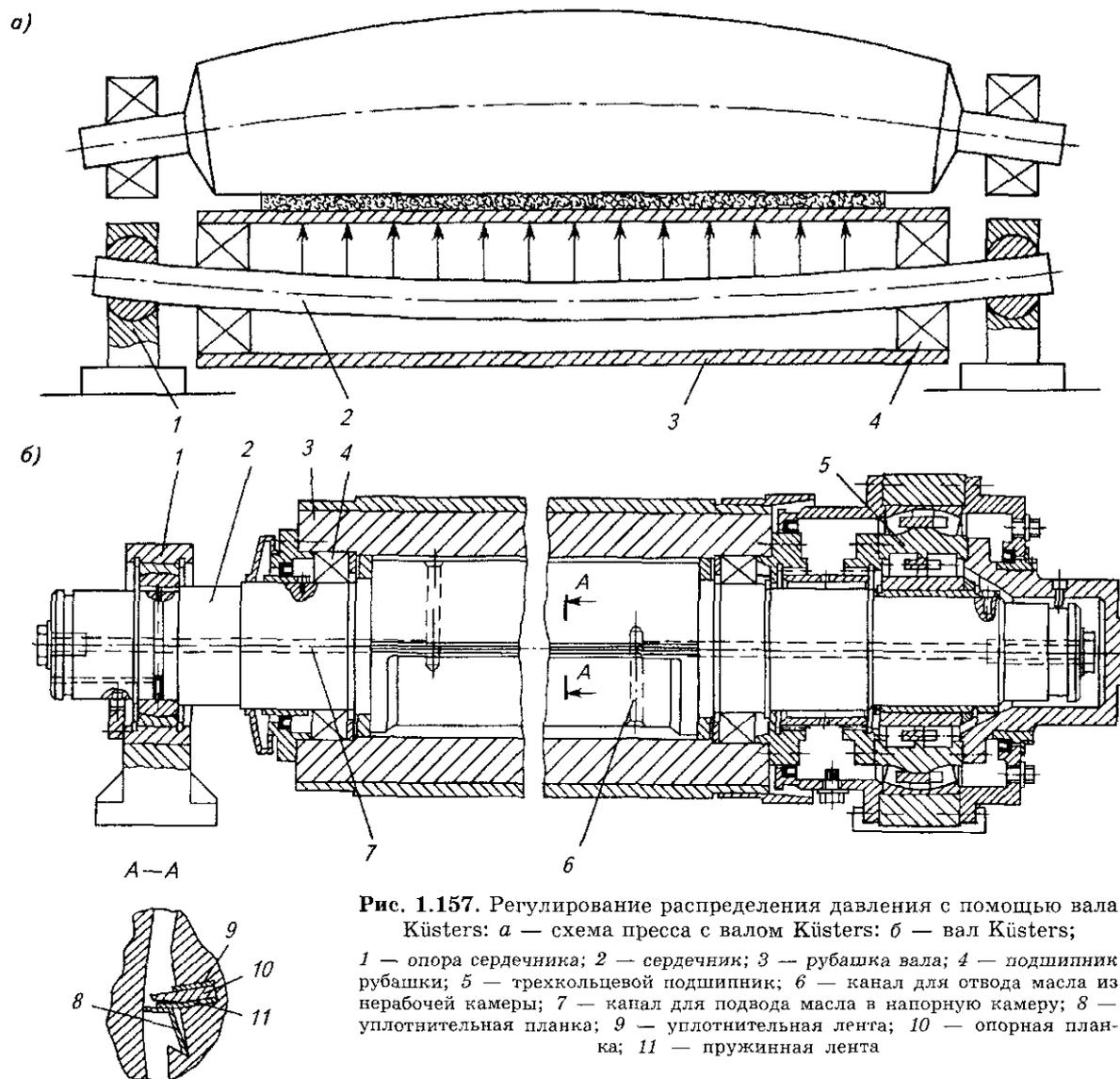


Рис. 1.157. Регулирование распределения давления с помощью вала Küsters: а — схема пресса с валом Küsters; б — вал Küsters;

1 — опора сердечника; 2 — сердечник; 3 — рубашка вала; 4 — подшипник рубашки; 5 — трехкольцевой подшипник; 6 — канал для отвода масла из нерабочей камеры; 7 — канал для подвода масла в напорную камеру; 8 — уплотнительная планка; 9 — уплотнительная лента; 10 — опорная планка; 11 — пружинная лента

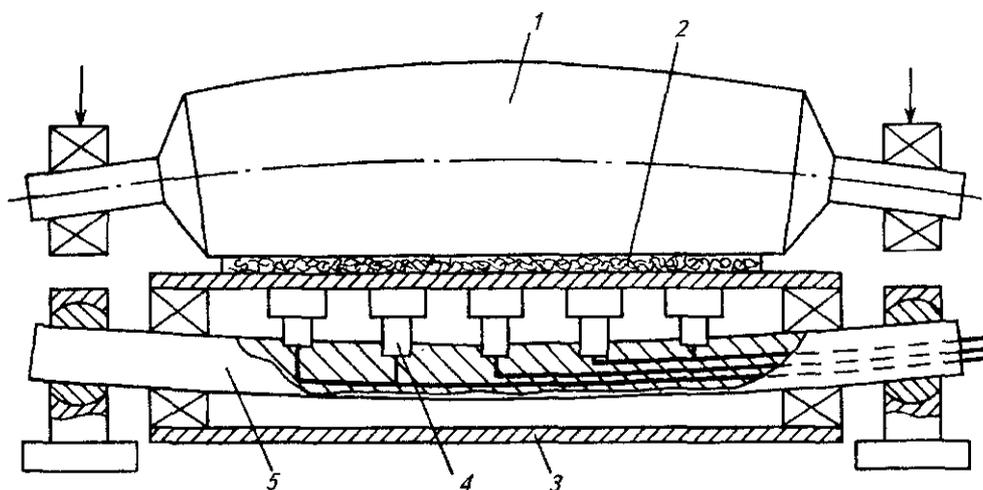


Рис. 1.158. Схема пресса с валом Nipco:

1 — верхний вал пресса; 2 — бумажное полотно; 3 — рубашка вала Nipco; 4 — поршневой поддерживающий элемент; 5 — сердечник

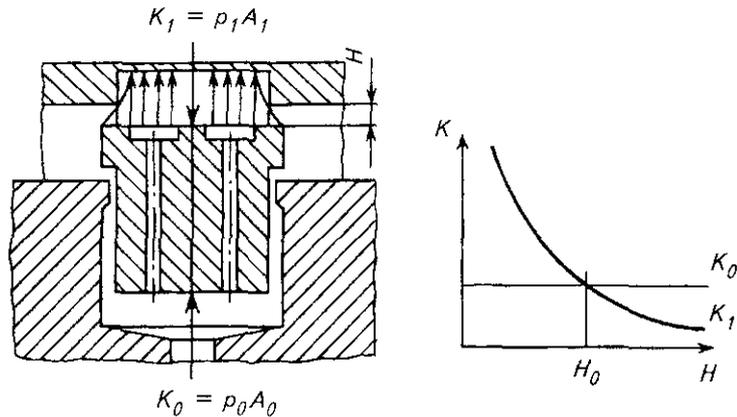


Рис. 1.159. Силы, действующие на поршневой элемент вала Nipco (K_0 — сила давления масла со стороны сердечника; K_1 — сила давления масла со стороны рубашки)

лучит выпуклость в направлении смежного вала, при меньшем давлении рубашка прогнется в противоположную сторону. Регулируя температуру подаваемого в напорную камеру масла, можно управлять и температурой рубашки вала. Недостатками вала Küsters являются:

сложность определения и обеспечения оптимального давления масла для поддержания равномерного профиля давления;

необходимость изменения давления масла при смене выпускаемой продукции.

Другой известной конструкцией является вал Nipco [88, 89]. Он состоит из стационарной рамы, подвижных гидростатических элементов и рубашки (рис. 1.158). Усилия прижима передаются через гидростатические опорные элементы на рубашку вала. Между опорными элементами и вращающейся рубашкой вала образуется гидростатическая масляная пленка. На верхней поверхности опорных элементов имеются карманы, которые соединены с внутренней полостью гнезда капиллярными каналами. При этом общая площадь карманов больше площади нижней части поршня. При работе на нижнюю часть поршня действует результирующая сила давления масла в гнезде. Эта сила стремится переместить поршень по направлению к рубашке. При постоянном давлении масла сила не зависит от зазора между верхней поверхностью поршня и рубашкой.

При неподвижном вале зазор между поршнями и рубашкой отсутствует. После подачи масла в связи с тем, что площадь карманов больше площади нижней части поршня под действием силы K_1 , превосходящей силу K_0 , поршень перемещается вниз, и между поршнем и рубашкой образуется зазор. Величина

зазора определяется условием равенства сил K_0 и K_1 . При большом зазоре увеличивается скорость масла, протекающего через капилляры опорного элемента, а, значит, возрастают потери напора. В результате сила K_1 становится меньше силы K_0 и зазор уменьшается до тех пор, пока не установится равновесие (рис. 1.159). Величина зазора зависит от размеров опорного элемента и диаметров капиллярных каналов.

Опорные элементы объединены в группы, в каждую из которых масло подается индивидуально. Корректирующее действие вала Nipco состоит в том, что давление масла может регулироваться по зонам. Таким образом, участок полотна может более или менее сильно прессоваться и в результате можно регулировать профиль влажности по ширине машины. Вал Nipco является самонагружающимся, т. е. ему не нужен прижимной рычаг, что значительно упрощает конструкцию прижимной системы. Для автоматической корректировки профиля влажности вал Nipco, пульт управления и датчики измерения влажности соединяются системой контроля процесса. По результатам измерений влажности распределение линейного давления регулируется по отдельным зонам вала Nipco.

1.10.8. ПОКРЫТИЯ ПРЕССОВЫХ ВАЛОВ

К облицовке прессовых валов предъявляются следующие требования:
 упругость и выносливость;
 минимальное накопление тепла;

термостабильность;
сопротивление абразивному износу;
сопротивление воздействию минеральных масел и растворителей;

обеспечение легкого удаления бумаги с поверхности облицовки.

Для облицовки прессовых валов применяются резины из натурального и синтетического каучука, а также различные полимерные материалы. Выбор покрытия для различных валов определяется их функциональным назначением, а в некоторых случаях — и композицией бумажной массы. Так, в древесной массе содержится большое количество смолы, которая отрицательно влияет на мягкое покрытие, придавая ему липкость. Поэтому твердость валов прессов БДМ, вырабатывающих бумагу из композиции с повышенным содержанием древесной массы, должна быть более высокой. От правильного выбора покрытия зависят такие параметры как ширина зоны прессования, распределение давления по ширине зоны прессования, долговечность сукна и т. д.

В качестве основного показателя резиновых и резиноподобных покрытий используется твердость. Для оценки твердости резиновых покрытий наиболее часто применяется прибор Pusey and Jenes (P&J). Твердость измеряют в пунктах. Глубина вдавливания в облицовку стального шарика диаметром 0,125 дюйма (3,2 мм) под действием усилия 9,8 Н в течение 1 мин, равная 0,01 мм соответствует одному пункту твердости по P&J. Измерения твердости необходимо проводить при температуре 21 ± 3 °С, так как с повышением температуры резина становится мягче. В отечественной промышленности для измерения твердости применяется прибор ТШМ, в котором в покрытие вдавливаются шарик диаметром 5 мм. Показатель твердости по P&J примерно в 1,25 раза больше показателя по прибору ТШМ. В последнее время для оценки твердости облицовки используют также метод Шора, по которому в покрытие вдавливаются индентор в форме усеченного конуса. Твердость оценивается по шкале 0–100. Материал с твердостью 100 является настолько твердым, что индентор в него практически не проникает. Взаимосвязь показателей твердости, измеренных различными методами, приведены в табл. 1.95.

Резина не является абсолютно упругим материалом. Поэтому в процессе циклического деформирования происходят тепловыделение и нагрев резинового покрытия. При нагреве твердость резины уменьшается, что

Таблица 1.95
Взаимосвязь показателей твердости облицовки прессовых валов

Показатель твердости, ед. по ТШМ	Показатель твердости, пункты P&J	Показатель твердости, ед. по Шору А
2	0	103
4	5	98
6	10	96
10	15	94
14	20	92
18	25	91
22	30	86
28	35	83
36	40	81
39	45	79
42	50	77
45	60	74

ведет к увеличению ширины зоны прессования и уменьшению среднего давления в зоне. Установлено, что с увеличением толщины покрытия увеличивается и тепловыделение. Например, при диаметре вала 300 мм, твердости покрытия 30 пунктов по P&J, линейном давлении 80 кН/м и скорости 500 м/мин получены следующие результаты: при толщине облицовки 10...20 мм температура за первые 10 мин работы повысилась до 60 °С и в дальнейшем практически не изменялась; при толщине 25 мм температура за первые 15 мин достигла 90 °С, а затем понизилась до 70 °С; при толщине 30 мм температура за первые 25 мин повысилась до 145 °С [90]. Поэтому на скоростных машинах применяют валы с толщиной резинового покрытия не более 20...25 мм.

На температуру покрытия влияет также диаметр вала. При меньшем диаметре вала при прочих равных условиях покрытие испытывает большее число нагружений в единицу времени и, кроме того, в нем возникают большие напряжения. Поэтому температура покрытия вала меньшего диаметра при прочих равных условиях будет выше. Ширина зоны прессования, а следовательно, и продолжительность прессования увеличиваются с увеличением линейного давления и снижением твердости покрытия. При этом увеличивается и деформация покрытия, что ведет к более интенсивному тепловыделению. Повышение температуры покрытия ведет к снижению его твердости, а значит, к дальнейшему увеличению температуры и деформаций. В результате покрытие может разрушиться. При правильном выборе материала и толщины покрытия в течение первых 1...4 ч работы происходит стабилизация температуры покрытия и его твердости. Для большинства

материалов нормальная рабочая температура не должна превышать 70 °С. При температуре 70...90 °С возрастает опасность отслаивания облицовки от рубашки вала, а при температуре 110...150 °С отслаивание резины происходит очень быстро. Покрытие отсасывающего вала нагревается меньше, чем аналогичные покрытия гладкого, желобчатого или глухосверленного валов, так как водовоздушная смесь, поступающая в отверстия или в желобки, охлаждает покрытие.

В настоящее время широко применяются покрытия из полиуретана [91]. По сравнению с резиновыми полиуретановые покрытия имеют более высокие прочность и сопротивление абразивному износу, меньшее значение коэффициента трения скольжения. Все полиуретаны устойчивы к действию слабых кислот и щелочей, минеральных и растительных масел, смазок, керосина, бензина и т. д. Один из способов получения полиуретанового покрытия состоит в нанесении на рубашку армированного слоя специальной синтетической смолы, которая при затвердевании сжимается и прочно соединяется с рубашкой. После обработки нанесенного слоя на него наносится полиуретановый слой, и оба слоя образуют прочное соединение друг с другом. Такое покрытие обладает хорошим сцеплением с металлом и практически исключает коррозию металлической рубашки вала.

Физико-механические свойства полиуретанов зависят от твердости [92] (табл. 1.96).

Высокая износостойкость полиуретановых покрытий обеспечивает равномерность бомбиривки, исключает необходимость частой перешлифовки. В отличие от резиновых по-

крытий изменение ширины зоны прессования при повышении температуры у полиуретановых покрытий незначительно. Благодаря высокой упругости полиуретанов уменьшается опасность повреждения покрытия при случайном попадании инородных тел в зазор. При использовании валов с полиуретановыми покрытиями снижаются вибрации прессовых валов, что уменьшает повреждение поверхности покрытия, изнашивание подшипников и повреждение прессовых сукон.

Наибольшее распространение полиуретановые покрытия получили в отсасывающих, желобчатых и глухосверленных прессовых валах. Использование полиуретана при производстве желобчатых валов уменьшает деформацию желобков, позволяет увеличить их количество и, следовательно, повысить обезвоживание и уменьшить маркировку. При изготовлении отсасывающих валов и валов с глухими отверстиями полиуретан позволяет уменьшить маркировку, появляется возможность сделать желобки в облицовке и увеличить обезвоживание, повышается предельная линейная нагрузка в захвате. Низкая адгезия бумаги к полиуретану снижает забивание отверстий и желобков валов. Полиуретановое покрытие гладких прессовых валов позволяет уменьшить прилипание бумаги и ее загрязнение, увеличить однородность линейной нагрузки в захвате.

Как уже отмечалось, обрешиненные валы требуются периодически перешлифовывать. Обычно перешлифовку проводят через 6...9 мес. работы, а при тяжелых режимах работы (отсасывающие валы, прижимные валы Янки-цилиндров) — через 2...4 мес. При перешлифовке необходимо полностью удалять поврежденный слой. Если вал долгое время находится на хранении, то перед установкой на машину его необходимо подвергнуть чистовому шлифованию, так как поверхность резины при длительном хранении стареет и на ней образуются мелкие трещины. Если этот слой не удалить перед установкой вала на машину, в процессе работы произойдет быстрое превращение мелких трещин в крупные повреждения, для удаления которых потребуется сошлифовывать более глубокий слой облицовки, сокращая тем самым срок службы вала.

После ряда крупных аварий с гранитными валами, используемыми в прессах с подогревом бумажного полотна, начались интенсивные поиски материалов, близких по своим свойствам к граниту, но способных работать в условиях повышенных температур.

Таблица 1.96
Физико-механические свойства полиуретанов при различной твердости по Pusey and Jenex (P&J)

Свойства покрытия	Твердость по P&J, пунктов		
	20 . 26	12 . 16	5 . 8
Напряжение при удлинении образца на 100 %, МПа	7	13	25
Предел прочности при разрыве, МПа	32	40	45
Удлинение при разрыве, %	420	400	300
Работа деформации растяжения, %	60	50	48
Остаточная деформация при сжатии, %	20	25	28
Степень истирания по Акрону, %	0,23	0,18	0,10
Модуль Юнга, МПа	33...55	80...90	280...320

Одним из таких материалов является материал TOP ROCK, представляющий собой твердую синтетическую смолу со специальными наполнителями [93]. Покрытия из этого материала имеют твердость 0...1 P&J, обладают однородной поверхностью, характеризуются низкой адгезией к бумажному полотну, способны работать при температурах до 110 °С и при высоких линейных давлениях (до 350 кН/м), отличаются высокой износо- и химической стойкостью. В ряде случаев прилипание бумаги к покрытию TOP ROCK оказывается меньшим, чем к поверхности гранитного вала. Это обусловлено, во-первых, сочетанием гидрофильных и гидрофобных участков поверхности покрытия и, во-вторых, поверхностной пористостью покрытия. Другое известное покрытие — UNIROCK. Оно представляет собой материал на основе полиуретана с наполнителями в виде шпата и кварца. В последние годы отлично зарекомендовали себя покрытия, разработанные фирмой «Сара Керн», известные под маркой Cera [94]. Все типы покрытий семейства Cera *наносятся плазменным напылением*. При этом напыляемые частицы керамического или металлического порошка (проволоки) расплавляются и наносятся на поверхность вращающегося вала. Частицы, разогретые до температуры 2000 °С, очень быстро затвердевают на поверхности вала, так что сам вал нагревается лишь до температуры не более 70 °С. Низкую адгезию бумажного полотна к поверхности вала, а также стабильную работу шабера, очищающего поверхность вала, обеспечивает покрытие CeraLease на основе оксидной керамики. Это покрытие благодаря наличию полярных групп обладает более высокой поверхностной энергией, чем гранит. В результате обеспечиваются быстрое и равномерное смачивание поверхности вала и легкость отделения бумажного полотна. По сравнению с покрытием CeraLease покрытие CeraLease S отличается наличием дополнительного антиадгезивного материала на основе фторсодержащего полимера, заполняющего микронеровности поверхности вала. Этот материал наносится после шлифования покрытия и перед его финишированием. Результатом является уменьшение шероховатости поверхности вала, удлинение периодов между перешлифовками покрытия, улучшение процесса отделения бумажного полотна. Эти покрытия применяются для центральных прессовых валов. Твердометаллические износостойкие покрытия CeraVac и CeraVent рекомендуются для любых типов отсасыва-

ющих и желобчатых прессовых валов, эксплуатируемых без резинового или полиуретанового покрытия.

1.10.9. ПРЕССОВЫЕ СУКНА

На производительность бумагоделательной машины, себестоимость и качество вырабатываемой продукции существенное влияние оказывает правильный выбор одежды машины, в частности, прессовых сукон. Выбор того или иного сукна в основном определяется типом пресса и его местом в прессовой части, композицией бумажной массы, требованиями к готовой продукции. Для удовлетворения различным условиям работы фирмы — производители прессовых сукон постоянно совершенствуют их конструкции.

К прессовому сукну предъявляются следующие требования:

- высокая проницаемость, обеспечивающая низкое сопротивление течению воды в сукне;
- большой объем порового пространства, обеспечивающий способность сукна переносить значительное количество воды;

- низкая сжимаемость, обеспечивающая сохранение достаточной проницаемости и порового объема даже в середине зоны прессования;

- равномерность распределения давления, передаваемого на бумагу;

- стабильность в процессе работы и равномерность свойств по ширине сукна;

- не вызывающее затруднений обезвоживание и кондиционирование прессового сукна;
- способность гасить вибрации, возникающие при работе пресса;

- высокая износостойкость и способность сопротивляться разрушающему действию химикатов;

- быстрая приработка;

- легкость установки и замены.

Для правильного выбора сукна надо знать, как влияют конструктивные особенности сукна на эффективность обезвоживания и качество вырабатываемой продукции. Современные прессовые сукна, как правило, изготовлены полностью из синтетических волокон и состоят из двух основных компонентов: основы (каркаса) и поверхностных слоев ватки, соединенных с основой иглопробивным способом (рис. 1.160) [95].

Иглопробивная машина имеет большое количество иглолок с зазубринами, напомина-

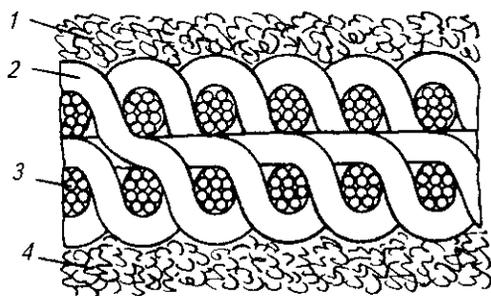


Рис. 1.160. Поперечное сечение иглопробивного сукна: 1 — верхняя ватка; 2 — поперечные нити основы; 3 — продольные нити основы; 4 — нижняя ватка

ющими по форме вязальные крючки. Иголki совершают возвратно-поступательное движение, пронизывая основу и ватку, которые вместе движутся с небольшой скоростью. Прокалывая каждый квадратный сантиметр сукна до 300 и более раз, иголки надежно соединяют ватку с основой сукна.

Основа сукна может выполняться в виде одно-, двух- или трехслойной сетки или состоять из двух сеток, соединенных иглопробивным способом (ламинатные сукна) (рис. 1.161).

Основными требованиями к основе сукна являются достаточная прочность в машинном направлении, низкая сжимаемость, обеспечивающая достаточный объем порового пространства в зоне прессования, высокая проницаемость в z-направлении и в перпендикулярном ему направлении, а также ста-

бильность свойств в процессе работы. В зависимости от типа основы сукна бывают с тканой основой и с сеточной основой. Сукна с тканой основой получили название «ватка на ткани», с сеточной основой — «ватка на сетке». В связи с меньшей сжимаемостью сеточной основы и более высокой стабильностью ее свойств сукна «ватка на сетке» получили большее распространение. Основа сукна обычно состоит из крученых монофиламентных нитей в поперечном направлении и крученых моно- или мультифиламентных нитей в продольном направлении. Однослойные сукна имеют меньшую массу, большую гибкость, облегчающую их установку на машину, но сильнее маркируют бумагу. Поэтому их применяют при прессовании с контролируемым давлением и при отсутствии жестких требований к гладкости поверхности бумажного полотна. Двухслойные и трехслойные сукна имеют значительно больший объем порового пространства. Поэтому их применяют при прессовании тяжелых видов бумаги и картона, в первых прессах и при работе с высокими давлениями, т. е. в тех случаях, когда при прессовании удаляется большое количество воды. Увеличение числа слоев также благоприятно влияет на способность сукна поглощать вибрации.

Назначение ватки — создание гладкой однородной поверхности сукна, обеспечивающей равномерную передачу давления на бумаж-

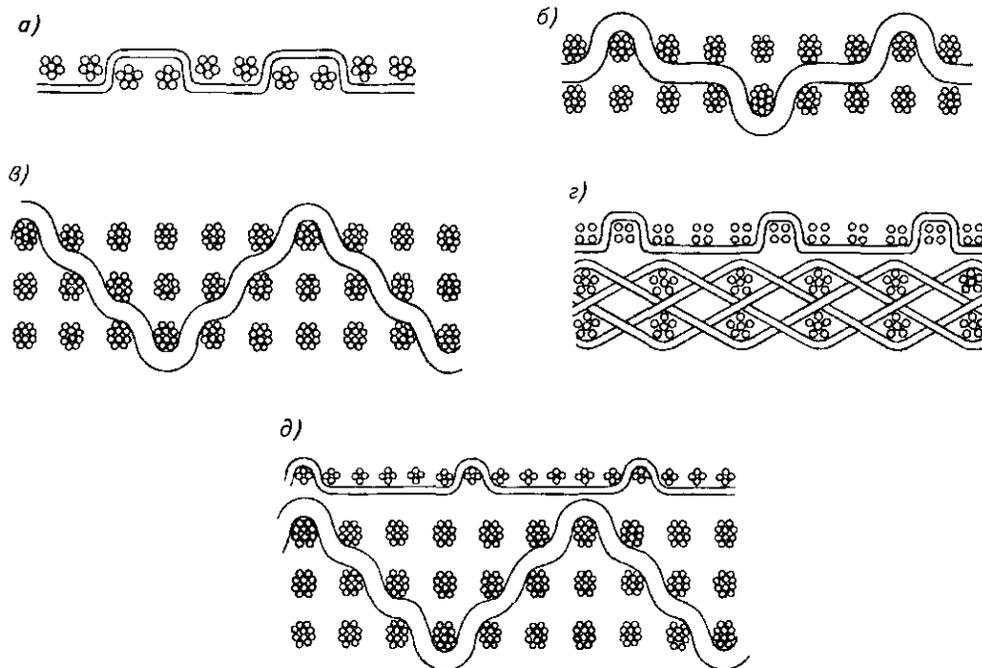


Рис. 1.161. Различные типы основы сукна: а — однослойная; б — двухслойная; в — трехслойная; г, д — основы ламинатных сукон

ное полотно, незначительные маркировку бумаги и ее увлажнение сукном на выходе из пресса. У большинства сукон слой ватки располагается не только на стороне сукна, граничащей с бумажным полотном, но и на стороне, соприкасающейся с валом. Ватка сукна изготавливается из более тонких, чем основа, волокон. Она необходима для равномерной передачи давления на бумажное полотно, устранения маркировки от узлов переплетения волокон основы, а также желобков или отверстий на поверхности прессового вала. Кроме того, малые размеры пор в ватке способствуют снижению повторного увлажнения бумаги на выходной стороне зоны прессования. Уменьшения маркировки и повышения качества бумажного полотна, а также уменьшения обратного впитывания достигают путем применения сукон с многослойной ваткой. В такой ватке верхние слои выполняются из волокон меньшего диаметра, чем нижние. Для количественной оценки способности сукна равномерно передавать давление на бумагу можно использовать такой показатель как индекс поддержки сукна, который определяется числом контактов сукна с гладкой поверхностью, приходящимся на 1 см^2 площади сукна при давлении 8 МПа [96]. Среднее значение индекса получают по результатам измерений в машинном и в поперечном направлениях.

В последние годы широкое распространение получили ламинатные сукна, в которых основа состоит из двух независимых слоев [97]. Верхний слой, располагающийся со стороны бумажного полотна, делается из волокон меньшего диаметра и более тонкого переплетения, что уменьшает маркировку бумажного полотна. Нижний слой представляет собой двух- или трехслойную сетку, более грубую и жесткую, чем верхний слой основы. Сетки сотканы отдельно друг от друга и соединяются при иглопробивании. Более равномерное распределение прессовой нагрузки при использовании ламинатных сукон можно получить, комбинируя гладкий верхний каркас с грубым нижним. Доля каркаса у ламинатных сукон составляет 50–75 %, что препятствует быстрому уплотнению таких сукон. Система, состоящая из двух независимых тканых каркасов, лучше сопротивляется сжатию, чем комбинированная тканая система в сукнах с многослойным каркасом. Из-за применения двух независимых основ ламинатные сукна более долгое время остаются чистыми и легче кондиционируются. Низкая склонность к уплотнению, а также

возможность выбора различных типов нитей для двух независимых друг от друга каркасных тканей обуславливают высокую способность ламинатных сукон гасить вибрации. Ламинатное сукно, в отличие от сукон с многослойным каркасом, хорошо сохраняет толщину в прессовом захвате, что позволяет этим сукнам работать при минимальной тепловой маркировке бумажного полотна.

В прессах с удлиненной зоной прессования применяются трехслойные сукна, способные поглощать и переносить через зону прессования большие количества воды.

В качестве материалов для волокон, используемых при изготовлении сукон, применяют полиамиды (нейлон, капрон, силон и т. д.), резе полиэфиры (диолон, терилон, лавсан и т. д.) и полиакриды (долан, редон, уралон и т. д.). Полиамидные волокна имеют наиболее высокую прочность при растяжении и изгибе, высокую износостойкость и устойчивость к действию щелочей. К их недостаткам можно отнести чувствительность к кислотам и невысокую термостойкость. Полиэфирные волокна при меньшей прочности на растяжение и изгиб, а также пониженной износостойкости обладают худшей растяжимостью и более высокой термостойкостью. Все синтетические волокна невосприимчивы к микроорганизмам, не повреждаются молью.

Основными физическими свойствами сукон, характеризующими их способность работать при тех или иных условиях, являются: масса 1 м^2 , воздухопроницаемость, обычно измеряемая при перепаде давления 100 Па, водопроницаемость, измеряемая при градиенте давления 60 кН/м, толщина, материал и диаметр волокон.

Для оценки способности сукна транспортировать из зоны прессования воду используют величину влагосодержания сукна в сжатом состоянии (например, влагосодержание сукна в середине зоны прессования, образованной стальными валами диаметром 1000 мм при линейном давлении 90 кН/м). Для большинства современных сукон эта величина составляет 0,3...0,5 кг/кг. Производство ее на массу сукна определяет количество воды, переносимое сукном через зону прессования. Прессовые сукна с низким значением влагосодержания называют сжимаемыми, с высоким значением — несжимаемыми.

При выборе сукна следует учитывать и его жесткость. Применение более жестких сукон уменьшает ширину зоны прессования и увеличивает максимальное и среднее давления в зоне. Более мягкие сукна при прочих рав-

ных условиях позволяют увеличить продолжительность прессования, но при этом уменьшают давление. Для количественной оценки жесткости сукна можно использовать индекс твердости. Индекс твердости пропорционален максимальному давлению в зоне, которое возникает при сжатии сукна в плоском плитном прессе при условиях, идентичных прессованию между гладкими валами диаметрами 1000 мм и линейном давлении 75 кН/м. Чем тверже сукно, тем больше максимальное давление и, следовательно, выше сухость полотна в середине зазора. На твердость сукна оказывают влияние два основных фактора: масса сукна и его сжимаемость.

Увеличение массы 1 м^2 сукон и их жесткости осложнило процесс их замены на машине. Решением этой проблемы стало появление сукон со швом. К сукнам такого типа относятся, например, сукна семейства Seam-Tech компании «Albany Int». Они имеют развес $1000...2500 \text{ г/м}^2$, толщину от 2,8 до 6,0 мм. Сукна могут работать практически на любых позициях прессовой части машин, вырабатывающих разнообразные виды бумаги и картона. Концы этих сукон снабжены короткими и жесткими петлями. Соединение концов сукна осуществляется при помощи соединительного тросика, продеваемого через два ряда этих петель. Дальнейшим развитием ламинатных сукон стали сукна, в которых один из каркасов представляет собой перфорированную полиуретановую мембрану. Форма, диаметр и шаг отверстий мембраны выбираются с учетом требуемой проницаемости сукна и равномерности распределения давления. Сукном такого типа является сукно Apertech, верхний каркас которого представляет собой мембрану толщиной 0,5 мм с отверстиями диаметром 1,4 мм и массой 360 г/м^2 . Живое сечение мембраны составляет 33 %.

1.10.10. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ПРЕССОВЫХ СУКОН

При прессовании в зоне контакта валов в сукно вместе с вытесняемой из бумажного полотна водой переходят твердые частицы (мелкие волокна, наполнитель и т. д.), проклеивающие вещества, влагопрочные смолы. Задерживаясь в порах сукна, эти частицы уменьшают объем порового пространства сукна, что ведет к снижению его проницае-

мости. Особенно опасно неравномерное забивание сукна по ширине, ведущее к появлению на бумажном полотне мокрых полос. В результате на бумаге в сушильной части образуются морщины и неизбежна пересушка бумаги для устранения участков с повышенной влажностью. Для поддержания сукна в нормальном рабочем состоянии применяются различные системы кондиционирования. Процесс кондиционирования обычно включает три основных этапа:

- 1) обработку сукна с целью отделения загрязняющих частиц от волокон;
- 2) предотвращение повторного соединения отделенных частиц с волокнами сукна;
- 3) удаление загрязняющих веществ и обеспечение требуемой влажности сукна перед входом в зону контакта.

Расположение элементов системы кондиционирования сукна показано на рис. 1.162. Для отделения загрязняющих частиц на 1-м этапе используют sprыски высокого давления (СВД). На 2-м этапе при помощи sprысков низкого давления (СНД) подают большое количество воды. На 3-м этапе избыточная вода вместе с загрязняющими частицами удаляется при помощи отсасывающих щелевых сукномоек. СВД обычно состоит из sprысковой трубы, в которую на определенном расстоянии ввариваются бобышки с наружной или внутренней резьбой, на которую навинчиваются насадки сопел, обеспечивающие струю игольчатой или веерной формы. Отделение загрязняющих веществ происходит за счет кинетической энергии струи воды, ударяющейся о поверхность сукна. При ударе разрушается связь между загрязняющими частицами и волокнами сукна, загрязнения вымываются на поверхность, с которой удаляются затем отсасывающими сукномойками.

Эффективность кондиционирования во многом определяется расположением sprыска относительно сукна. При использовании шерстяных сукон sprыски обычно распола-

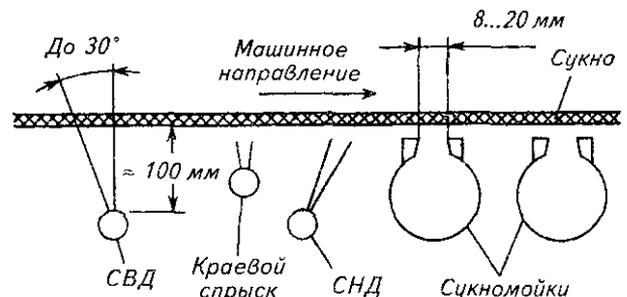


Рис. 1.162. Расположение элементов системы кондиционирования прессового сукна

гали с внутренней стороны сукна. При этом давление воды принимали таким, чтобы струя воды «пробивала» сукно. Это обеспечивало вымывание загрязнений из сукна на его лицевую сторону, после чего они удалялись сукномойками, устанавливаемыми на лицевой, соприкасающейся с бумажным полотном, стороне сукна. Такая установка sprays уменьшала опасность повреждения лицевой стороны сукна. При применении иглопробивных многослойных сукон необходимо очень высокое давление воды в sprays, чтобы при его расположении внутри сукна энергия струи воды оказалось бы достаточной для вымывания загрязнений на наружную поверхность. Кроме того, конструкция современных прессовых сукон такова, что наименьшие размеры имеют поры лицевого слоя ватки, в котором в основном и скапливаются загрязняющие вещества. Если же эти загрязнения проходят через этот слой, то рано или поздно они будут удалены из сукна вместе с выжимаемой из него в зоне контакта валов водой. Поэтому в современных системах кондиционирования СВД располагают с лицевой стороны сукна, и их задача — разрыхлить верхний слой ватки для облегчения удаления скопившихся в нем загрязнений. Установка СВД внутри сукна иногда применяется при выработке тонких видов бумаг, когда решающее значение имеет однородность поверхности лицевой стороны сукна. Струя sprays должна иметь небольшой наклон против хода сукна (20...40°). В большинстве случаев эти sprays снабжены игольчатыми соплами, но иногда применяют и веерные сопла с углом веера 30°. Диаметр отверстий игольчатых сопел 0,7...1,0 мм, веерных — 1,0...1,5 мм. При больших диаметрах отверстий возрастает опасность повреждения сукна. Давление воды — 1,0...1,5 МПа при постоянной работе sprays и может достигать 4 МПа при периодической работе. Обычно в начале работы сукна давление воды почти в два раза ниже, чем к концу срока его службы, когда оно уплотнено и поры его частично забиты. Рекомендуемый расход воды при давлении 2,5 МПа для сопел с диаметром 0,7 мм — 5 л/мин на 1 м ширины сукна, с диаметром 1,0 мм — 12 л/мин.

Большое влияние на эффективность работы СВД оказывает также расстояние от sprays до сукна. Обычно оно составляет 100...150 мм, так как на таком расстоянии струя сохраняет еще компактную форму.

Скорость движения СВД по ширине машины колеблется от 6 мм/мин на длинных сук-

нах тихоходных машин и до 100...150 мм/мин на сукнах высокоскоростных машин. Расстояние между отверстиями насадок обычно 150...200 мм. Величина хода sprays по ширине машины принимается в два раза больше расстояния между отверстиями соседних насадок. Это гарантирует 100%-ную промывку сукна даже при забивании отдельных насадок.

Для равномерного покрытия поверхности сукна струей воды скорость перемещения СВД должна быть согласована со скоростью машины, длиной сукна, расстоянием между крайними положениями насадки. Для способа очистки «струя за струей», при котором за один пробег сукна sprays перемещается только на ширину очищенной полосы, скорость осцилляции $v_{\text{СП}}$ можно рассчитать по формуле

$$v_{\text{СП}} = \frac{v_{\text{М}}}{L_{\text{С}}} e, \text{ мм/мин}, \quad (1.82)$$

где $v_{\text{М}}$ — скорость машины, м/мин; $L_{\text{С}}$ — длина сукна, м; e — ширина очищенной полосы (ширина струи в месте соприкосновения струи с поверхностью сукна), мм.

Необходимое время очистки T , за которое игольчатая струя покрывает всю поверхность сукна, будет в этом случае равно

$$T = \frac{aL_{\text{С}}}{ev_{\text{М}}}, \text{ мин}, \quad (1.83)$$

где a — расстояние между соплами, мм.

При данном способе очистки скорость осцилляции должна быть очень малой. В тех случаях, когда используются механизмы, работающие на более высоких скоростях, струя sprays оставляет на сукне «клетчатый» рисунок. В этом случае для расчета скорости механизма осцилляции, при которой будет обеспечена сплошная промывка сукна, можно воспользоваться следующими соображениями. Обозначим расстояние между крайними положениями отдельной насадки — h (мм). Предположим, что за время T насадка совершит $N_{\text{СП}}$ полных циклов перемещения, а сукно за это же время сделает $N_{\text{С}}$ пробогов. Тогда в следующий промежуток времени T насадка будет повторять траекторию своего движения относительно сукна. При этом наибольшее расстояние δ между соседними участками траектории движения насадки при четном числе пробогов сукна будет равно

$$\delta = \frac{2h}{N_c}, \text{ мм.} \quad (1.84)$$

Если же число пробегов нечетное, то в знаменатель вместо N_c надо подставить N_{c-1} .

Для равномерной промывки сукна необходимо, чтобы расстояние между соседними участками траектории насадки, измеренное по нормали, было бы равно ширине очищающей струи e :

$$e = \frac{2hv_M}{N_c \sqrt{v_M^2 + v_c^2}} \approx \frac{2h}{N_c}. \quad (1.85)$$

В этой формуле скорости имеют одинаковую размерность. Отсюда можно найти необходимое число пробегов сукна:

$$N_c = \frac{2h}{e}. \quad (1.86)$$

Время полной промывки сукна будет равно

$$T = \frac{2hN_{сп}}{v_{сп}} = \frac{L_c N_c}{v_M}, \text{ мин.} \quad (1.87)$$

Скорость насадки можно найти, задавшись числом циклов перемещения насадки $N_{сп}$

$$v_{сп} = \frac{2hN_{сп}v_M}{N_c L_c}. \quad (1.88)$$

Пусть, например, длина сукна $L_c = 20$ м, скорость машины $v_M = 600$ м/мин, расстояние между насадками $h = 200$ мм, диаметр отверстия сопла 1 мм. Тогда, если учесть, что струя в месте соприкосновения с сукном оставляет очищенную полосу $e \approx 2$ мм, для способа очистки «струя за струей» получим значение скорости осцилляции 60 мм/мин, необходимое время очистки будет равно 3,3 мин. При втором способе потребуется 200 пробегов сукна. Время полной очистки составит 400 мин. Скорость осцилляции при числе циклов перемещения насадки, равном 100, составляет 100 мм/мин, при 200 циклах она будет равна 200 мм/мин. Таким образом, при втором способе скорость механизма осцилляции может быть значительно больше, но соответственно возрастает и время, необходимое для промывки.

В настоящее время наибольшее применение получили линейные и гидравлические механизмы осцилляции. В линейных механизмах преобразование вращательного движения в равномерное поступательное осуществляется с помощью передачи «винт—гайка». В зависимости от типа редуктора механизм осцил-

ляции может работать в диапазоне скоростей от 5 до 400 мм/мин. В гидравлических механизмах возвратно-поступательное движение осуществляется при помощи гидравлического цилиндра двойного действия. Клапан переключения обеспечивает мгновенное изменение направления движения в конечных положениях spryska. Скорость осцилляции может изменяться в пределах от 20 до 1500 мм/мин.

Насосы для СВД подбирают по максимальному давлению и расходу. При давлении менее 2 МПа применяют центробежные насосы, при большем давлении — поршневые. Эффективность работы spryska можно повысить, используя горячую воду. Желательно, чтобы температура воды составляла 40...60 °С.

Обычно в sprysках используют отфильтрованную водопроводную воду. Однако даже в этом случае возможно забивание отверстий spryska. Поэтому применяют sprysки, способные самоочищаться. Например, известна конструкция sprysка, в котором с этой целью применена эластичная мембрана. Для получения игольчатой струи в центральной части мембраны имеется утолщение, в котором рассверлено отверстие. При забивании отверстия давление над мембраной повышается и мембрана деформируется. В результате частицы загрязнений вместе с водой выходят через отверстие.

На втором этапе, перед сукномойками, сукно обрабатывается большим количеством очищенной оборотной или свежей воды, что позволяет предотвратить повторное осаждение загрязняющих веществ на волокна сукна и облегчает его очистку. Для подачи воды на сукно применяются sprysки низкого давления, создающие веерообразную струю. Угол веера sprysков чаще всего равен 40...60°. Давление воды в таких sprysках составляет обычно 0,2...0,4 МПа. Расход воды зависит от массы сукна и положения пресса в прессовой части и обычно составляет 10...12 л/мин на каждый метр сукна. Расход воды зависит от позиции пресса в прессовой части. Для сукон первых прессов, принимающих из бумаги большое количество воды, а следовательно, и большое количество загрязнений, требуется больший расход воды, чем для сукон последующих прессов. Применение веерообразной струи обеспечивает смачивание большей площади поверхности сукна. Расстояние между соплами sprysка низкого давления обычно составляет 100...250 мм в зависимости от расстояния от сукна, которое также лежит в этом диапазоне. Поскольку ни один

тип веерного spryska не обеспечивает равномерного распределения воды, то желательное применение осциллирующих spryskov.

При применении двух сукномоек с целью предотвращения оплавления сукна между spryskami также должен быть установлен sprysk низкого давления. Расход воды в этом spryske устанавливается меньше и обычно равен 5 л/мин на метр ширины сукна. Чаще всего эти spryski неподвижны.

На третьем этапе вода, содержащая загрязнения, удаляется из сукна. В современных прессах это делается при помощи отсасывающих сукномоек. Простейшая сукномойка состоит из трубчатого корпуса, имеющего сквозную щель на стороне, соприкасающейся с сукном. Под действием вакуума, создаваемого в корпусе сукномойки при помощи вакуум-насосов, из сукна отсасывается вода. Вместе с этой водой удаляются и загрязнения. Одновременно повышается и сухость сукна. На эффективность работы сукномойки решающее влияние оказывают два фактора: величина разрежения и ширина щели сукномойки.

Величина вакуума определяет перепад давления на сукне, от которого зависит количество удаляемой воды и загрязнений. Ширина щели определяет продолжительность действия перепада давления на сукно. При большой ширине щели из сукна удаляется большее количество воды, но под действием вакуума сукно втягивается внутрь щели, что ведет к более интенсивному изнашиванию его кромками планок щели. Ширина щели зависит, в первую очередь, от скорости машины. Практика показала, что в большинстве случаев для нормальной работы сукномойки необходимо, чтобы сукно находилось над щелью в течение 2...4 мс. При этом ширина щели должна находиться в пределах от 8 до 16 мм. Оптимальные значения — 10...14 мм. Скорость просасываемого через сукно воздуха в системе должна быть около 10 м/с. По этим значениям можно выбрать необходимое число щелей и производительность вакуум-насоса. Так, при скорости 600 м/мин общая ширина щелей сукномоек должна быть $0,003 \text{ с} \times 10 \text{ м/с} = 0,03 \text{ м}$ (30 мм). Следовательно, при ширине одной щели 10 мм потребуется установка трехщелевой сукномойки. Суммарный расход воздуха составит на 1 м ширины сукна $1 \times 0,03 \times 10 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ (18 м³/мин).

Применение более узких щелей приводит к образованию «мостиков» или забиванию щели мелким волокном и частицами наполнителя. Рекомендуемые значения ширины

Таблица 1.97
Влияние скорости машины на ширину щели трубчатых сукномоек

Скорость машины, м/мин	Суммарная ширина щели, мм
До 300	12
От 300 до 450	15
От 450 до 600	20
От 600 до 750	25
От 750 до 900	30
От 900 до 1050	35
От 1050 до 1400	40
Св. 1400	46...50

щели при разных скоростях машины приведены в табл. 1.97 [98].

Разрежение в корпусе сукномойки должно быть не менее 127 мм рт. ст. Расход просасываемого через сукно воздуха зависит, в первую очередь, от конструкции сукна. Для сукон с более открытой структурой типа «ватка на сетке» требуется больший расход воздуха, чем для более плотных сукон типа «ватка на основе». Обычно расход воздуха составляет 660...970 м³/(мин·м²). Скорость воздуха в трубопроводе обычно равна 18...20 м/с до сепаратора и 28...30 м/с после сепаратора. Крайне важно правильно выбрать диаметр корпуса сукномойки. Рекомендуемые значения диаметров приведены в табл. 1.98 [98].

В качестве вакуум-насосов применяются жидкостные кольцевые вакуумные насосы и турбовоздуходувки. Первые характеризуются постоянным расходом воздуха, вторые — постоянным вакуумом. Желательно, чтобы каждое сукно имело собственный вакуум-насос. Одна из схем соединения жидкостного вакуум-насоса с отсасывающими сукномой-

Таблица 1.98
Влияние расхода воздуха на диаметр корпуса сукномойки

Расход воздуха, м ³ /мин	Диаметр корпуса сукномойки, мм
20	150
34	200
54	250
79	300
110	350
160	400
230	450
290	500

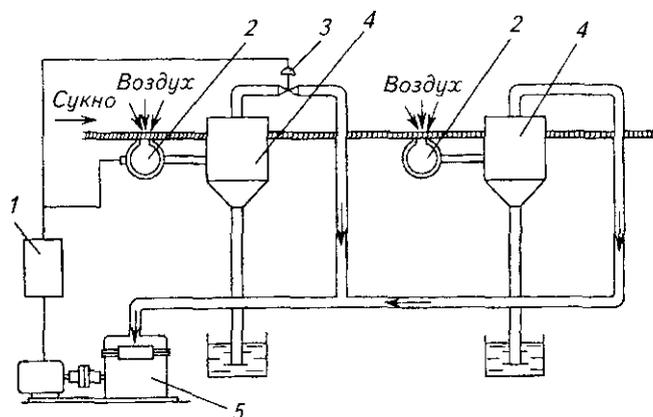


Рис. 1.163. Схема соединения вакуум-насоса с сукномойками:

1 — щит управления; 2 — сукномойки; 3 — клапан; 4 — сепараторы; 5 — вакуумный насос

ками, установленными на одном сукне, показана на рис. 1.163 [99].

Поскольку новое сукно характеризуется высокой проницаемостью, в начальный период работы сукна первая сукномойка отключена от источника разрежения при помощи управляемого клапана. После снижения проницаемости сукна вследствие его забивания мелким волокном и наполнителем вакуум возрастает, и при этом увеличивает-

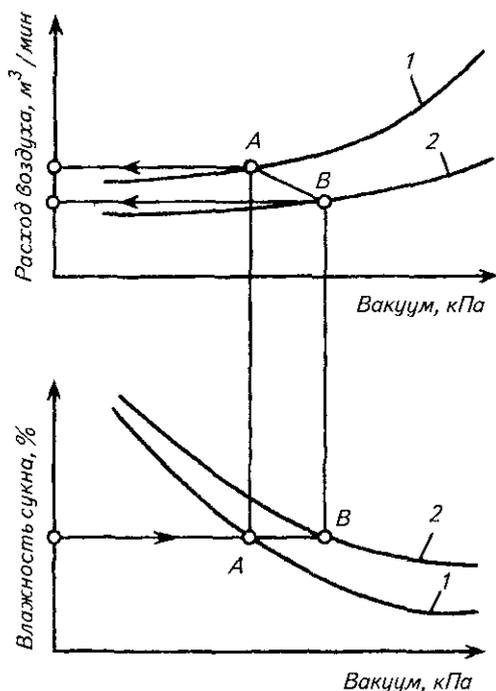


Рис. 1.164. Определение характеристики вакуумного насоса для системы кондиционирования прессового сукна:

1 — новое сукно; 2 — старое сукно

ся расход энергии на привод насоса. Подключение первой сукномойки к системе позволяет уменьшить вакуум и тем самым снизить расход энергии.

Для выбора вакуумного насоса необходимо иметь характеристики нового и старого сукна. При одинаковых значениях влажности сукна в начальный и последующий периоды его работы в качестве характеристики вакуумного насоса может быть принята кривая АВ (рис. 1.164) [100].

1.10.11. ПРЕССОВЫЕ ЧАСТИ СОВРЕМЕННЫХ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ И КАРТОНДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Современные БДМ и КДМ, как правило, специализируются на выработке определенного вида продукции, требования к качеству которой определяют конструктивные особенности машины. Эффективность обезвоживания бумажного полотна, как отмечалось ранее, определяется сопротивлением сжатию волокнистого скелета и сопротивлением фильтрации воды в сжимаемом полотне. Для некоторых видов бумаги решающим фактором является сопротивление сжатию бумажного полотна. Это, например, санитарно-гигиенические виды бумаги, высококачественная бумага массой до 100 г/м^2 , включая офсетную и др. Поскольку проницаемость этих видов бумаги велика и в сжатом состоянии, то гидравлическое давление в порах полотна мало даже при больших внешних нагрузках. Поэтому для этих видов продукции применяют прессы с относительно «жесткой» зоной контакта валов, образуемой, например, гранитным валом и желобчатым валом с рубашкой из коррозионно-стойкой стали без резинового покрытия. Учитывая малую массу 1 м^2 таких видов бумаги, а следовательно, и сравнительно небольшое количество воды, удаляемой при прессовании, в таких прессах применяют легкие, но жесткие сукна. Большое значение на конечную сухость в этом случае оказывает повторное увлажнение бумаги на выходной стороне зоны прессования. В связи с этим на тихоходных и среднескоростных машинах, вырабатывающих данные виды продукции, не применяется прессование между двух сукон. Для уменьшения обратного впитывания применяют сукна с тонкими волокнами ватки на лицевой стороне сукна.

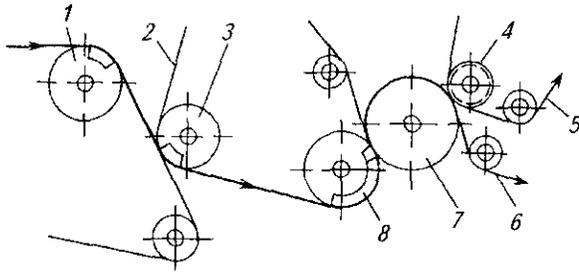


Рис. 1.165. Схема Twinver пресса:

1 — гауч-вал; 2 — сукно пикап; 3 — пересасывающий вал; 4 — верхний желобчатый вал; 5 — сукно; 6 — бумажное полотно; 7 — гранитный вал; 8 — отсасывающий вал

К видам бумаги, на обезвоживание которых решающее влияние оказывает повышенное сопротивление полотна фильтрации воды, относится бумага, вырабатываемая из массы высокой степени помола, и бумага и картон с большой массой 1 м^2 . При прессовании такой бумаги следует, в первую очередь, увеличивать продолжительность прессования. Поэтому наиболее рациональным в данном случае является применение прессов с удлиненной зоной прессования. При использовании прессов валкового типа увеличить продолжительность прессования можно с помощью валов большего диаметра с более мягкими покрытиями и более тяжелых сукон. Целесообразно прибегать к подогреву бумажного полотна.

Прессовая часть большей части современных машин состоит из компактного многовального пресса с тремя или четырьмя зонами прессования, после которого при необходимости может устанавливаться один или два

отдельно стоящих двухвальных пресса. Из наиболее часто применяемых схем прессовых частей можно назвать следующие: Twinver пресс, Tri-Vent пресс, Tri-nip пресс, Bi-nip пресс, универсальный пресс.

Twinver пресс состоит из пересасывающего, отсасывающего, гранитного и желобчатого валов (рис. 1.165). Пресс позволяет уменьшить сеточную маркировку, поскольку сеточная сторона бумажного полотна в двух захватах контактирует с гладкой поверхностью гранитного вала. В третьей зоне прессования с гладкой поверхностью контактирует верхняя сторона бумаги. Достоинством является также то, что первая открытая проводка бумажного полотна происходит после двух зон прессования. Пресс обеспечивает легкое удаление брака. Недостатками данной конструкции являются: возможность образования воздушных пузырей перед третьей зоной прессования и опасность обрыва на открытом участке между второй и третьей зонами прессования.

Tri-nip пресс состоит из пересасывающего вала и многовального пресса, образованного двумя желобчатыми, отсасывающим и гранитным валами (рис. 1.166). Вместо гранитного вала часто применяется гладкий вал с покрытием из заменителя гранита. В первой зоне, образованной нижним желобчатым и отсасывающим валами, прессование происходит между двух сукон. Во второй зоне, образованной отсасывающим и гранитным валами, и в третьей зоне, образованной гранитным и верхним желобчатым валами, бумажное полотно прессуется с одним сук-

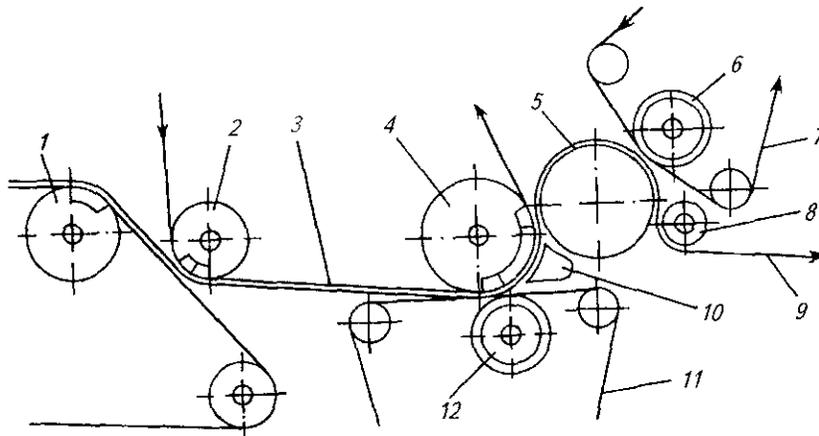


Рис. 1.166. Схема Tri-nip пресса с паровой камерой:

1 — гауч-вал; 2 — пересасывающий вал; 3 — сукно пикап; 4 — отсасывающий вал; 5 — гранитный вал; 6, 12 — желобчатые валы; 7 — верхнее сукно; 8 — бумаговедущий валик; 9 — бумажное полотно; 10 — паровая камера; 11 — нижнее сукно

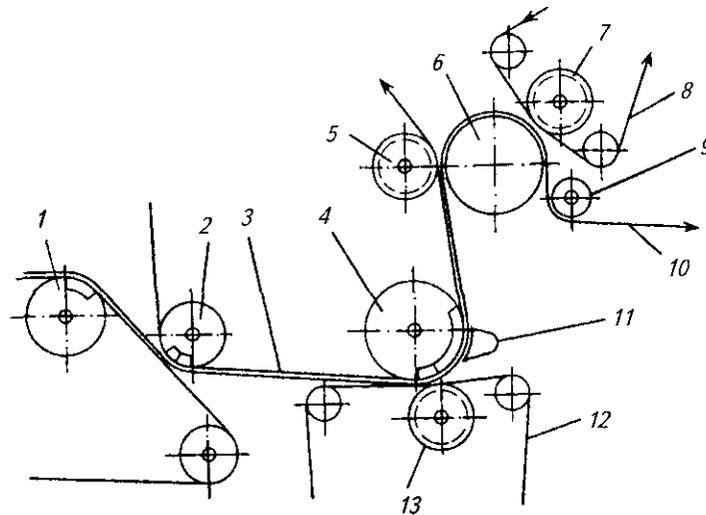


Рис. 1.167. Схема Tri-nip пресса с дополнительным желобчатым валом:

1 — гауч-вал; 2 — пересасывающий вал; 3 — сукно пикап; 4 — отсасывающий вал; 5, 7, 13 — желобчатые валы; 6 — гранитный вал; 8 — верхнее сукно; 9 — бумаговедущий валик; 10 — бумажное полотно; 11 — паровая камера; 12 — нижнее сукно

ном. Достоинством пресса является то, что первая открытая проводка полотна происходит только после третьей зоны прессования, где бумажное полотно обладает уже достаточно высокой прочностью. Для повышения эффективности обезвоживания напротив второй камеры отсасывающего вала возможна установка паровой камеры. Однако при этом надо учитывать и повышение температуры гранитного вала. Это опасно как из-за возникновения температурных напряжений, способных привести к разрушению вала, так и из-за пересыхания поверхности вала и нарушения нормальной работы шаберов.

Недостатком Tri-nip пресса является высокая нагрузка на отсасывающий вал, обус-

ловленная его контактом с двумя валами. Это требует увеличения толщины рубашки вала или уменьшения живого сечения поверхности по сравнению с обычными отсасывающими валами. Более высокие требования предъявляются и к покрытию вала. Оно должно иметь достаточно высокую твердость, чтобы уменьшить потери на гистерезис и, следовательно, уменьшить разогрев покрытия.

Разновидностью рассматриваемой компоновки, позволяющей устранить эти недостатки, является схема Vi-nip пресса, приведенная на рис. 1.168. Гранитный вал поднят здесь над отсасывающим валом, а вторая зона прессования образована желобчатым и гранитным валами. Это позволяет увели-

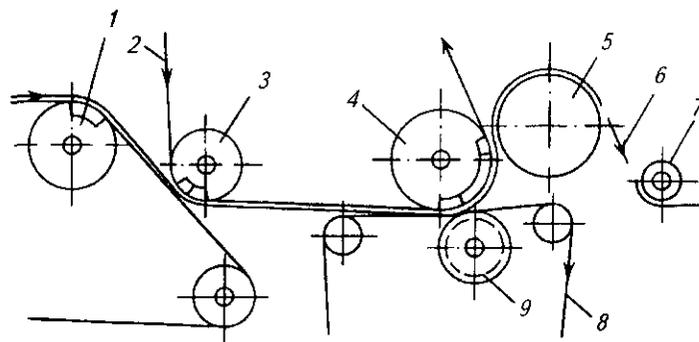


Рис. 1.168. Схема Vi-nip пресса:

1 — гауч-вал; 2 — сукно пикап; 3 — пересасывающий вал; 4 — отсасывающий вал; 5 — гранитный вал; 6 — бумажное полотно; 7 — бумаговедущий валик; 8 — нижнее сукно; 9 — желобчатый вал

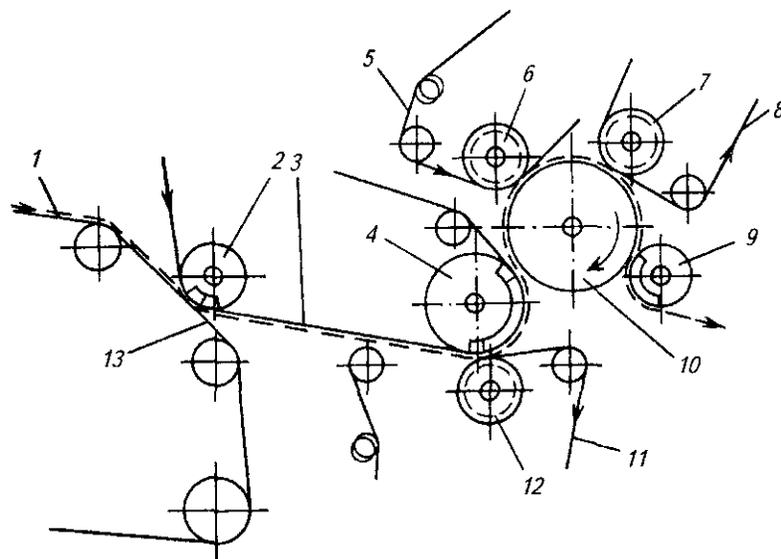


Рис. 1.169. Схема Tri-Vent пресса:

1 — бумажное полотно; 2 — пересасывающий вал; 3 — сукно пикап; 4 — отсасывающий вал; 5, 8 — верхние сукна; 6, 7, 12 — желобчатые валы; 9 — бумаговедущий вал; 10 — гранитный валик; 11 — нижнее сукно; 13 — сетка

чить давление во второй и в третьей зонах прессования. При этом уменьшается опасность чрезмерного нагрева гранитного вала при установке паровой камеры у отсасывающего вала, однако необходимо установить дополнительный желобчатый вал. Следует отметить, что в обоих вариантах имеет место разносторонность вырабатываемой бумаги, поскольку ее сеточная сторона соприкасается с гранитным валом два раза, а лицевая — ни разу.

Для уменьшения разносторонности прессовая часть, содержащая Tri-nip пресс, часто оснащается отдельно стоящим двухвальным прессом. Такая прессовая часть используется на высокоскоростных машинах, вырабатывающих писче-печатные виды бумаги. Типичные значения давления в зонах прессования составляют 65, 80 и 120 кН/м.

Модификацией Tri-nip пресса является Vi-nip пресс (рис. 1.168), отличающийся отсутствием верхнего желобчатого вала. Посколь-

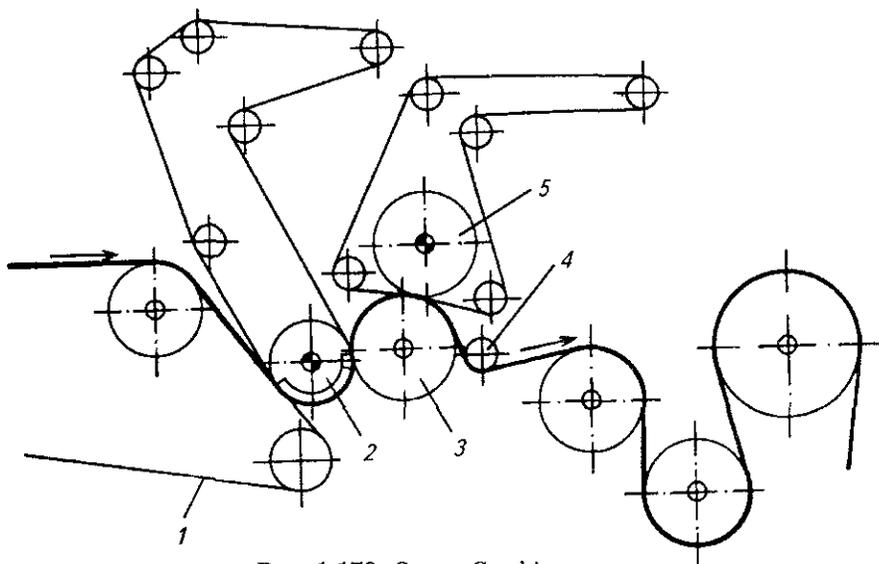


Рис. 1.170. Схема Combi пресса:

1 — сетка; 2 — отсасывающий вал; 3 — гранитный вал; 4 — бумаговедущий валик; 5 — желобчатый вал

ку перед первым участком свободной проводки бумажного полотна в этом случае имеется только две зоны прессования, эту схему целесообразно применять при выработке легко обезвоживаемых видов бумаги и картона.

На высокоскоростных машинах, вырабатывающих газетную бумагу, хорошо зарекомендовала себя схема Tri-vent пресс. В этой схеме, в отличие от схемы Tri-nip прессы, на гранитном валу установлен третий желобчатый вал с собственным сукном (рис. 1.169). Первая свободная проводка бумажного полотна происходит после четырех зон прессования. Поэтому опасность обрывов даже при работе на высоких скоростях мала.

Большое распространение получили универсальные прессы, отличающиеся компактной конструкцией, например, трехвальный Combi пресс (рис. 1.170). В этом прессе первый вал отсасывающий с двумя камерами — широкой и узкой. Второй вал гранитный, третий — желобчатый. Первый и третий валы —

приводные. Преимуществами этого прессы являются: способность работать с бумагой разной массы 1 м^2 ; нет опасности отделения бумажного полотна от сукна ликап; повышение гладкости сеточной стороны; легкость удаления брака. При необходимости в прессовую часть может быть добавлен отдельно стоящий пресс. В последнее время в этом качестве часто используется пресс с валами большого диаметра, что позволяет существенно повысить сухость после прессовой части.

С увеличением скорости машин и содержания в композиции бумаги и картона полуфабрикатов высокого выхода и макулатуры возникла необходимость в существенном увеличении продолжительности прессования. Кроме того, при больших скоростях возникает опасность обрывов бумажного полотна вследствие возрастания его натяжения под действием центробежных сил. Применение в прессовых частях башмачных прессов позволило избежать этой опасности (см. выше).

1.11. СУШКА БУМАГИ

1.11.1. ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Сушка бумаги является термическим способом обезвоживания бумажного полотна, в результате которого влажность бумаги снижается до равновесной, а также происходит ее усадка по длине, толщине и ширине. В результате сушки волокна сближаются и между ними устанавливаются связи, определяющие физико-механические свойства бумажного листа. При сушке завершаются процессы проклейки и окраски бумаги. Сушильная часть может оборудоваться устройствами для поверхностной проклейки, микрокрепирования, мелования, полусырого каландрирования с целью придания продукции необходимых потребительских свойств.

Сушка является весьма энергоемким процессом, а сушильная часть — наиболее громоздкая и металлоемкая по сравнению с другими частями бумагоделательной машины.

Виды влаги в бумаге. Общая влага в волокнистом материале состоит из внешней свободной влаги, находящейся в пространствах между волокнами и на их поверхности, внутренней свободной влаги, находящейся в полостях волокна, и связанной влаги, заключенной в его стенках.

Основными видами связи влаги с коллоидными капиллярно-пористыми телами являются следующие:

капиллярная влага (влага микрокапилляров, влага макрокапилляров и влага смачивания);

адсорбционно связанная (гидратационная) влага;

осмотически связанная или структурная влага (влага набухания).

Влажность бумаги. Относительная влажность W_o — это отношение массы влаги $g_{вл}$, содержащейся в бумаге, к массе влажной бумаги $g_{с. б}$, выраженное в процентах:

$$W_o = \frac{g_{вл}}{g_{с. б}} 100\% = \frac{g_{вл. б} - g_{с. б}}{g_{вл. б}} 100\%, \quad (1.89)$$

где $g_{с. б}$ — масса а. с. бумаги.

Абсолютная влажность бумаги W_a — это отношение массы влаги $g_{вл}$, содержащейся в бумаге, к массе а. с. бумаги $g_{с. б}$, выраженное в процентах:

$$W_a = \frac{g_{вл}}{g_{с. б}} 100\% = \frac{g_{вл. б} - g_{с. б}}{g_{с. б}} 100\%. \quad (1.90)$$

Влагосодержание бумаги — это отношение массы влаги $g_{вл}$, содержащейся в бумаге, к массе а. с. бумаги $g_{с. б}$:

$$u = \frac{g_{вл}}{g_{с. б}}, \text{ кг/кг}. \quad (1.91)$$

В целлюлозно-бумажной промышленности пользуются понятием сухости (концентрации) бумажного полотна, которое представляет собой отношение массы а. с. бумаги $g_{с. б}$ к массе влажной бумаги $g_{вл. б}$, выраженное в процентах:

$$S = \frac{g_{с. б}}{g_{вл. б}} 100\% = \frac{g_{с. б}}{g_{с. б} + g_{вл}} 100\%. \quad (1.92)$$

Очевидно, что

$$W_o + S = 100\%. \quad (1.93)$$

Между приведенными параметрами существуют следующие зависимости:

$$u = \frac{W_a}{100} = \frac{W_o}{100 - W_o} = \frac{100 - S}{100}, \text{ кг/кг}. \quad (1.94)$$

Производительность бумагоделательной машины по а. с. бумаге (брутто) (далее будет использоваться термин «производительность бумагоделательной машины») равна

$$G_m = 60 w_m B_{II} \rho_{с. б}, \text{ кг/ч}, \quad (1.95)$$

где w_m — скорость машины, м/мин; B_{II} — обрезная ширина бумажного полотна, м; $\rho_{с. б}$ — масса 1 м² бумаги, кг/м².

Количество влаги, удаляемой в сушильной части бумагоделательной машины, равно

$$M_{вл} = G_m (u_0 - u_2), \text{ кг/ч}, \quad (1.96)$$

где u_0 , u_2 — начальное и конечное влагосодержание бумажного полотна соответственно, кг/кг.

Равновесная влажность бумаги. При длительном соприкосновении бумажного полотна с воздухом устанавливается равновесие между влажным материалом и водяным паром в окружающем воздухе. Количество влаги, содержащейся в бумажном полотне, зависит от природы и структуры материала, температуры и влажности окружающего воздуха, способа достижения равновесия. При изменении одного из параметров изменяется и равновесное влагосодержание материала. Графическая зависимость между равновесным влагосодержанием бумаги и окружающим

воздухом называется изотермами сорбции и десорбции.

Если бумага в процессе установления равновесия отдавала влагу, то равновесие было достигнуто за счет десорбции, или сушки. Если же бумага поглощала влагу, то равновесие достигнуто за счет сорбции, или увлажнения. При изменении относительной влажности окружающего воздуха изменяется и влагосодержание бумаги (табл. 1.99).

Знание изотерм сорбции и десорбции имеет большое практическое значение, потому что, если бумагу высушивать до влажности ниже равновесной, то через некоторое время она все равно приходит в состояние равновесной влажности и, таким образом, часть энергии на сушку окажется израсходованной бесполезно.

Усадка бумажного полотна. В процессе сушки размеры бумажного полотна уменьшаются во всех трех направлениях [18]. Величина усадки бумажного полотна по длине ε_l , ширине ε_b и толщине ε_c равна

$$\varepsilon_l = \frac{l-l'}{l} 100 \% = \left(1 - \frac{l'}{l}\right) 100 \% ; \quad (1.97)$$

$$\varepsilon_b = \frac{b-b'}{b} 100 \% = \left(1 - \frac{b'}{b}\right) 100 \% ; \quad (1.98)$$

$$\varepsilon_c = \frac{c-c'}{c} 100 \% = \left(1 - \frac{c'}{c}\right) 100 \% , \quad (1.99)$$

где l, b, c — размеры бумажного полотна до усадки, м; l', b', c' — размеры бумажного полотна после усадки, м.

Объемная усадка бумажного полотна

$$\varepsilon_V = \frac{V-V'}{V} 100 \% = \left(1 - \frac{V'}{V}\right) 100 \% , \quad (1.100)$$

где V — объем материала до усадки; V' — объем материала после усадки.

Объемная усадка ε_V , выраженная через усадку по длине, ширине и толщине полотна следующим образом:

$$\begin{aligned} \varepsilon_V &= \left(1 - \frac{l'b'c'}{lbc}\right) 100 \% = \\ &= [1 - (1 - \varepsilon_l)(1 - \varepsilon_b)(1 - \varepsilon_c)] 100 \% . \quad (1.101) \end{aligned}$$

Экспериментальные исследования показывают, что при конвективной сушке картона

Таблица 1.99

Равновесная влажность различных видов бумаги

Вид бумаги	Степень проклейки, мм	Объемная масса, г/см ³	Зольность, %	Равновесная влажность бумаги при относительной влажности воздуха, %				
				40	55	65	75	85
Фильтровальная	—	0,50	—	5,90	6,80	7,80	8,40	11,0
Электролитическая	—	0,48	—	7,05	8,33	9,25	10,15	12,75
Газетная	—	0,56	5,0	7,80	8,60	9,05	10,40	12,20
Словарная А	0,25	0,80	21,0	4,60	5,30	6,0	6,50	8,60
Типографская № 2	0,25	0,64	14,0	6,40	7,0	8,10	8,70	10,50
Перфокарточная	0,50	0,91	—	6,80	7,55	8,30	9,30	11,30
Для глубокой печати	0,50	1,09	20,6	4,90	5,75	6,25	6,70	8,50
Спичечная «индиго»	0,75	0,68	3,5	7,30	8,0	9,10	10,50	12,0
Спичечная этикеточная	0,75	0,75	4,0	6,20	7,30	8,20	8,60	11,10
Обложечная для книг массой 160 г/м ²	0,75	0,80	8,0	7,60	8,90	10,0	10,80	12,50
Обложечная тетрадная	1,0	0,96	8,8	5,80	6,80	7,30	7,90	10,20
Крафт-бумага для гофры	1,0	0,58	—	7,10	8,30	9,20	9,90	12,60
Пергамин	1,0	0,71	—	6,27	8,33	9,12	9,60	12,40
Пачечная	1,25	0,58	8,0	7,60	8,70	9,60	10,20	12,20
Тетрадная № 2	1,25	0,80	8,7	6,60	7,40	8,30	9,0	10,80
Обойная	1,50	—	6,0	7,0	7,80	8,90	9,7	11,20
Писчая № 1	1,75	0,96	6,5	6,0	6,80	7,70	8,30	10,70
Карточная для почтовых переводов	2,0	0,74	6,1	6,30	7,40	8,50	9,60	11,0
Шпунтовая	2,0	0,85	4,0	6,30	7,90	9,10	10,10	12,10
Обложечная для книг массой 120 г/м ²	2,0	0,85	10,0	5,80	6,90	7,8	8,50	9,6
Рисовальная	2,0	0,62	8,0	6,0	6,70	7,60	8,20	9,70
Картографическая	2,0	0,96	5,0	5,70	6,70	7,30	8,0	10,10
Литографская № 1	2,0	0,77	8,9	6,10	6,80	7,50	8,30	9,90
Тетрадная № 1	2,0	0,87	7,4	5,80	6,80	7,80	8,10	10,20
Папиросная	—	0,63	—	7,20	7,80	8,90	9,30	11,50
Конденсаторная	—	1,30	—	8,20	9,30	10,20	11,0	14,30
Кабельная	—	0,70	1,0	7,02	8,20	9,40	9,90	12,80
Пергамент растительный	—	0,80	—	8,10	8,90	9,40	11,0	12,40

усадка по длине равна $\epsilon_l = 3,0...3,5\%$, а по толщине достигает 30%. Усадка по ширине материала больше, чем по длине, в 1,5...2,0 раза, что связано со структурными свойствами бумажного и картонного полотна.

По наблюдениям Д. М. Фляте, на более широких машинах при всех прочих равных услови-

ях, в частности, при выработке одного и того же вида бумаги, в большинстве случаев поперечная усадка при сушке больше, чем на узких машинах.

В табл. 1.100 приведены значения поперечной усадки разных видов бумаги на бумагоделательной машине.

Таблица 1.100

Общая поперечная усадка бумаги на бумагоделательной машине (по данным С. Н. Иванова)

Вид бумаги	Масса 1 м ² , г	Степень помола массы, °ШП	Общая поперечная усадка бумаги, %
Бумага с древесной массой			
Газетная	50	60...65	1,5...2,75
Писчая и для печати № 3	60...65	50...55	2,0...3,0
Писчая и для печати № 2	65	50...55	2,5...3,5
Обойная	80	45...50	2,5...3,5
Мундштучная	100	40...45	2,5...3,5
Шпильная	160...300	35...40	2,5...3,5
Бумага из сульфитной целлюлозы			
Писчая и для печати № 1	70	35...40	3,5...5,0
Литографская	120...180	32...40	3,5...4,5
Офсетная	120	32...35	3,5...4,5
Для глубокой печати	120	40	3,5...4,5
Рисовальная	130	32...35	3,5...4,5
Чертежная	160...200	35...40	4,0...5,0
Фотоподложка	130	35...40	4,0...5,0
Перфокарточная	175	22...25	3,0...3,5
Впитывающая с содержанием тряпичной полумассы			
Фильтровальная	70	24...28	1,5...2,0
Основа для фибры	70	35...40	2,0...2,5
Основа для пергамента	57	26...32	3,0...3,5
Жиронепроницаемая			
Пергамин для кальки	40	65...70	5,5...6,5
Подпергамент	55	70...75	6,0...8,0
Чертежная прозрачная	50	90...93	8,0...10,0
Тонкие			
Конденсаторная	8...15	94...98	8,0...12,0
Папиросная (с тряпичной полумассой)	16	85...90	4,5...6,0
Копировальная (с тряпичной полумассой)	16	85...90	4,5...6,0
Основа для парафинирования (из сульфитной целлюлозы)	22...28	75...78	5,0...6,0
То же из сульфатной целлюлозы	22...28	75...78	7,0...8,0
Тонкая пропиточная	20	32...35	3,5...4,5
Электроизоляционная			
Телефонная	40	50...55	7,0...8,0
Кабельная (0,12 мм)	100	35...40	5,0...6,5
Изоляционная пропиточная (0,12 мм)	—	18...20	2,5...3,0
Крафт-оберточная			
Тонкая	40	35	5,0...6,0
Мешочная	70...80	25...27	3,0...5,0
Основа для гофрирования	160	18	2,5...3,0
Высокосортная из тряпичной полумассы			
Высшая чертежная	200	65...70	5,0...6,0
Картографическая	90...110	40...45	4,0...5,0
Писчая высшего качества	80	50...55	4,0...5,0
Односторонней гладкости			
Афишная, билетная, салфеточная, этикеточная и др.	20...25	24...28	2,0...2,5
Оберточная	40...70	—	2,0...2,5

Если при конвективном подводе тепла величина усадки бумаги и картона практически не зависит от режима сушки, то при контактно-конвективной сушке с увеличением температуры цилиндров усадка полотна уменьшается. Опыты, проведенные нами, показали, что при температуре сушильных цилиндров $t_{ц} = 100^\circ\text{C}$ усадка картона массой 150 г/м^2 в продольном направлении составляет 2,8 %, а при температуре цилиндров $t_{ц} = 180^\circ\text{C}$ — 1,9 %. Во втором случае картон имеет большую воздухопроницаемость.

Необходимо отметить, что режим сушки оказывает существенное влияние на физико-механические показатели готовой продукции. Усадка во многом определяет такие показатели качества бумажного полотна как удлинение, сопротивление излому и продавливанию, важные для мешочной, электроизоляционной и некоторых других видов бумаги.

На многоцилиндровых контактно-конвективных сушильных установках усадка бумаги по толщине протекает беспрепятственно. Усадке по ширине бумажного полотна может препятствовать чрезмерное натяжение сушильных сукон (сеток), т. е. сильный прижим бумаги к поверхности сушильных цилиндров. Поэтому при выработке мешочной бумаги с некоторых верхних сушильных цилиндров иногда снимают сукна для создания условий, обеспечивающих более полную усадку.

Для компенсации усадки по длине бумажного полотна каждый сушильный цилиндр в идеальном случае должен бы иметь автономный привод, частота вращения которого по ходу бумажного полотна постепенно снижалась. Но практически это выполнить невозможно, поэтому несколько сушильных цилиндров объединяют в приводные группы в соответствии со свойствами бумажного полотна: чем больше усадка, тем больше число приводных групп и тем меньше в каждой приводной группе сушильных цилиндров.

Сопоставление затрат энергии при обезвоживании бумажного полотна. В сушильной части машины удаляется примерно 1,5 % всей влаги, подлежащей удалению из бумажного полотна на бумагоделательной машине (на быстроходных бумагоделательных машинах при сушке удаляется 300...400 т и более воды в сутки). Обезвоживание в сушильной части машины в 10...12 раз дороже, чем в прессовой, и в 60...70 раз дороже, чем обезвоживание на сеточном столе.

Повышение относительной сухости бумажного полотна перед сушильной частью машины на 1 % соответствует экономии 5 % рас-

ходуемого на сушку пара. Сушильная часть потребляет примерно 25...33 % всей электроэнергии, расходуемой на привод бумагоделательной машины.

Данные по сравнительной стоимости и металлоемкости сеточной и сушильных частей современной быстроходной бумагоделательной машины, предназначенной для выработки газетной бумаги, приведены ниже:

	Сеточная часть	Сушильная часть
Стоимость, % от стоимости всей машины	11	48
Масса, % от массы всей машины	4,7...6,6	60...68

Свойства водяного пара. В качестве энергоносителя в процессах сушки бумаги применяется водяной пар, который имеет три состояния: перегретый пар, влажный насыщенный пар и сухой насыщенный пар. Состояние сухого насыщенного пара является неустойчивым, при незначительном охлаждении он переходит во влажный насыщенный пар, а при нагревании — в перегретый.

Важнейшим свойством сухого насыщенного и влажного насыщенного пара является строгое соответствие между давлением пара в сосуде, в котором он находится, и его температурой. Зная давление пара, по таблицам можно определить температуру сухого насыщенного или влажного насыщенного пара или, наоборот, по температуре насыщенной смеси можно определить давление, под которым она находится (табл. 1.101).

При выполнении инженерных расчетов, связанных с определением температуры сухого и влажного насыщенного пара по значению абсолютного давления в диапазоне от 0,1 до 2,0 МПа, можно пользоваться эмпирической зависимостью

$$t_{н. п} = 100 \sqrt[4]{p_{н. п}}, \quad (1.102)$$

где $p_{н. п}$ — абсолютное давление насыщенного пара, должно быть выражено в атм.

Влажный насыщенный пар — это смесь сухого насыщенного пара и кипящего конденсата. Температура конденсата равна температуре насыщенного пара. Так как пароконденсатная смесь представляет собой влажный насыщенный пар, то ее удельный объем равен

$$v_{см} = v''x + (1-x)v', \text{ м}^3/\text{кг}, \quad (1.103)$$

где x — степень сухости; v' , v'' — удельные объемы конденсата и водяного пара, $\text{м}^3/\text{кг}$.

Таблица 1.101

Свойства сухого насыщенного водяного пара (по известным значениям давления)

Давление, ата	Давление, МПа	Температура насыщения, °С	Удельный объем жидкости, м ³ /кг	Удельный объем насыщенного пара, м ³ /кг	Объемная масса сухого насыщенного пара, кг/м ³	Энтальпия жидкости, кДж/кг	Энтальпия сухого насыщенного пара, кДж/кг	Теплота парообразования, кДж/кг
1,0	0,10	99,09	0,0010428	1,725	0,5797	415,61	2676,57	2260,92
1,1	0,11	101,76	0,0010448	1,578	0,6337	426,84	2680,76	2253,80
1,2	0,12	104,25	0,0010468	1,455	0,6872	437,35	2684,53	2247,10
1,3	0,13	106,56	0,0010487	1,350	0,7407	447,16	2688,30	2241,23
1,4	0,14	108,74	0,0010505	1,259	0,7942	456,37	2691,24	2234,95
1,5	0,15	110,79	0,0010522	1,181	0,8467	465,05	2694,59	2229,50
1,6	0,16	112,73	0,0010538	1,110	0,90	473,26	2697,52	2224,05
1,7	0,17	114,57	0,0010554	1,050	0,9523	481,05	2700,46	2219,44
1,8	0,18	116,33	0,0010570	0,9954	1,0046	488,55	2702,97	2214,42
1,9	0,19	118,01	0,0010585	0,9462	1,0568	495,68	2705,48	2209,81
2,0	0,20	119,62	0,0010600	0,9018	1,1088	502,55	2708,0	2205,62
2,2	0,22	122,65	0,0010627	0,8248	1,2124	515,37	2712,19	2196,82
2,4	0,24	125,46	0,0010653	0,7603	1,3152	527,52	2716,38	2188,86
2,6	0,26	128,08	0,0010678	0,7055	1,4174	538,42	2720,15	2181,73
2,8	0,28	130,55	0,0010703	0,6581	1,5195	549,31	2723,50	2174,19
3,0	0,30	132,88	0,0010726	0,6169	1,6210	558,95	2726,43	2167,49
3,5	0,35	138,19	0,0010779	0,5338	1,8733	581,99	2733,56	2151,57
4,0	0,40	142,92	0,0010829	0,4709	2,1235	602,10	2739,84	2137,74
4,5	0,45	147,20	0,0010875	0,4215	2,3724	620,54	2745,29	2124,75
5,0	0,50	151,11	0,0010918	0,3817	2,6198	637,30	2749,90	2112,60
6,0	0,60	158,08	0,0010998	0,3214	3,1113	667,47	2758,28	2090,39

Перегретый пар характеризуется тем, что его температура выше температуры насыщенного пара. Такое состояние достигается за счет нагревания сухого насыщенного пара в пароперегревателе котельного агрегата.

Для определения параметров перегретого пара необходимо измерить его давление и температуру, а затем по таблицам перегретого пара можно определить удельный объем, энтальпию и энтропию для данного состояния пара.

В качестве энергоносителя для сушки бумаги в контактно-конвективных установках рекомендуется применять перегретый пар, имеющий перегрев $\Delta t_{п.п} = 15...20$ °С, который необходим для компенсации транспортных потерь от котельной до бумагоделательной машины и для предупреждения конденсации водяных паров в паропроводе. Достоинствами слабперегретого пара как теплоносителя для сушки бумаги являются высокий коэффициент теплоотдачи и высокая теплота парообразования, выделяющаяся при конденсации, что позволяет поддерживать температуру поверхности цилиндров практически постоянной.

Перегретый пар при попадании в сушильный цилиндр сначала ведет себя как газообразное рабочее тело, отдавая свое тепло в количестве $\Delta q_{п.п}$ до достижения температуры насыщенного состояния,

$$\Delta q_{п.п} = c_{п.п} \Delta t_{п.п} = c_{п.п} (t_{п.п} - t_{н.п}), \text{ кДж/кг, (1.104)}$$

где $c_{п.п}$ — теплоемкость перегретого пара, кДж/кг °С; $t_{п.п}$, $t_{н.п}$ — температура перегретого и насыщенного пара соответственно.

После устранения перегрева пара происходит его конденсация с выделением теплоты парообразования

$$q_{к} = i'' - i' = r, \text{ кДж/кг. (1.105)}$$

1.11.2. КИНЕТИКА И ТЕПЛОМАССООБМЕН ПРИ СУШКЕ БУМАГИ НА МНОГОЦИЛИНДРОВЫХ УСТАНОВКАХ

1.11.2.1. Кинетика сушки

Кинетика процессов сушки — это изменение влажности и температуры материалов в зависимости от времени. С помощью кривых кинетики сушки определяют эффективность применения различных способов и режимов подвода тепла, а для действующих машин выполняют сравнительный анализ работы оборудования [101]. Весь процесс сушки влажных материалов разделяют на три периода (рис. 1.171) [102].

Период прогрета (1-й период) характеризуется тем, что в нем происходит незначительное испарение влаги ($u_0 \approx \text{const}$), а температура увеличивается от начальной t_{60} до температуры смоченного термометра при конвективной

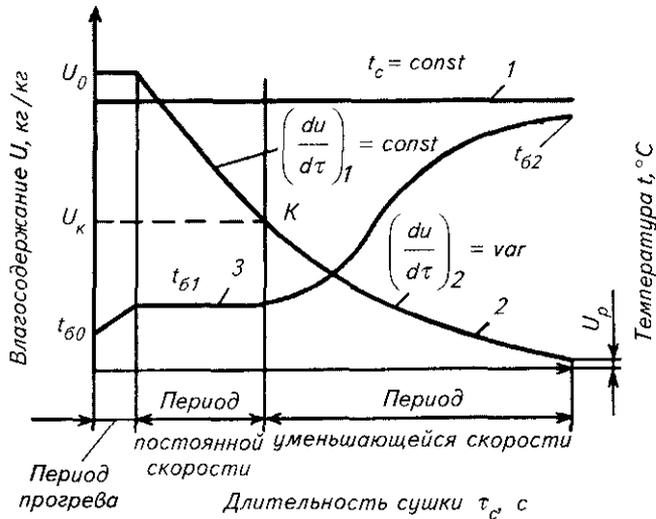


Рис. 1.171. Кинетические кривые и термограмма сушки при постоянной температуре источника энергии:

1 — температура источника энергии; 2 — кривая изменения влагосодержания бумаги; 3 — кривая изменения температуры бумаги

сушке $t_{61} = t_{см}$, а при контактной (кондуктивной) — до температуры насыщенного пара при атмосферном давлении $t_{61} = t_{н.п}$.

Период постоянной скорости сушки (2-й период) характеризуется тем, что влагосодержание во времени изменяется по линейному закону, а скорость сушки остается величиной постоянной. Если речь идет о конвективной сушке, тогда температура бумаги в период постоянной скорости равна температуре смоченного термометра $t_{см}$.

Период уменьшающейся скорости сушки (3-й период) характеризуется тем, что скорость испарения с течением времени снижается. Температура бумаги в этот период возрастает и постепенно приближается к температуре источника энергии.

В многоцилиндровых контактно-конвективных сушильных установках температура бумажного полотна и влагосодержание по длине машины непрерывно изменяются, поэтому при рассмотрении кинетики сушки при осциллирующем режиме в расчетах принимают средние значения температур и средние значения влагосодержания [103].

Точка сопряжения периодов постоянной и уменьшающейся скорости сушки на кривой кинетики сушки называется критической точкой (K). Критическая точка характеризует такое состояние влажного материала, когда из него удалена свободная влага и капиллярные силы недостаточны для перемещения влаги к поверхности испарения. Тогда она сама начинает перемещаться вглубь материала с образованием сухого слоя.

Влагосодержание бумаги в критической точке может быть определено из эмпирической зависимости

$$u_k = 1,2 \rho_{с.б}^{0,15}, \quad (1.106)$$

где $\rho_{с.б}$ — масса 1 м² полотна бумаги, кг/м².

1.11.2.2. Доля охвата сушильного цилиндра и длина свободного хода полотна бумаги

Доля охвата сушильных цилиндров бумажным полотном (рис. 1.172) равна

$$\varphi_{ц} = 1 - 0,318 \left[\arccos \frac{H}{\sqrt{H^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2}} + \arccos \frac{R+r}{\sqrt{H^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2}} \right], \quad (1.107)$$

где H, L — расстояния между осями сушильных цилиндров по вертикали и по горизонтали соответственно, м; R — радиус сушильных цилиндров, м; r — радиус сетководущих валков, м.

При безобрывной проводке полотна бумаги направляющие нижние необогреваемые валы делают меньшего диаметра, чем верхние бумагосушильные цилиндры. Для большей интенсивности испарения влаги в сушильных частях необходимо стремиться к увеличению доли охвата цилиндров бумажным полотном.

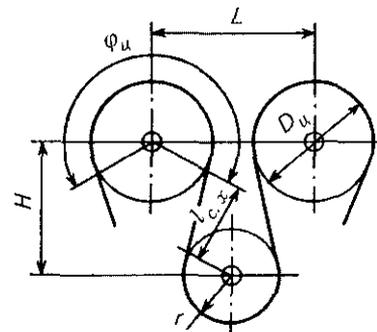


Рис. 1.172. К расчету доли охвата сушильного цилиндра бумажным полотном и длины свободного хода

Длина свободного межцилиндрового хода полотна

$$l_{с.х} = \sqrt{H^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2} - (r + R)^2. \quad (1.108)$$

Длина бумажного полотна, находящегося на сушильном цилиндре,

$$l_{\pi} = \pi D_{\pi} \varphi_{\pi}, \text{ м.} \quad (1.109)$$

Активная поверхность сушильного цилиндра, на которой происходит теплообмен,

$$f_a = l_{\pi} b_{\pi} = \pi D_{\pi} \varphi_{\pi} b_{\pi}, \text{ м}^2, \quad (1.110)$$

где b_{π} — необрезная ширина бумажного полотна, м.

1.11.2.3. Интенсивность испарения влаги в сушильной части машины

При эксплуатации действующих бумагоделательных машин, когда количество бумаго сушильных цилиндров известно, расчетным путем определяют интенсивность испарения влаги с целью анализа эффективности сушильной части и сравнения с показателями других машин, вырабатывающих аналогичную продукцию.

Интенсивность испарения влаги, отнесенная к 1 м^2 активной поверхности сушильных цилиндров (удельный влагосъем), равна

$$m_a = \frac{G_m(u_0 - u_2)}{f_a n_{\pi}}, \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}, \quad (1.111)$$

где u_0, u_2 — начальное (после прессовой части) и конечное (на накате) влагосодержание бумажного полотна соответственно, кг/м^2 ; n_{π} — число бумаго сушильных цилиндров.

Средняя интенсивность сушки выражается через среднюю скорость сушки следующим образом:

$$m = \rho_{с.б} \frac{u_0 - u_2}{\tau_c}, \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}, \quad (1.112)$$

где $\rho_{с.б}$ — масса 1 м^2 бумажного полотна, кг/м^2 ; τ_c — длительность сушки, ч.

Начальное влагосодержание бумажного полотна u_0 индивидуально для каждой машины и зависит от конструкции и режимов работы прессовой части, свойств волокна, массы 1 м^2 бумаги и других параметров. Значение u_0 определяется методом отбора проб, взвешиванием влажного образца и дальнейшим его высушиванием в шкафу.

Полная поверхность бумажного полотна, находящаяся в пределах сушильной части машины, определяется по формуле

$$F_{\pi} = (\pi D_{\pi} \varphi_{\pi} + 2l_{с.х}) b_{\pi} n_{\pi}, \text{ м}^2. \quad (1.113)$$

Интенсивность испарения влаги, отнесенная к полной поверхности бумажного полотна, определяется по формуле

$$m_{\pi} = \frac{60 w_m \rho_{с.б} b_{\pi} (u_0 - u_2)}{F_{\pi}}, \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}. \quad (1.114)$$

Поверхность бумажного полотна, участвующая в теплообмене за один цикл «сушильный цилиндр—участок свободного хода», равна

$$F_{\text{цикл}} = (\pi D_{\pi} \varphi_{\pi} + 2l_{с.х}) b_{\pi}, \text{ м}^2. \quad (1.115)$$

Таблица 1.102

Параметры работы сушильных частей бумагоделательных машин

Вид бумаги	Скорость машины, м/мин	Давление пара, МПа	Влагосъем с активной поверхности цилиндров, $\text{кг/м}^2 \cdot \text{ч}$
Папиросная	80...100	0,13...0,16	10...12
Пергамин	125...250	0,15...0,20	12...15
Типографская и писчая № 1	250...450	0,20...0,23	17...25
Типографская и писчая № 2 и № 3	350...500	0,22...0,28	20...25
Газетная	400...750	0,25...0,30	22...25
Мешочная и тонкая оберточная массой 45...75 г/м^2	600...650	0,70...0,80	28...32
Санитарно-бытовая односторонней гладкости массой 20...50 г/м^2 (при отсутствии предварительной сушильной части)	500...650	0,70...0,80	100...140
Санитарно-бытовая односторонней гладкости массой 60...100 г/м^2 (при наличии предварительной сушильной части)	300...400	0,40...0,60 0,60...0,80	25...28 на предварительной сушильной части 27...30 на гладильном цилиндре

Примечание. В таблице приведены данные для низко- и среднескоростных бумагоделательных машин, но эти данные применимы и для скоростных машин.

Длительность пребывания бумаги на активной поверхности цилиндров можно найти из выражения

$$\tau_a = \frac{60n_{\text{ц}}\pi D_{\text{ц}}\phi_{\text{ц}}}{w_{\text{м}}}, \text{ с.} \quad (1.116)$$

Длительность пребывания бумаги в сушильной части при выработке газетной, писчей и бумаги для печати составляет 14...30 с, а бумаги с повышенной степенью помола — 60...90 с.

Длительность одного цикла, включающего в себя время пребывания бумаги на активной поверхности сушильного цилиндра и время на участке свободного хода, равно

$$\tau_{\text{цикл}} = \frac{\pi D_{\text{ц}}\phi_{\text{ц}} + l_{\text{с. х}}}{60w_{\text{м}}}, \text{ с.} \quad (1.117)$$

Длительность пребывания бумажного полотна в сушильной установке —

$$\tau_{\text{п}} = \frac{60n_{\text{ц}}(\pi D_{\text{ц}}\phi_{\text{ц}} + l_{\text{с. х}})}{w_{\text{м}}}, \text{ с.} \quad (1.118)$$

Число бумаго сушильных цилиндров можно рассчитать по приближенной формуле

$$n_{\text{ц}} = \frac{60w_{\text{м}}\rho_{\text{с}}\delta(u_0 - u_2)}{\pi D_{\text{ц}}\phi_{\text{ц}}m_a}. \quad (1.119)$$

Данные испытаний сушильных частей бумагоделательных машин, выпускающих различные виды бумаги, приведены в табл. 1.102.

1.11.2.4. Влияние степени помола и композиции массы на скорость сушки

С увеличением степени помола относительная скорость сушки снижается в связи с изменением структуры бумажного полотна, особенно это снижение заметно в период уменьшающейся скорости сушки. На рис. 1.173

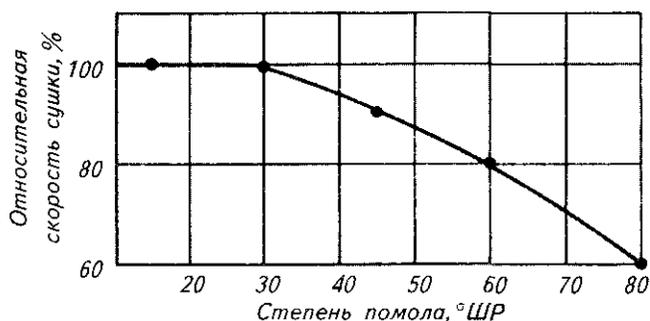


Рис. 1.173. Зависимость относительной скорости сушки бумаги от степени помола целлюлозы

показана зависимость относительной скорости сушки бумаги от степени помола целлюлозы, из которой изготавливалась бумага.

Наличие в композиции бумаги минерального наполнителя ускоряет сушку бумаги. Это объясняется повышением пористости бумаги и меньшей гигроскопичностью наполнителя по сравнению с волокном. Проклейка бумаги ка-нифольным клеем не оказывает заметного влияния на скорость сушки. Бумага, содержащая в своем составе древесную массу, сохнет быстрее, чем чисто целлюлозная бумага. Бумага из небеленой целлюлозы сушится несколько быстрее, чем из беленой.

1.11.2.5. Влияние массы 1 м² бумаги на производительность сушильной части

По данным Д. М. Фляте [104], при сравнении интенсивностей испарения для двух видов бумаги, отличающихся массой 1 м² при прочих равных условиях (температура сушильных цилиндров, состояние сушильной одежды, композиция массы), справедливо соотношение

$$m_2 = \frac{m_1}{\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)^{0,238}}, \text{ кг/м}^2 \text{ ч,}$$

где m_1 — интенсивность испарения для первого вида бумаги, кг/м² · ч; m_2 — интенсивность испарения для второго вида бумаги, кг/м² · ч; ρ_1 — масса 1 м² первого вида бумаги, г/м²; ρ_2 — масса 1 м² второго вида бумаги, г/м².

Из приведенной формулы следует, что при увеличении массы 1 м² вдвое скорость сушки и соответственно производительность по влаге снижается на 18 %, но в то же время производительность по бумаге увеличится в 1,82 раза.

1.11.2.6. Влияние начальной влажности (сухости) бумажного полотна на скорость сушки

Эффективность работы прессовой части бумагоделательных машин в значительной степени определяет работу сушильной части (производительность, удельные расходы теплоты и пара на сушку бумаги) в связи с тем, что

термический способ удаления влаги из материала является более дорогостоящим по сравнению с механическим способом обезвоживания. Увеличение влажности бумажного полотна на 1 % приводит к снижению производительности сушильной части на 5 %, на такую же величину возрастают расходы тепла и пара.

В период постоянной скорости можно делать перерасчеты длительности сушки на новое начальное влагосодержание

$$\tau_2 = \frac{u''_0 - u''_k}{u'_0 - u'_k} \tau_1, \text{ с}, \quad (1.120)$$

где τ_1 — длительность сушки в период постоянной скорости для первой влажности, с; u'_0 , u'_k — начальное и критическое влагосодержание бумажного полотна для первой влажности соответственно, кг/кг; u''_0 , u''_k — начальное и критическое влагосодержание бумажного полотна для второй влажности соответственно, кг/кг.

Повышение влагосодержания бумаги от $u'_0 = 1,27$ кг/кг (сухость $S'_0 = 44,05$ %) до $u''_0 = 2,0$ кг/кг (сухость $S''_0 = 33,3$ %) приводит к увеличению длительности сушки в 1,5 раза.

1.11.2.7. Влияние давления одежды машины на интенсивность сушки

В результате увеличения давления сушильной сетки на бумагу улучшается контакт поверхности бумаги с цилиндром, в результате чего сокращается длительность и повышается интенсивность сушки (табл. 1.103).

Однако необходимо учитывать, что при увеличении натяжения сушильной одежды возрастают нагрузки на сетководущие и натяжные валики, подшипники цилиндров, увеличивается потребляемая приводными двигателями мощность.

Таблица 1.103

Кинетические и теплообменные характеристики сушки бумаги массой 100 г/м^2 при различном натяжении сушильных сеток

Давление на бумагу, Па	Длительность 1-го периода, с	Длительность 2-го периода, с	Интенсивность сушки в 1-м периоде, $\text{кг/м}^2 \cdot \text{ч}$	Средняя интенсивность сушки во 2-м периоде, $\text{кг/м}^2 \cdot \text{ч}$	Средняя интенсивность сушки, $\text{кг/м}^2 \cdot \text{ч}$	Контактный коэффициент теплоотдачи, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{ч}$
890	10	11,0	43,5	29,5	33,0	900
1200	9	10,5	48,5	25,0	35,8	1000
1610	8	10,0	54,0	26,0	38,4	1100

1.11.2.8. Теплообмен на сушильных цилиндрах

Плотность теплового потока от конденсирующегося в полости сушильного цилиндра пара к бумажному полотну, располагающемуся на активной поверхности цилиндра (рис. 1.174), равна

$$q_a = \frac{t_{н.п} - t_{\bar{\theta}}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ц}}{\lambda_{ц}} + \frac{1}{\alpha_{к.т}}}, \text{ Вт/м}^2. \quad (1.121)$$

Температура насыщенного пара ($t_{н.п}$) в полости сушильных цилиндров определяется по таблицам сухого насыщенного водяного пара при соответствующем давлении (см. табл. 1.101).

Средняя температура бумажного полотна на сушильном цилиндре

$$\bar{t}_{\theta} = 0,5(t_{\theta 1} + t_{\theta 2}), \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1.122)$$

где $t_{\theta 1}$ — температура бумажного полотна при входе на сушильный цилиндр, $^\circ\text{C}$; $t_{\theta 2}$ — температура бумажного полотна при выходе с сушильного цилиндра, $^\circ\text{C}$.

На основании экспериментальных данных в табл. 1.104 приведены средние температуры бумаги \bar{t}_{θ} в период постоянной скорости сушки.

Коэффициент теплоотдачи при конденсации водяных паров в полости сушильных цилиндров α_1 имеет следующие значения:

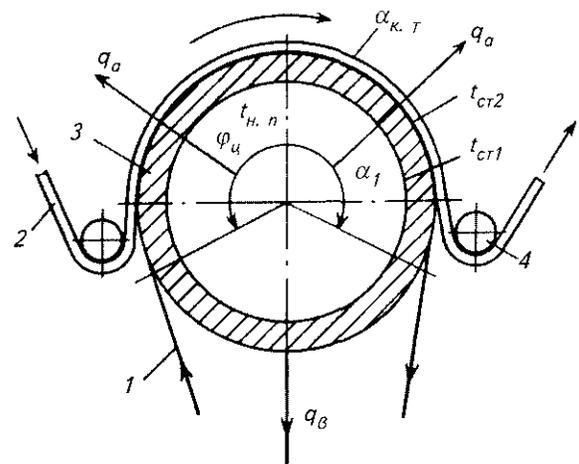


Рис. 1.174. Схема передачи тепла на сушильном цилиндре от конденсирующегося пара к бумажному полотну (q_a — плотность активного теплового потока от конденсирующегося пара к бумажному полотну; q_b — плотность теплового потока от цилиндра к воздуху):

1 — бумажное полотно; 2 — сушильное полотно (сетка); 3 — сушильный цилиндр; 4 — сетководущий валик

Таблица 1.104
Средние температуры газетной бумаги на сушильном цилиндре при контактно-конвективной сушке бумаги в период постоянной скорости

Температура сушильных цилиндров, °С	Средняя температура бумаги, °С, при скорости бумажного полотна, м/мин		
	500	700	1000
80	70	76	78
110	82	86	88
140	86	90	95
170	94	96	98

$\alpha_1 = 4060 \dots 4640 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$ — для тихоходных машин, имеющих скорость 350...400 м/мин с отстойным конденсатообразованием;

$\alpha_1 = 2900 \dots 3500 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$ — для быстроходных машин, работающих с образованием конденсатного кольца, создающего дополнительное термическое сопротивление тепловому потоку.

Толщина стенки сушильного цилиндра $\delta_{ст}$ принимается по чертежу цилиндра, но в первом приближении для существующих давлений пара $\delta_{ст} = 25 \dots 40$ мм. Значение коэффициента теплопроводности стенки цилиндра $\lambda_{ст}$ принимается по табл. 1.105.

В контактно-конвективных сушильных установках влага из бумажного полотна испаряется в результате протекания следующих циклически повторяющихся процессов:

нагревания бумаги и частичного испарения влаги во время ее пребывания на сушильном цилиндре;

мгновенного вскипания влаги при сходе с цилиндра (на начальном участке свободного хода);

испарения влаги за счет конвективного теплообмена.

Контактный (кондуктивный) коэффициент теплоотдачи $\alpha_{к.т}$ приведен в виде графика зависимости от влагосодержания бумажного по-

Таблица 1.105
Коэффициент теплопроводности $\lambda_{ст}$ для некоторых материалов

Материал	Температура, °С	$\lambda_{ст}$, Вт/м°С
Вода	20...40	0,60
Медь	18	386,30
»	100	528,0
Чугун	54	48,14
»	100	46,63
Сталь (1 % углерода)	18	45,70
»	100	45,24
Латунь	18	109,62
Бумага	20...40	0,05
Асбест	20...40	0,16
Линолеум	20...40	0,18
Древесные опилки	20...40	0,06
Хлопок	20...40	0,06
Шерсть	100	0,06

лотна (рис. 1.175). Из графика следует, что при влагосодержании бумаги больше критического $u > u_k$ значение коэффициента теплоотдачи $\alpha_{к.т} = \text{const}$, а при $u < u_k$ оно снижается, так как возрастает термическое сопротивление распространению теплового потока от цилиндра к бумажному полотну.

Интенсивность испарения влаги, отнесенная к продолжительности одного цикла, который включает в себя активную длину сушильного цилиндра и длину участка свободного хода, равна

$$m_{\text{цикл}} = \frac{3,6q_a}{r_1}, \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч.} \quad (1.123)$$

Теплота парообразования r_1 для периода постоянной скорости сушки равна

$$r_1 = 2493 - 2,22 \bar{t}_{61}, \text{ кДж/кг}, \quad (1.124)$$

где \bar{t}_{61} — средняя температура бумажного полотна в период постоянной скорости сушки, °С.

Теплота парообразования для периода уменьшающейся скорости сушки составит

$$r_2 = 2493 + 1,97 \bar{t}_{62} - \bar{t}_{61}, \text{ кДж/кг}, \quad (1.125)$$

где \bar{t}_{62} — средняя температура бумажного полотна в период уменьшающейся скорости сушки, °С.

Снижение влагосодержания бумажного полотна за один цикл рассчитывается по формуле

$$\Delta u_{\text{цикл}} = \frac{m_{\text{цикл}} \tau_{\text{цикл}}}{\rho_{с.б}},$$

кг влаги/кг сух. бумаги. (1.126)

Количество влаги, испаряемой за время прохождения одного цикла, равно

$$M_{\text{цикл}} = m_{\text{цикл}} F_{\text{цикл}}, \text{ кг/ч.} \quad (1.127)$$

Интенсивность испарения влаги на участке свободного хода бумажного полотна, составит

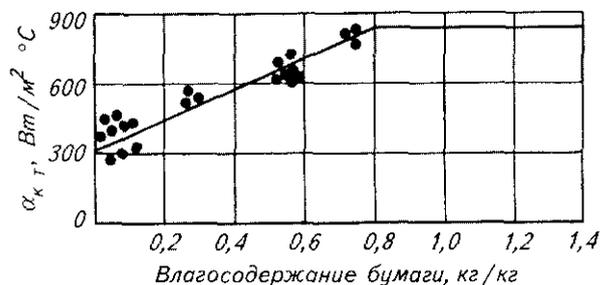


Рис. 1.175. Зависимость коэффициента контактного (кондуктивного) теплообмена $\alpha_{к.т}$ от влагосодержания

Таблица 1.106
Теплоемкость целлюлозы, древесной массы, бумаги и каолина

Материал	Содержание золы в бумаге, %	Теплоемкость, кДж/кг °С
Древесная масса еловая	—	1,36
Целлюлоза (соломенная беленая, сульфитная небеленая, сульфатная небеленая и беленая)	1,0	1,32
Бумага:		
прядильная	—	1,32
рисовальная без древесной массы	2,8	1,28
иллюстрационная	10,0	1,31
»	18,6	1,27
»	26,1	1,24
без древесной массы	29,5	1,21
» » »	9,5	1,29
с содержанием древесной массы	7,9	1,31
то же	8,9	1,31
программная	34,6	1,15
Льняная и хлопчатобумажная полумасса	—	1,32
Картон без древесной массы беленый	22,3	1,24
Каолин	—	0,95

$$m_{c.x} = \frac{\rho_{c.б}(c_{c.б} + c_{в}u_i)\Delta t_i}{2r\tau_{c.x}}, \text{ кг/м}^2 \text{ ч}, (1.128)$$

где u_i — влагосодержание бумажного полотна на i -м цилиндре, кг/кг; r — теплота парообразования, кДж/кг; $c_{c.б}$ — теплоемкость сухой бумаги, кДж/кг · °С (табл. 1.106); $c_{в}$ — теплоемкость воды, кДж/кг · °С (табл. 1.107);

Таблица 1.107
Физические свойства воды на линии насыщения

$t, ^\circ\text{C}$	Давление $p, \text{ Па } 10^{-5}$	Плотность $\rho, \text{ кг/м}^3$	Энтальпия $h, \text{ кДж/кг}$	Теплоемкость $c_p, ^\circ\text{C}$	Коэффициент теплопроводности $\lambda, \text{ Вт/м } ^\circ\text{C}$
0	1,013	999,9	0	4,212	0,560
10	1,013	999,7	42,04	4,191	0,580
20	1,013	998,2	83,91	4,183	0,597
30	1,013	995,7	125,70	4,174	0,612
40	1,013	992,2	167,50	4,174	0,627
50	1,013	988,1	209,30	4,174	0,640
60	1,013	983,1	251,10	4,179	0,650
70	1,013	977,8	293,0	4,187	0,662
80	1,013	971,8	335,0	4,195	0,669
90	1,013	965,3	377,0	4,208	0,676
100	1,013	958,4	419,10	4,220	0,684
110	1,430	951,0	461,40	4,233	0,685
120	1,980	943,1	503,70	4,250	0,686
130	2,70	943,8	546,40	4,266	0,686
140	3,610	926,1	589,10	4,287	0,685
150	4,76	917,0	632,20	4,313	0,684
160	6,18	907,4	675,40	4,346	0,681
170	7,92	897,3	719,30	4,380	0,676
180	10,03	886,9	763,30	4,417	0,672
190	12,55	876,0	807,80	4,459	0,664

$\tau_{c.x}$ — длительность свободного хода бумажного полотна, ч; Δt_i — изменение температуры бумажного полотна на участке свободного хода, °С.

Количество влаги, испаряющейся на участке свободного хода, определяется по формуле

$$M_{c.x} = 2m_{c.x}l_{c.x}B_{п}, \text{ кг/ч}; (1.129)$$

количество влаги, испаряющейся на сушильном цилиндре, —

$$M_{ц} = M_{цик} - M_{c.x}, \text{ кг/ч}; (1.130)$$

доля влаги, испаряющейся на сушильном цилиндре, равна

$$a = \frac{M_{ц}}{M_{цик}}. (1.131)$$

1.11.3 МНОГОЦИЛИНДРОВЫЕ СУШИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

1.11.3.1. Описание сушильной установки

После прессования влажное бумажное полотно в пластически-упругом состоянии поступает в многоцилиндровую контактно-конвективную сушильную установку, основное назначение которой заключается в испарении влаги из материала до конечной относительной влажности 5...8 % [105].

Контактный способ подвода тепла к влажной бумаге имеет существенное преимущество перед другими методами сушки, поскольку горячая поверхность бумагосушильных цилиндров действует как утюг и придает бумаге гладкую поверхность с одной или с обеих сторон.

Многоцилиндровые контактно-конвективные сушильные установки состоят, как правило, из двух рядов вращающихся бумагосушильных, сукносушильных и холодильных цилиндров, сушильной одежды, сукноведущих, сукнонаправляющих, правительных и разгонных валиков, системы подвода пара к цилиндрам и отвода конденсата, шаберов для очистки поверхности цилиндров, вентиляционного колпака и нескольких установок для регенерации тепла из отработавшей паровоздушной смеси, систем приточной и общеобменной вентиляции (рис. 1.176).

Ставина сушильной части машины служит опорой подшипников бумагосушильных и холодильных цилиндров, сукноведущих и других

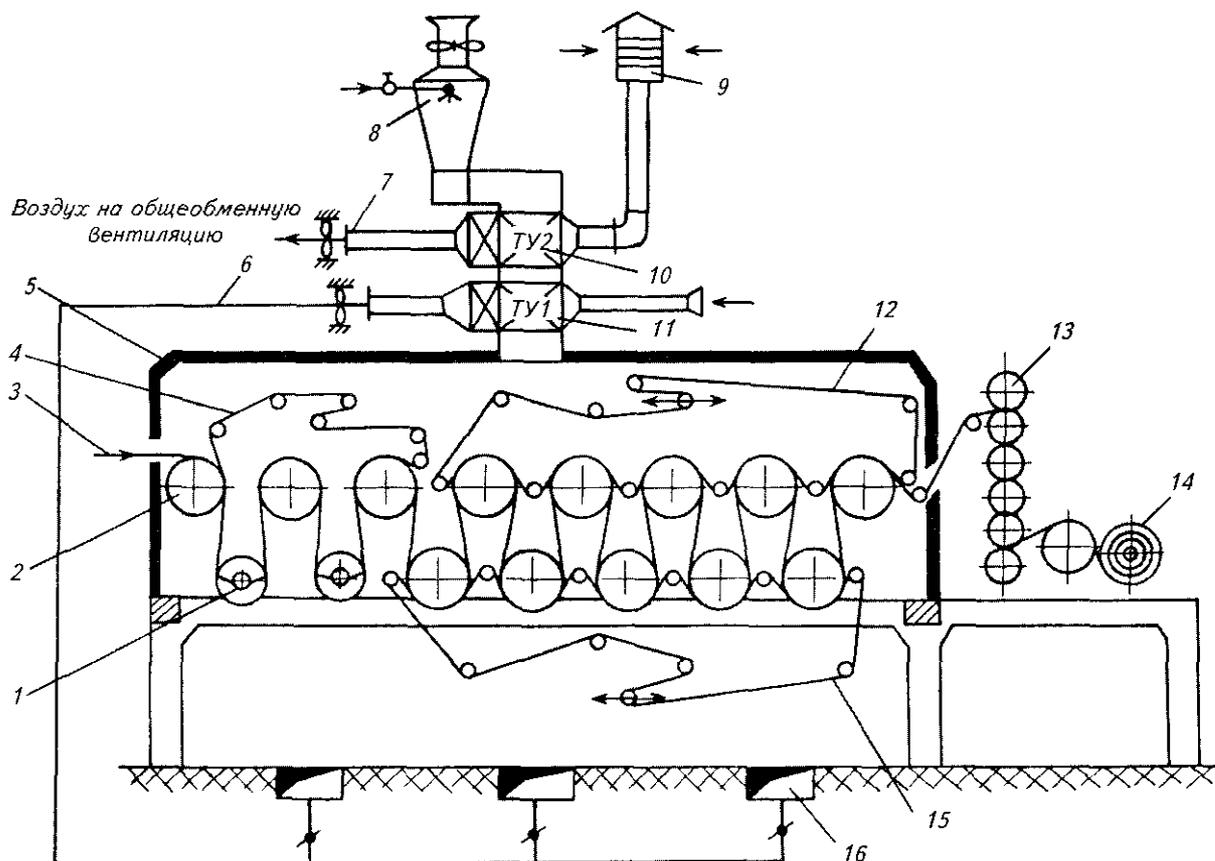


Рис 1.176 Принципиальная схема сушильной части БДМ

1 — вакуумный вал, 2 — бумагосушильный цилиндр, 3 — бумажное полотно, 4 — сушильная сетка, 5 — вентиляционный колпак, 6 — сушильный воздух, 7 — подача воздуха на общеобменную вентиляцию, 8 — скруббер, 9 — воздухозаборная шахта, 10 — теплоуловитель 2 й ступени, 11 — теплоуловитель 1 й ступени, 12 — верхняя сушильная сетка при традиционной схеме проводки бумажного полотна, 13 — каландр, 14 — накат, 15 — нижняя сушильная сетка, 16 — воздухораспределительные каналы

валов. Ее устанавливают на двух параллельных шинах и надежно связывают жесткими поперечными балками, чтобы снизить вибрацию при работе машины. Форма и профиль станины, расположение бумагосушильных цилиндров и другого оборудования должны обеспечивать удобное обслуживание сушильной части, способствовать хорошей вентиляции межцилиндровых пространств, обеспечивать удобное проведение ревизии и ремонта узлов.

В зависимости от вида и требований к качеству вырабатываемой продукции в схему сушильной части могут также входить конвективный шкаф, клеильный пресс для пропитки бумаги и картона крахмалом, полусырой каландр, кондиционер, увлажнители, устройства для микрокрепирования бумаги, меловальная установка.

В целях интенсификации испарения влаги и корректировки профиля влажности по ширине полотна сушильная часть может иметь также дополнительные источники энергии, такие как колпаки скоростной сушки, кор-

ректационные колпаки, инфракрасные излучатели, различные устройства для активизации воздухообмена в межцилиндровых пространствах, генераторы токов высокой и сверхвысокой частоты.

В подавляющем большинстве схем бумагоделательных машин сушильные цилиндры располагаются в два горизонтальных ряда в шахматном порядке, поэтому бумажное полотно попеременно соприкасается сначала одной стороной с цилиндрами верхнего ряда, а затем противоположной стороной — с цилиндрами нижнего ряда. В промежутках между цилиндрами (участках свободного хода) бумажное полотно соприкасается с окружающим воздухом, в результате чего его температура понижается. Такой осциллирующий режим нагревания полотна бумаги на цилиндрах и охлаждения на участках свободного хода обеспечивает высокую интенсивность испарения влаги.

Бумажное полотно прижимается к поверхности цилиндров сушильными сукнами или

сетками, которые обеспечивают хороший контакт бумаги с нагретой поверхностью, предотвращают образование морщин и складок.

На современных бумагоделательных машинах, выпускающих газетную бумагу, для предотвращения обрывов еще недостаточно прочного полотна в начале сушильной части применяется так называемая безобрывная проводка бумажного полотна, при которой бумага движется вместе с сушильной сеткой не только по цилиндрам, но и на участках свободно хода.

При двухрядном расположении сушильных цилиндров и традиционной схеме проводки бумажного полотна его заправка производится с помощью канатиков, расположенных на лицевой стороне машины. Кроме канатиков устройство для заправки бумажного полотна включает в себя натяжные станции, направляющие ролики и обод с канавкой на каждом цилиндре. У места передачи заправочной ленты с одной группы в другую устанавливаются воздушные сопла, облегчающие заправку.

Вентиляционный колпак предназначен для сбора и отвода образующейся паровоздушной смеси за пределы сушильной установки, а также для изоляции установки от окружающей среды и улучшения санитарно-гигиенических условий в зале бумагоделательных машин. Применение вентиляционных колпаков закрытого типа способствует экономии тепловой энергии и увеличению производительности машины.

В целях экономии тепла сушильная установка оборудуется теплообменниками, скрубберами, приточно-вытяжными системами и другими теплоулавливающими устройствами.

При наличии клеильного пресса сушильная установка делится на основную и досушивающую группы с самостоятельными приводными секциями, вентиляционными колпаками и системами пароснабжения.

1.11.3.2. Компоновка сушильной части

Схема сушильной части зависит от вида вырабатываемой бумаги, а также от скорости бумагоделательной машины. Схема, приведенная на рис. 1.177, а, является традиционной и универсальной для выработки различных видов бумаги и картона. Здесь применяются бумагосушильные цилиндры диаметром 1500 и 1810 мм, которые располагаются двумя горизонтальными рядами в шахматном поряд-

ке (схемы тихоходных машин с двухрядным коридорным расположением бумагосушильных цилиндров, являются устаревшими). В качестве одежды используются шерстяные или хлопчатобумажные сукна, для подсушки которых над верхним и под нижним рядами имеются сукносушильные цилиндры.

Схема, приведенная на рис. 1.177, б, отличается тем, что в ней отсутствуют сукносушильные цилиндры в связи с заменой шерстяных и хлопчатобумажных сукон на синтетические сушильные сетки, которые не требуют подсушки. Такая схема является более простой, длина сеток уменьшается по сравнению с сукном, высота сушильной части снижается.

Схема безобрывной проводки бумажного полотна, приведенная на рис. 1.177, в, применяется на скоростных бумагоделательных машинах, выпускающих тонкие виды бумаги типа газетной, писче-печатной, типографской. Вместо нижнего ряда цилиндров здесь устанавливаются сетконаправляющие вакуумные валики для предотвращения образования пузырей и «мешков». В каждой группе цилиндров полотно перемещается совместно с сушильной сеткой до тех пор, пока бумага не приобретет необходимую прочность, обеспечивающую дальнейшую проводку полотна без обрывов. Безобрывная проводка применяется в одной или двух приводных группах.

Схема с двумя сушильными группами, основной и досушивающей, приведенная на рис. 1.177, г, применяется на бумагоделательных машинах, в которых имеется клеильный пресс. В основной группе влажность бумаги доводится до 4...5 %, в клеильном прессе бумажное полотно увлажняется до 25...30 %, в досушивающей группе испаряется влага, внесенная в клеильном прессе.

Схема, приведенная на рис. 1.177, д, включает три узла сушки: предварительная (цилиндровая) сушка; конвективный сушильный шкаф и досушивающая (цилиндровая) сушка. Такие схемы сушильной части применяются в тех случаях, когда бумажному или картонному полотну необходимо придать повышенную усадку, в результате чего высушиваемый материал приобретает высокие показатели растяжимости и излома.

В последние годы в схемах скоростных бумагоделательных машин ($w_m > 1600$ м/мин), вырабатывающих тонкие виды бумаги типа газетной, нашло распространение однорядное расположение всех сушильных цилиндров, имеющих диаметр 2200 мм (рис. 1.178). Над цилиндрами располагаются сетконатяжные и сетконаправляющие валики, а под ними —

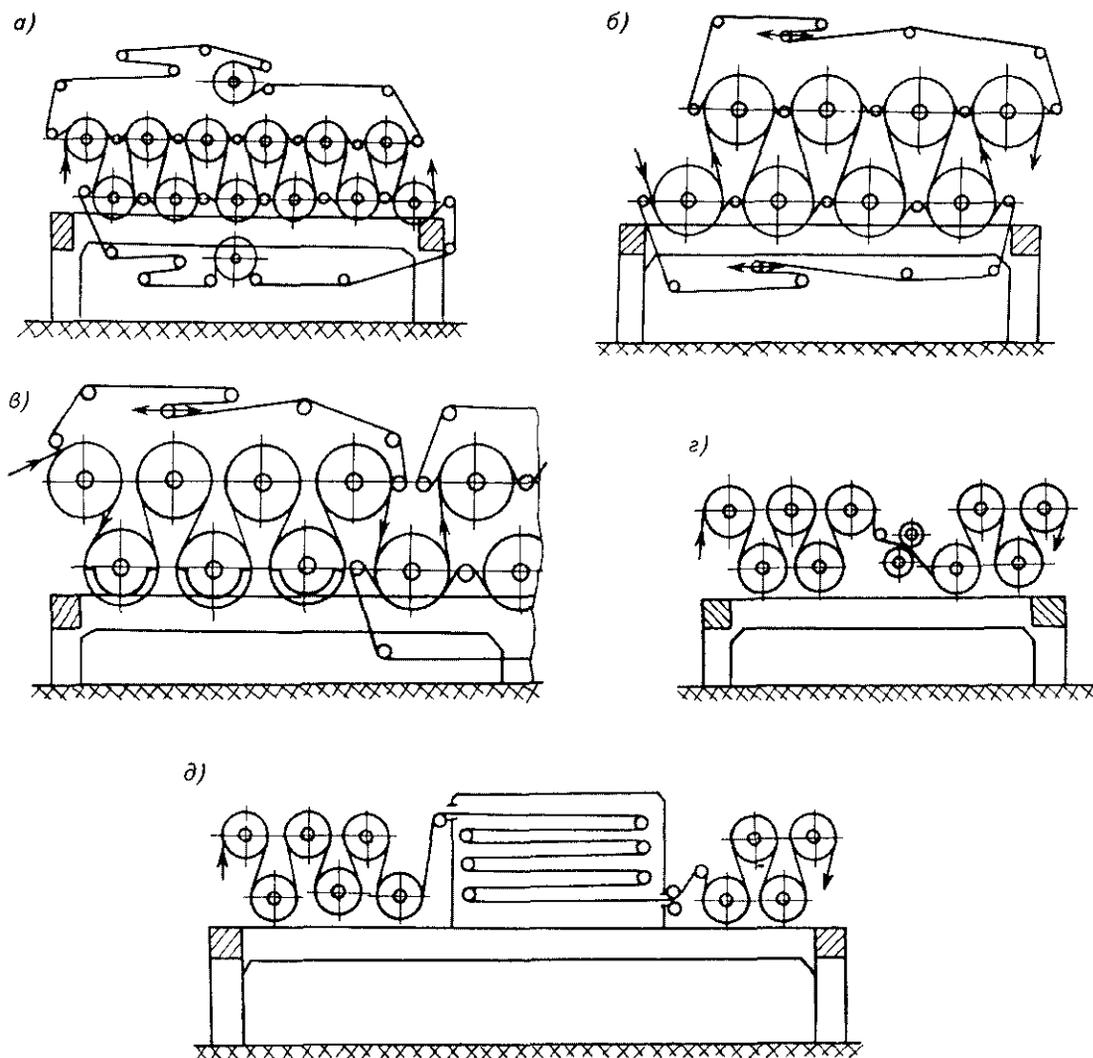


Рис. 1.177. Варианты схем сушильной части БДМ: *а* — традиционная двухрядная компоновка цилиндров с шахматным расположением; *б* — двухрядная компоновка цилиндров без сукносушителей и с синтетическими сушильными сетками; *в* — однорядная компоновка цилиндров с безобрывной проводкой и вакуумными валами; *г* — компоновка сушильной части с клейильным прессом; *д* — компоновка цилиндров с сушильным конвективным шкафом

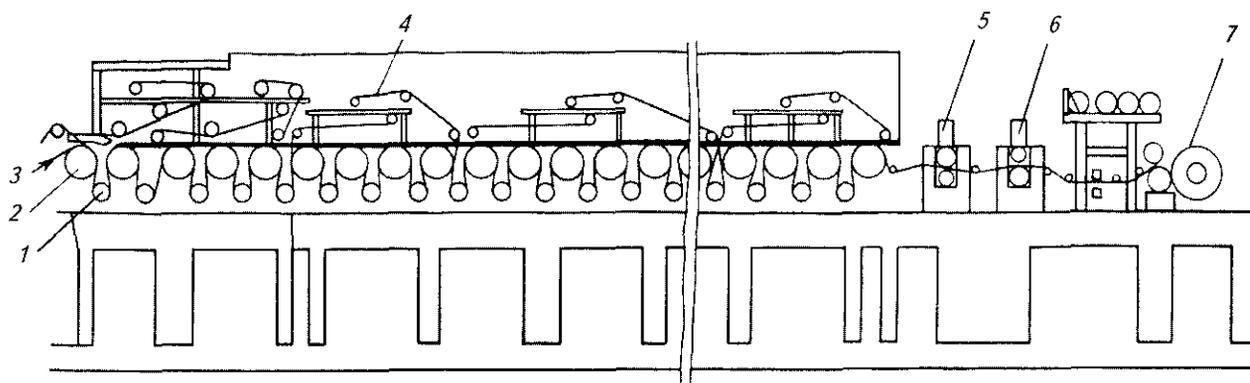


Рис. 1.178. Схема сушильной части скоростной БДМ с безобрывной проводкой бумажного полотна:
 1 — вакуумные валики; 2 — сушильные цилиндры; 3 — бумажное полотно; 4 — сушильная сетка; 5 — увлажняющий каландр; 6 — подсушивающий каландр; 7 — накат

Таблица 1.108

Компоновка сушильных цилиндров по приводу

Вид бумаги (картона), масса 1 м ² , г/м ²	Число цилиндров (сушильных/холодильных)	Число приводных групп	Компоновка по приводным группам (указано число цилиндров в группах)
Бумага газетная, 51	48/1	6	4-6-6-12-12-9
Бумага писчая № 1 и типографская № 1, 45...80	50/2	6	6-10-10-10-8-8
То же	46/2	5	6-10-10-10-12
Бумага писчая № 2 и типографская № 2, 60...70	64/2	7	6-10-10-10-10-10-10*
То же	54/2	6	6-10-10-10-10-10**
Бумага для гофрирования, 100...150	83/2	6	5-16-16-16-16-16
Бумага мешочная, 70...105	42/1	6	5-12-12-6-4-4
Картон тарный, 125...200	109/2	6	11-20-20-20-20-20
Картон коробочный, 160...500	76/2	7	10-12-12-12-12-10-10

* С клеильным прессом.

** Без клеильного пресса.

вакуумные перфорированные валики. Сушильная сетка огибает верхнюю часть сушильных цилиндров, что способствует беспрепятственной уборке брака. Основная задача такой компоновки заключается в безобрывной проводке полотна бумаги по сушильной части и бесканатиковой его заправке. В одной приводной группе в начале и в конце сушилки находится по три цилиндра, а в остальных группах — по четыре.

В этой схеме бумажное полотно соприкасается со всеми цилиндрами одной стороной листа, что вызывает неравномерное испарение влаги и распределение температуры и влажности по толщине. Сторона листа, соприкасающаяся с цилиндрами, высыхает быстрее и скручивается в сторону меньшей влажности. По этой причине в конце сушильной части предусматриваются два машинных двухвальных каландра. Перед первым каландром более сухая сторона бумаги увлажняется паром, а во втором каландре полотно подсушивается стальным обогреваемым валом. Таким образом решается проблема устранения скручиваемости бумажного листа при его односторонней сушке.

В некоторых схемах вместо увлажняющего и досушивающего каландров устанавливаются традиционную сушильную группу с двухрядным шахматным расположением сушильных цилиндров и двумя сушильными сетками — верхней и нижней. Отличительной особенностью этой сушильной группы является то, что верхний и нижний ряды сушильных цилиндров имеют самостоятельные схемы пароснабжения и отвода конденсата, с помощью которых могут устанавливаться различные давление пара и соответственно температура цилиндров, в результате чего устраняется скручиваемость бумаги, приобретенная при односторонней сушке.

1.11.3.3. Разделение сушильных цилиндров на приводные группы

Бумагосушильные цилиндры разделяются на приводные группы, различающиеся окружной скоростью цилиндров, что связано с необходимостью компенсации усадки полотна бумаги в машинном направлении (табл. 1.108) [106].

1.11.3.4. Сушильный цилиндр

Сушильный цилиндр является основным элементом в схеме контактно-конвективной установки бумагоделательной машины, с помощью которого тепло передается бумажному полотну. Кроме того, в ряде случаев сушильный цилиндр обеспечивает придание необходимых потребительских свойств готовой продукции.

Бумагосушильный цилиндр (рис. 1.179) состоит из цилиндрического корпуса, торцевых крышек с цапфами и смотрового люка. Бумагосушильный цилиндр комплектуется устройством для подачи пара и удаления конденсата, подшипниками, паровой головкой, шестерней и термопланками (на рисунке не показаны).

Для придания высокой гладкости поверхности и получения более высокого значения коэффициента теплоотдачи к бумажному полотну наружная поверхность корпуса цилиндра имеет высокую твердость (170...220 ед. по Бринелю) и отшлифована. Кроме того высокая твердость поверхности обеспечивает более длительный срок службы цилиндров, так как под воздействием шаберов сушильные цилиндры изнашиваются.

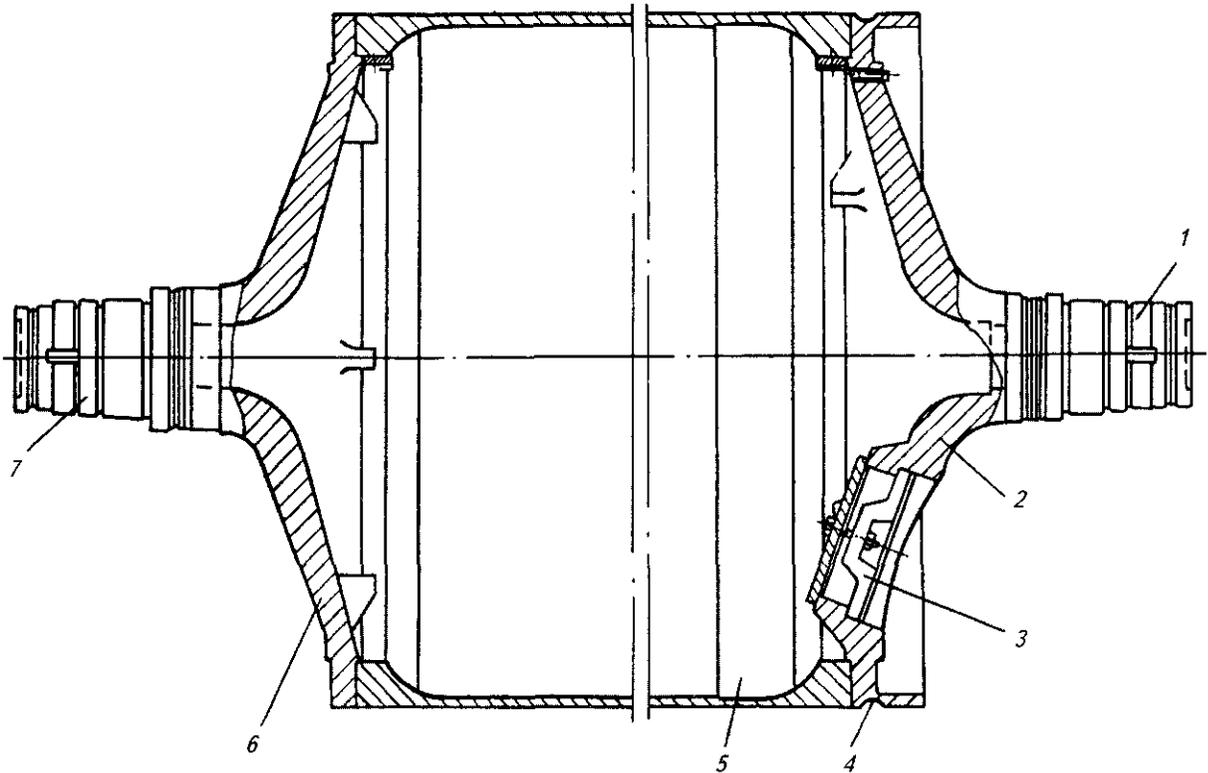


Рис. 1.179. Сушильный цилиндр:

1 — лицевая цапфа; 2 — лицевая торцевая крышка; 3 — смотровой люк; 4 — канавки для заправочных канатиков; 5 — углубление для наконечника сифона; 6 — приводная торцевая крышка; 7 — приводная цапфа

Внутреннюю поверхность цилиндров протачивают для получения стенки одинаковой толщины, что обеспечивает равномерное распределение температуры по поверхности цилиндра и облегчает его балансировку. Для низких скоростей машины (до 350 м/мин) производят статическую балансировку цилиндров, для более высоких скоростей — динамическую.

Для получения равномерного профиля температуры длину цилиндров делают несколько больше ширины бумажного полотна (табл. 1.109).

Наиболее распространенными являются цилиндры диаметром 1500 мм, для скоростных

машин диаметр цилиндров составляет 1812 мм, а в последние годы — 2200 мм.

К торцам корпуса цилиндра с помощью болтов прикрепляются сферические крышки с цапфами, изготовленные из высококачественного чугуна с предварительным низкотемпературным отжигом. Крышки могут быть монолитными или сборными, с запрессованными цапфами. В крышках имеются отверстия для крепежных и отжимных болтов. На лицевой крышке имеется также люк овальной формы для внутреннего осмотра цилиндра, установки балансировочных грузов, сифонов, черпаков и термомпланок.

На приводной или лицевой крышке одно из отверстий выполняется сквозным и используется для выпуска воздуха при проведении гидравлических испытаний сушильных цилиндров. Местоположение этих отверстий на крышках всех цилиндров должно быть одинаковым — в стороне, противоположной люку. Стыкуемые поверхности корпуса цилиндра и торцевых крышек уплотняются асбестовым шнуром с нанесением герметика, а затяжка болтов производится динамометрическим ключом.

В зависимости от схемы подвода пара и отвода конденсата цапфы цилиндров могут вы-

Таблица 1.109
Длина бумажосушильных цилиндров диаметром 1500 мм

Обрезная ширина полотна, мм	Максимальная скорость по приводу, м/мин	Длина цилиндрической части, мм
1680	150	2000
2100	360	2480
2520	1200	2980
4200	1200	4680
6300	1200	6350
6720	1200	7150
8400*	1200	9150

* Для цилиндров диаметром 1800 мм.

полняться полыми и сплошными. На лицевой цапфе сушильного цилиндра имеется выточка для гидрогайки, посадочное место для роликового подшипника, а на приводной цапфе дополнительно — место для крепления паровой головки и посадочное место со шпоночной канавкой для зубчатого колеса.

В конце сушильной части устанавливаются холодильные цилиндры, которые служат для охлаждения бумажного полотна от 85...90 °С до 50...55 °С и увеличения влажности бумаги (на 1,5...2,5 %) за счет конденсации водяных паров на холодной поверхности цилиндров, в результате чего бумага приобретает некоторую пластичность. Охлаждение и увлажнение бумаги способствует лучшему ее уплотнению на каландрах, уменьшению разницы в гладкости сеточной и лицевой сторон полотна; при этом снижается также электризация полотна. Температуру холодильных цилиндров рекомендуется поддерживать в пределах 35...40 °С за счет циркуляции воды в полости цилиндра.

По конструктивному оформлению холодильные цилиндры отличаются от бумагосушильных тем, что поверхность корпуса хромируется.

В некоторых схемах на холодильных цилиндрах устанавливают две водяные головки, соединенные между собой коллектором с равномерно распределенными по длине соплами. Одна головка для подвода охлаждающей воды ставится с лицевой стороны, а другая, для отвода воды, — с приводной стороны. Отвод охлаждающей воды производится неподвижными сифонами. Здесь же предусматривается подвод сжатого воздуха для создания перепада давлений, необходимого при отводе воды неподвижными сифонами. Водяные головки с лицевой и приводной сторон изготавливаются из тех же деталей, что и паровые головки.

Наибольшее избыточное давление, которое поддерживается в холодильном цилиндре, — 0,15 МПа. На трубопроводе подвода воды должен быть установлен клапан, выключающий подачу воды при останове цилиндров. Соединение головок с трубопроводом производится с помощью гибких шлангов.

В некоторых схемах машин предусматривают два режима работы цилиндров в конце сушильной части: они могут работать в режиме как холодильных, так и сушильных цилиндров.

Сушильные цилиндры — это сосуды, работающие под избыточным давлением более 0,07 МПа, поэтому на них распространяются правила Госгортехнадзора. В соответствии с этими правилами изготовление цилиндров

разрешается только предприятиям, которые располагают техническими средствами, обеспечивающими качественное их изготовление в полном соответствии с требованиями Правил, стандартов, нормалей и технических условий.

Правилами устанавливаются требования к надежности конструкции цилиндров и условиям безопасной эксплуатации, осмотра, очистки, промывки и ремонта. Цилиндры должны снабжаться лазами. Каждый сосуд должен поставляться заводом-изготовителем заказчику с паспортом установленной формы и инструкцией по его монтажу и безопасной эксплуатации. На торцевой крышке цилиндра (на видимом месте) заводом-изготовителем должна крепиться металлическая пластинка с клеймением следующих паспортных данных: наименование завода-изготовителя; заводской номер сосуда; год изготовления; рабочее давление, МПа; допустимая температура стенок сосуда, °С.

Гидравлическому испытанию подлежат все цилиндры после их изготовления при пробном давлении $p_{п} = 1,5 p_{раб}$, но не менее 0,3 МПа. Время выдержки сосуда под пробным давлением для литых и многослойных сосудов не менее 60 мин. После снижения пробного давления до рабочего производится тщательный осмотр всех соединений. Для испытания должна применяться вода, при этом перепад температур окружающей среды и воды не должен превышать 5 °С. Измерение давления должно производиться по двум проверенным манометрам, один из которых — контрольный. Сосуд считается выдержавшим гидравлическое испытание, если не обнаружено признаков разрыва, видимых остаточных деформаций, течи.

1.11.3.5. Подшипники сушильных цилиндров

На цапфы сушильных цилиндров современных бумагоделательных машин устанавливают подшипники качения, применение которых по сравнению с подшипниками скольжения снижает затраты энергии на привод, особенно во время пуска машины, они долговечнее (служат более 10 лет) и надежнее в эксплуатации [107].

На бумаго- и сукносушильных цилиндрах применяются двухрядные сферические роликоподшипники с симметричными и несимметричными роликами, так как они обладают высокой радиальной грузоподъемностью и допускают

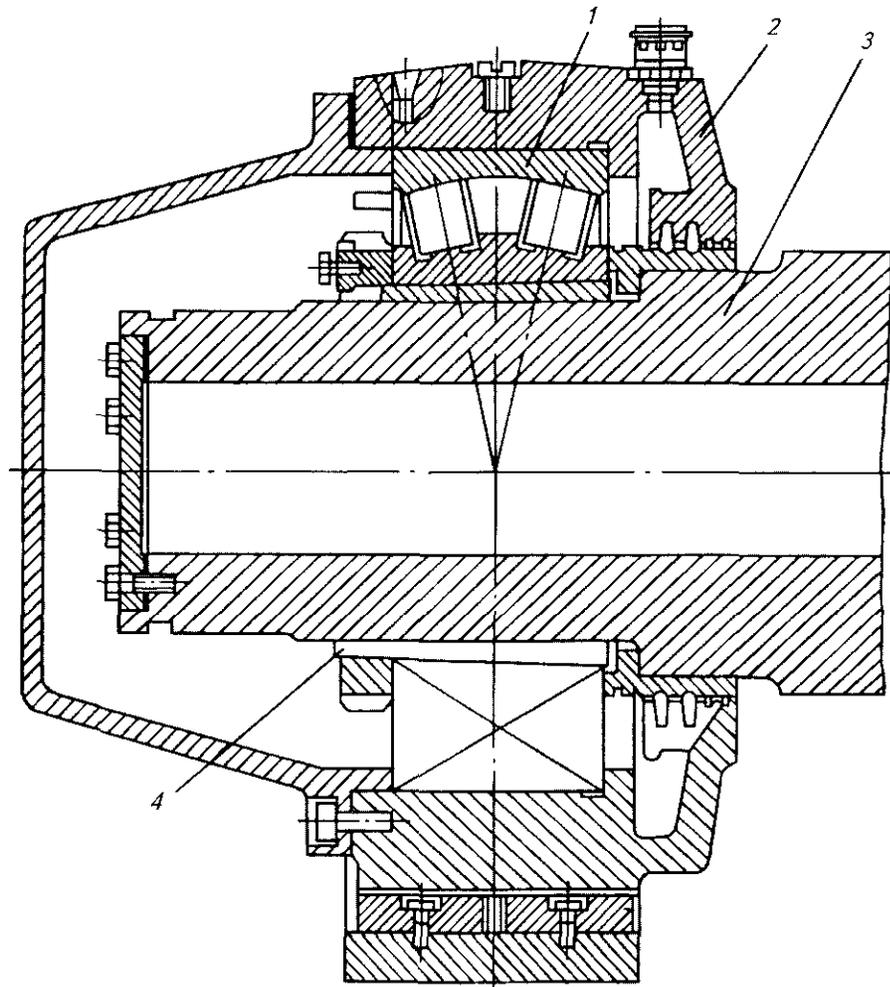


Рис. 1.180. Подшипниковый узел сушильного цилиндра:

1 — подшипник; 2 — корпус подшипника; 3 — цапфа; 4 — затяжная втулка

несоосность $2...3^\circ$. Все валы и сушильные цилиндры бумагоделательной машины обычно устанавливают на подшипниках этого типа (рис. 1.180).

С лицевой стороны могут устанавливаться также однорядные роликовые подшипники с коническим внутренним отверстием. С обеих сторон ролика наружное кольцо имеет бортики, а по внутреннему кольцу происходит смещение вала для компенсации термических расширений сушильных цилиндров, которые могут достигать $7...10$ мм. Подшипники устанавливаются непосредственно на цилиндрических или конических цапфах, а также на конических буксовых и закрепительных втулках.

Посадка подшипника на цилиндрическую цапфу производится после его нагрева в масляной ванне до температуры $100...120^\circ\text{C}$. Нагрев подшипников паром или открытым пламенем недопустим. Демонтаж подшипника производится винтовым съемником.

Установка подшипников на конической цапфе или конической втулке позволяет быстро монтировать и демонтировать их, а также в определенных пределах регулировать радиальный зазор между роликами и кольцом.

На сушильных цилиндрах наибольшее распространение получила установка подшипников на закрепительной втулке. Монтаж производится путем затягивания монтажной гайки, после чего она стопорится фасонной шайбой; при демонтаже гайка и стопорная шайба снимаются с втулки, а втулка выпрессовывается.

Конструкция подшипникового узла сушильных цилиндров должна предусматривать компенсацию возможных перекосов, термического удлинения цилиндра, отвод образующегося тепла.

Термическое удлинение сушильных цилиндров может быть компенсировано установкой наружного кольца подшипника с лицевой стороны цилиндра на скользящей посад-

ке, а также установкой лицевого подшипника на роликах и призмах или применением подшипников с короткими роликами, имеющими возможность перемещаться по внутреннему кольцу.

Решающую роль в безаварийной работе подшипников играет систематический отвод тепла. Перегрев подшипника неминуемо ведет к аварии. Теплоотвод от подшипников обеспечивается циркулирующей смазкой, при этом масло после прохождения через подшипник очищается, охлаждается и вновь подается в подшипник. Обычно масло подается на подшипник сверху, а отводится из корпуса подшипника снизу. Отверстие для отвода масла должно быть в несколько раз больше отверстия для подачи масла. Дно корпуса подшипника должно иметь уклон в сторону слива масла. В тяжело нагруженных подшипниках смазка может подаваться непосредственно в зону трения через кольцевую канавку на наружном кольце подшипника и просверленные в нем отверстия.

Тип уплотнения подшипника для изоляции от окружающей среды зависит от частоты вращения, диаметра подшипника, вида смазки, температуры окружающей среды и размеров подшипникового узла. Основным типом применяемых уплотнений являются лабиринты. Их можно использовать для любых скоростей и смазок. Принцип работы лабиринтных уплотнений основан на создании местных гидравлических сопротивлений на пути движения масла.

1.11.3.6. Паровые головки

Паровые головки служат для плотного соединения вращающихся деталей сушильных цилиндров с неподвижными паропроводами и конденсаторпроводами, используемыми для подачи пара в цилиндры и отвода из них конденсата.

По конструкции паровые головки делятся на головки с отводом конденсата неподвижными сифонами и головки с отводом конденсата черпаками или вращающимися сифонами. Промышленностью выпускается несколько типоразмеров паровых головок. В табл. 1.110 приведен принятый ряд условных проходов паровых головок.

Паровая головка для неподвижного сифона состоит из корпуса, конденсатной и паровой труб, торцевого уплотнения и других деталей (рис. 1.181). Конденсатная труба является продолжением сифона и располагается внутри паровой трубы. Торцевое уплотнение включает плоские уплотнительные графитные кольца, втулку, прикрепленную к торцевой части цапфы, несколько пружин и фланец, установленный на двух направляющих шпильках. На участке паровой трубы, начиная от

Таблица 1.110

Условный проход паровых головок D_y , мм

По пару	40	50	65	100
По конденсату	32	40	50	65

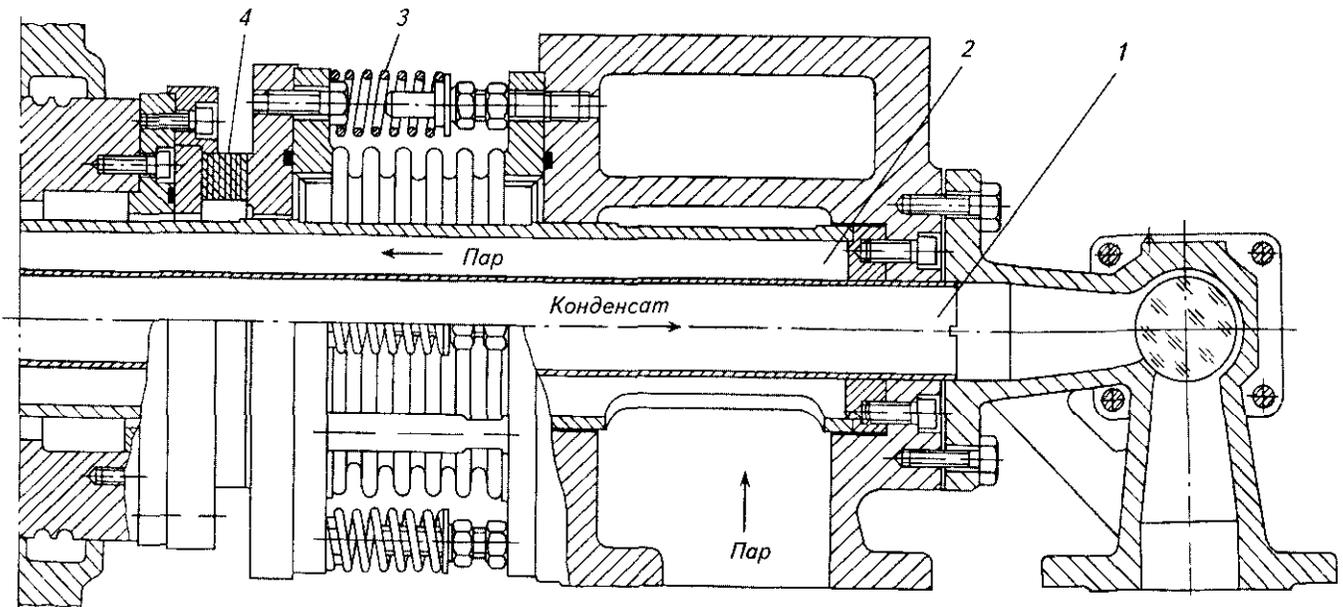


Рис. 1.181. Паровая головка для неподвижного сифона:

1 — конденсатная труба; 2 — кольцевой зазор для подачи пара; 3 — пружины; 4 — графитовое уплотнительное кольцо

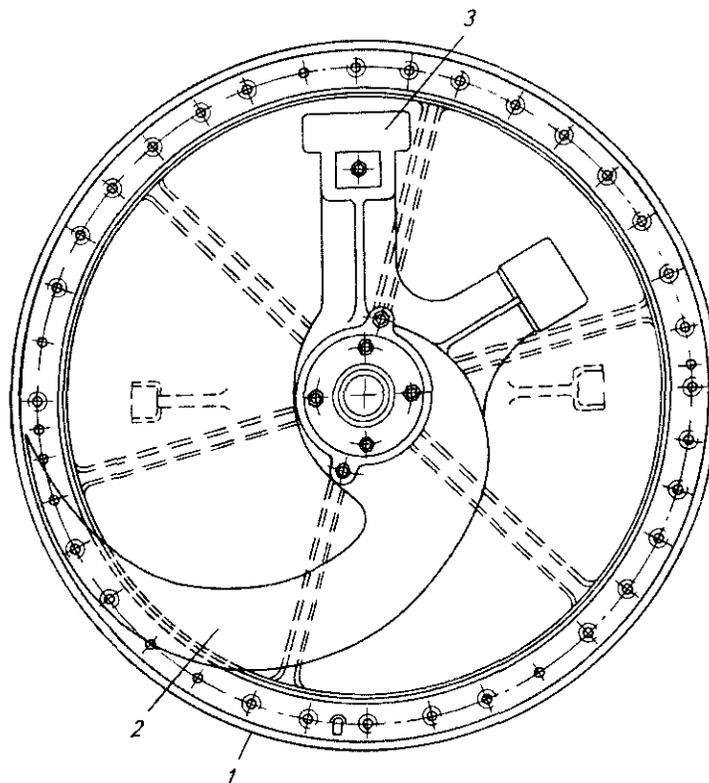


Рис. 1.182. Спиральный однорогий черпак с двумя противовесами для удаления конденсата из сушильного цилиндра:

1 — сушильный цилиндр; 2 — черпак; 3 — противовес

уплотнительных колец, паровая труба в цапфе расположена консольно. К ней с помощью фланца прикрепляется неподвижный сифон. В паровую камеру поступает пар, затем по кольцевому сечению он направляется в цилиндр. Конденсат из цилиндра возвращается по центральной трубе.

Черпаки могут быть одно- и двурогими, они выполняются в виде спирали и крепятся болтами к торцевой крышке цилиндра с приводной стороны (рис. 1.182). В нижнем положении черпак спиральной частью набирает конденсат, а когда находится в верхней полуокружности цилиндра, конденсат выливается в кольцевое пространство цапфы цилиндра.

От формы черпака зависят как расход энергии, так и полнота удаления конденсата. Черпаки могут работать только при низкой скорости машины, когда имеет место отстойное расположение конденсата (см. ниже). Недостатком удаления конденсата черпаками является то, что черпаки работают только при вращении цилиндров. Черпак и цилиндр совместно работают как насос с периодической подачей конденсата в конденсатопровод.

Паровая головка с отводом конденсата с помощью вращающегося сифона состоит из камеры для подвода пара и камеры для отвода

конденсата, уплотнительных графитных колец, пружины и других деталей. Пар поступает сначала в камеру, а затем через отверстия направляется в кольцевой зазор и далее в сушильный цилиндр. Конденсат из цилиндра возвращается по центральной трубе в конденсатную камеру и далее в конденсатопровод.

Схема подвода пара и отвода конденсата выбирается в зависимости от ширины и скорости машины: для низко- и среднескоростных машин подвод пара и отвод конденсата производятся с приводной стороны, для скоростных и широкоформатных машин — с обеих сторон машины. Встречаются также схемы с подводом пара с одной стороны и отводом конденсата с другой.

1.11.3.7. Устройства для удаления конденсата из цилиндров

В полости сушильных цилиндров может быть два режима устойчивого расположения конденсата: 1) отстойный и 2) кольцевой; промежуточное состояние называется переходным режимом (рис. 1.183, а—в).

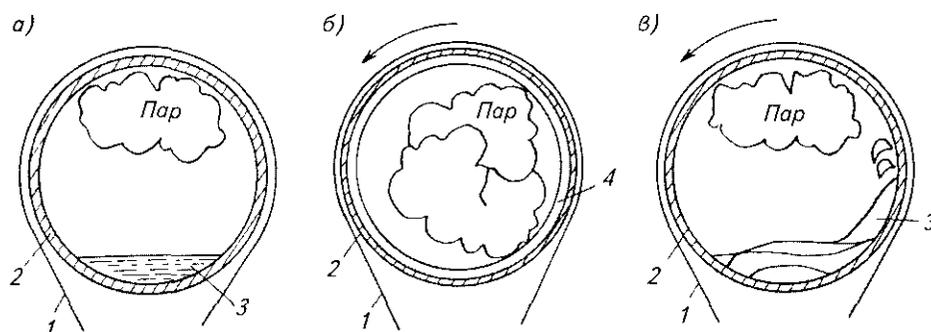


Рис. 1.183. Расположение конденсата в полости сушильного цилиндра: а — при отстойном конденсатообразовании; б — при кольцевом образовании конденсата; в — при переходном режиме;
1 — бумажное полотно; 2 — сушильный цилиндр; 3 — конденсат; 4 — конденсатное кольцо

При отстойном режиме водяной пар конденсируется на внутренней поверхности цилиндра, а затем под действием гравитационной силы конденсат стекает и располагается в нижней части цилиндра в виде сегмента, который при работе машины несколько смещается в направлении вращения цилиндра. Такой режим конденсатообразования и расположения конденсата имеет место при низкой скорости бумагоделательной машины до 350...400 м/мин.

При более высоких скоростях конденсат под действием центробежной силы располагается на внутренней поверхности цилиндра в виде кольца. Как показали исследования, конденсат в полости цилиндра распределяется неравномерно — в верхней части цилиндра конденсатное кольцо толще, чем в нижней. По толщине кольца имеется градиент скорости: у поверхности цилиндра скорость конденсатного кольца примерно такая же, как и у самого цилиндра, а на другой стороне кольца — меньше.

Мощность, затрачиваемая на привод, зависит как от скорости машины, так и от диаметра цилиндров и расположения конденсата в них. По мере повышения скорости машины потребляемая мощность увеличивается до тех пор, пока наблюдается отстойное расположение конденсата; как только в цилиндре образуется конденсатное кольцо, потребляемая мощность резко уменьшается в связи с сокращением затрат мощности на трение между конденсатом и внутренней поверхностью цилиндра.

Конденсатное кольцо создает достаточно высокое термическое сопротивление тепловому потоку от конденсирующегося пара к внутренней стенке. Если бы конденсатное кольцо было неподвижным, то на каждый миллиметр его толщины температура снижалась бы (в за-

висимости от величины теплового потока) на 4...8 °С. Однако термическое сопротивление вращающегося кольца в три раза ниже, чем у неподвижного кольца, из-за имеющегося градиента скорости.

Выбор схемы и конструкции конденсатоудаляющих устройств определяется главным образом расположением конденсата в сушильном цилиндре. Если расположение конденсата отстойное, то могут применяться черпаки и неподвижные сифоны. Если же конденсат в цилиндре располагается в виде кольца, то тогда следует применять вращающиеся или неподвижные сифоны.

Важным условием устойчивого удаления конденсата из полости сушильных цилиндров является наличие достаточного перепада давлений между цилиндром и конденсатопроводом: $\Delta p = p_{\text{ц}} - p_{\text{к}}$. Как показывает опыт эксплуатации машин с ковшовым способом удаления конденсата, перепад давлений должен быть равен $\Delta p = 0,02...0,03$ МПа [108].

На средне- и быстроходных машинах применяются неподвижные или вращающиеся сифоны.

Неподвижный сифон представляет собой трубку, на одном конце которой имеется наконечник, погруженный в слой конденсата, а другой конец трубки с помощью промежуточной камеры присоединяется или к кольцеобразному пространству в цапфе цилиндра, или к паровой головке (рис. 1.184). Положение наконечника относительно внутренней поверхности корпуса можно регулировать с помощью специальных болтов.

Во время пуска машины сифон прогревается значительно быстрее корпуса цилиндра, поэтому существует опасность задевания наконечника за стенку цилиндра, вследствие этого следует устанавливать его с определенным зазором; для предотвращения повреждения

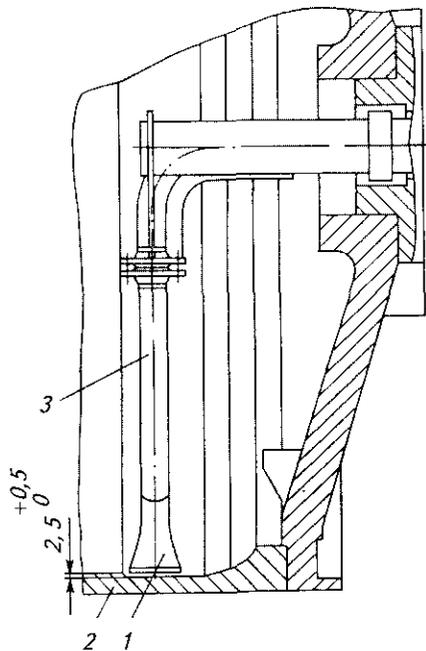


Рис. 1.184. Неподвижный сифон:

1 — наконечник сифона; 2 — сушильный цилиндр; 3 — отводящая трубка сифона

цилиндра при случайном соприкосновении наконечник выполняется из термостойкого алюминия.

В последних конструкциях наконечники сифонов выполняют в виде плавающих фторопластовых втулок, обеспечивающих наи-

меньший зазор между сифоном и внутренней поверхностью цилиндра 1,5...2,0 мм. Плавающая втулка компенсирует также температурные расширения сифона и исключает изнашивание цилиндра. При отстойном расположении конденсата неподвижный сифон устанавливается с наклоном 15° в направлении вращения цилиндра. Наконечник сифона расположен в углублении в корпусе цилиндра с целью уменьшения толщины слоя конденсата и улучшения теплопередачи от конденсирующегося пара к внутренней поверхности цилиндра. Удаление конденсата в схемах с неподвижным сифоном основано на «выдавливании» его за счет перепада давлений в полости цилиндра и конденсатопроводе. Кроме того, при кольцеобразном расположении конденсата на насадку сифона дополнительно действует динамическое давление движущегося кольца, которое способствует более полному удалению конденсата.

Если перепад давлений недостаточен, то конденсат накапливается в цилиндре и тепловой режим работы бумагосушильных цилиндров нарушается. Если же перепад давлений слишком большой, то тогда через сушильный цилиндр проходит много пролетного пара и его тепло используется неэффективно.

Вращающиеся сифоны применяются для удаления конденсата из сушильных цилиндров быстроходных машин, когда конденсат

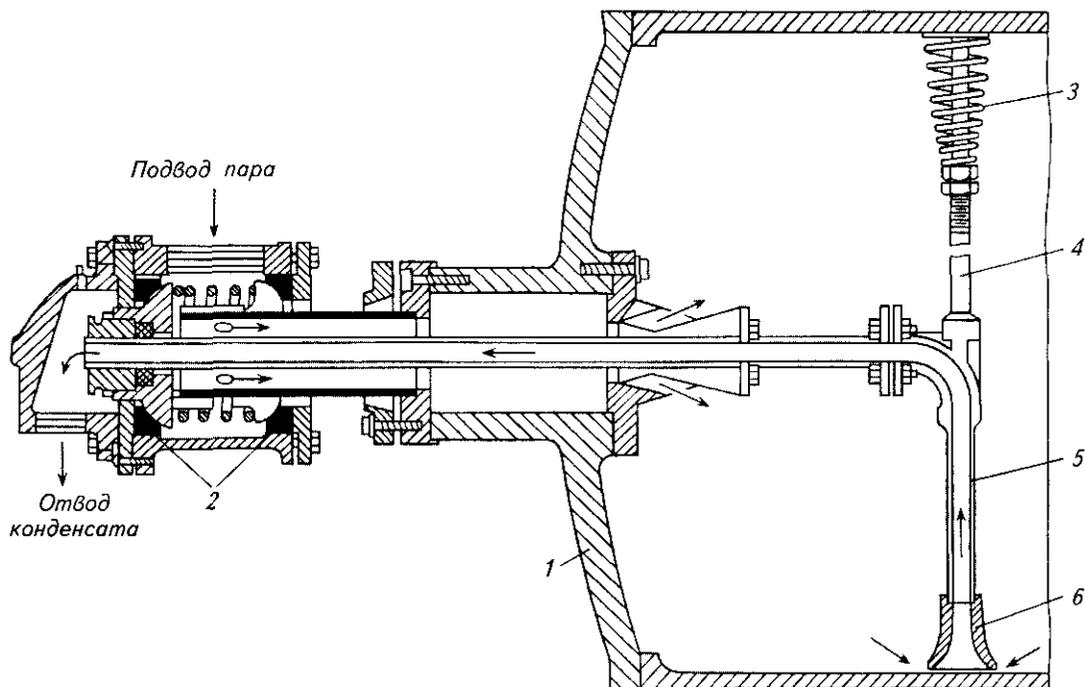


Рис. 1.185. Вращающийся сифон и паровая головка сушильного цилиндра:

1 — сушильный цилиндр; 2 — графитовые уплотнительные кольца; 3 — распорная пружина; 4 — штанга; 5 — сифонная трубка; 6 — насадка

в цилиндрах располагается в виде кольца. Вращающийся сифон состоит из сифонной трубки, один конец которой заканчивается насадкой, упирающейся в цилиндр, а другой конец проходит по центру полой цапфы цилиндра и заканчивается в паровой головке. Крепление вращающегося сифона производится опорной регулируемой штангой, заканчивающейся конусной пружиной (рис. 1.185). Имеются конструкции со спиральными сифонными трубками, компенсирующими их термическое расширение. Во вращающихся сифонах насадка плотно прилегает к внутренней поверхности цилиндра, а зазор для поступления конденсата может регулироваться с помощью специальных болтов. Достоинствами вращающихся сифонов являются их надежное крепление в цилиндре и возможность устанавливать несколько сифонов по длине цилиндра в любом месте. Существенный недостаток вращающихся сифонов состоит в том, что для удаления конденсата требуется большой перепад давлений Δp , что обусловлено действием на столб конденсата, находящегося в сифонной трубке, центробежной силы.

1.11.3.8. Шаберы цилиндров и валов

Очистка поверхности валов и сушильных цилиндров бумагоделательных машин производится шаберами, принцип работы которых основан на механической очистке рабочих по-

верхностей вращающихся цилиндров при помощи лезвия шабера, находящегося в контакте с очищаемой поверхностью. Шабер удаляет с поверхности цилиндра волокна, пыль, наполнители и другие вещества, а также отделяет от поверхности цилиндров бумажное полотно при его обрыве или заправке, предотвращая наматывание полотна на цилиндр [109].

Стабильная работа бумагоделательной машины во многом определяется схемой расположения и конструкцией шаберов.

На современных БДМ шаберы имеют весьма сложную конструкцию. Их основными узлами являются корпус, держатель лезвия, собственно лезвие, механизм для подвода и прижима лезвия к очищаемой поверхности, опора корпуса, механизм для осциллирующего движения, устройства для транспортировки удаленных шабером загрязнений. Наличие неравномерной температурной деформации корпуса шабера определяет соответствующую тенденцию в развитии конструкций корпуса — снижение неравномерности температуры на его поверхности.

Широко распространена конструкция держателя, в которой лезвие закреплено между двумя плоскими поверхностями (рис. 1.186, а). Особенностью этой конструкции является малая жесткость лезвия. Такая конструкция довольно проста, однако равномерность прилегания лезвия к поверхности вала в этом случае определяется только податливостью лезвия. В процессе эксплуатации вследствие изнашивания ширина лезвия уменьшается, и это приводит к существенному повышению его

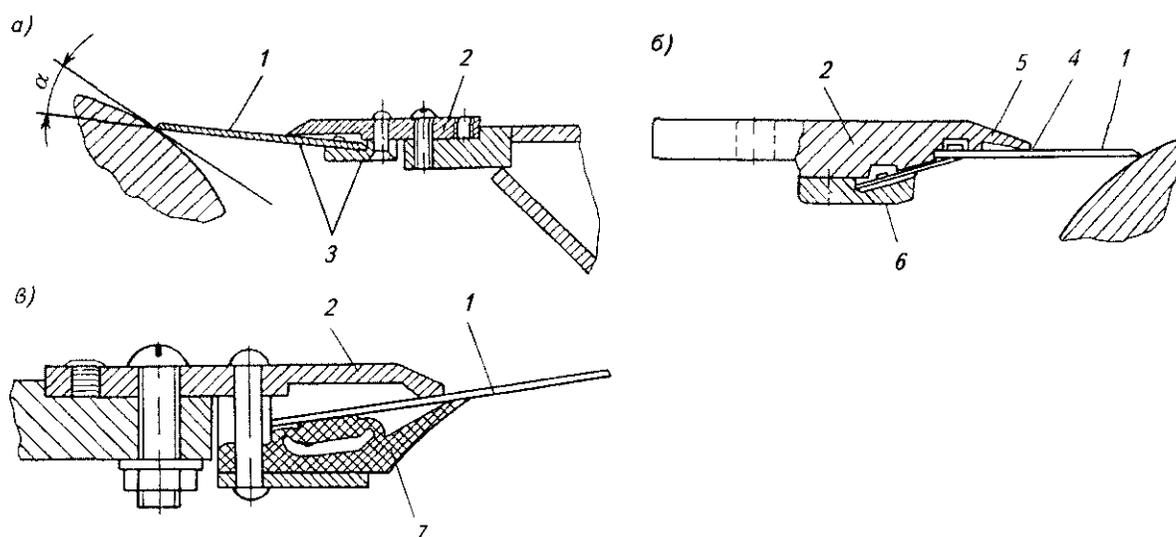


Рис. 1.186. Шаберы для сушильных цилиндров и валов с различными способами крепления лезвия: а — жесткое крепление; б — гибкое крепление; в — с помощью пневмо- и гидрокамер;

1 — лезвие; 2 — держатель; 3 — плоские поверхности; 4 — прижимные поверхности; 5 — верхняя губа; 6 — прижимная планка; 7 — эластичная резиновая камера

жесткости, в результате чего лезвие становится менее способным компенсировать погрешности взаимного расположения в системе «шабер—цилиндр».

Важным этапом в развитии конструкции держателей стало применение в них упругого элемента — прижимной планки (рис. 1.186, б). В этом случае лезвие опирается на упругий элемент, и, следовательно, суммарная податливость системы «лезвие—держатель» существенно увеличивается. Вместе с лезвием, прижатым к поверхности цилиндра, деформируется и прижимная планка.

Дальнейшим развитием конструкции держателя лезвия является замена металлических нажимных планок пневматическими и гидравлическими камерами, расположенными в корпусе держателя. Конструкции держателей с пневматическим и гидравлическим нажимным устройствами мало отличаются друг от друга (рис. 1.186, в). Основным элементом является эластичная резиновая камера, расположенная в продольном пазу держателя. Внутренняя полость камеры наполняется рабочим агентом — жидкостью. Лезвие шабера опирается тыльной стороной на рабочую поверхность камеры и воспринимает равномерное давление со стороны держателя по всей своей длине. Это обеспечивает более равномерное, чем в распробраненных ранее конструкциях, прилегание лезвия к поверхности вала.

Известна также так называемая сверхэластичная конструкция держателя, в которой он шарнирно прикреплен к корпусу шабера с двумя пневматическими камерами, воздействующими на корпус держателя. Изменение давления рабочей среды в камерах позволяет регулировать усилие прижима лезвия к поверхности цилиндра.

Положительное влияние на эффективность очистки поверхности сушильных цилиндров и валов оказывает возвратно-поступательное (осциллирующее) движение шабера вдоль вала или цилиндра. Для осуществления осциллирующего движения, совершаемого корпусом шабера с держателем и лезвием, применяют приводы четырех видов: механический, электромеханический, гидравлический и пневматический. Опоры корпуса шабера, совершающего осциллирующее движение, должны обеспечивать не только его поворот, но и возвратно-поступательное перемещение, поэтому конструкции опор существенно усложнены.

В связи с увеличением рабочей скорости БДМ и при изготовлении бумаг с наполнителями происходит сильное пылеобразование в сушильной части БДМ. Наряду с лезвийны-

ми используются щеточные шаберы, которыми чаще всего производится очистка желобчатых валов.

Заслуживает внимания конструкция шабера, действие которого основано на использовании поверхностно-активных реагентов. Для этой цели вдоль поверхности вала или цилиндра располагается короб, который заполняется пористым веществом, соприкасающимся с поверхностью вала. Поверхностно-активный реагент подводится в короб и через пористое вещество равномерно смачивает очищаемую поверхность. Удаление поверхностно-активного реагента и загрязнений осуществляется обычным лезвийным шабером. Такой способ очистки поверхности валов и цилиндров целесообразно применять для трудноудаляемых веществ, таких как смолы, клеи, красители и т. п.

Стеkanie зарядов статического электричества с поверхности валов и цилиндров на лезвие шабера приводит вследствие электрической эрозии к образованию канавок на поверхности цилиндров. Поэтому при проектировании шабера должны быть приняты меры для предотвращения этого.

Все шаберы по принципу действия, конструкции и характеру взаимодействия с очищаемой поверхностью можно разделить на три группы: 1) лезвийные шаберы, с силой прижимаемые к очищаемой поверхности; 2) шаберы со щетками, находящиеся в эластичном контакте с очищаемой поверхностью; 3) бесконтактные шаберы — пневматические и гидравлические устройства.

1.11.3.9. Сушильные сетки и сукна

Сушильные сетки и сукна в многоцилиндровых установках служат для транспортировки бумажного полотна, улучшают условия его заправки, создают более плотный контакт между влажной бумагой и нагретой поверхностью цилиндров, предотвращают коробление, образование морщин и других дефектов.

В качестве одежды сушильной части применяют шерстяные и хлопчатобумажные сукна, а в последние годы широкое распространение получили синтетические сушильные сетки. Шерстяные сукна применяются при выработке высококачественных и чистоцеллюлозных видов бумаги, обладающих большой усадкой, а хлопчатобумажные сукна — при выработке бумаги, в состав которой входит

древесная масса (например, газетной, писчей, типографской и др.).

Если на машине установлены сукна, то в схеме машины предусматриваются сукносушильные цилиндры, с помощью которых сукна подсушиваются. На рис. 1.187 приведена схема установки сукна в группе сушильных цилиндров верхнего ряда, которая включает несколько сукноведущих валиков, правильный валик, натяжной валик и сукносушильный цилиндр. Во время работы сукна изменяют свои размеры, поэтому с помощью натяжного валика регулируют их натяжение, которое для шерстяных сукон равно 15...20 Н/см, а для хлопчатобумажных — не более 5 Н/см. Натяжные устройства могут быть ручные, грузовые или пневматические. Равномерность удлинения сукна по ширине определяется с помощью контрольной полосы.

Сушильные сетки и сукна принимают активное участие в процессах теплообмена при сушке бумаги: во время соприкосновения с бумажным полотном они увлажняются за счет конденсации в них водяных паров, а на сукносушильном цилиндре и на участках свободного хода их влажность понижается. Чем более сухое сукно поступает на цилиндры, тем интенсивнее протекает сушка бумаги.

Сетко- и сукноведущие, правильные и натяжные валики изготавливают из цельнотянутых стальных труб диаметром от 150 до 500 мм в зависимости от ширины машины, они должны свободно вращаться в подшипниках от крутящего момента не более 5 Н·м.

Одним из основных требований, предъявляемых к сушильным сукнам и сеткам, является устойчивость их хода, т. е. минимальное отклонение движущегося полотна от оси

движения. Это необходимо для исключения повреждений и обрывов одежды при ее смещении относительно оси хода, а также предотвращения обрывов бумажного полотна. Важным требованием является отсутствие морщин на сукнах и сетках, которые устраняются разгонными валиками. В сушильной части смещение сукон и сеток возникает по причине отклонений от параллельности осей валов и цилиндров и неравномерности усадки (вытяжки) сукон (сеток). Допускается смещение сукон до 100...150 мм. Каждый сукноправильный валик снабжается автоматической правкой с мембранным или поршневым механизмом, устанавливаемым на приводной стороне машины. С лицевой стороны устанавливается ручная винтовая правка для предварительной установки сукноправильного валика.

Натяжение сеток производится автоматическими пневматическими сукнонатяжками с пневмоцилиндром и планетарным редуктором.

Для устранения складок и морщин на сукнах и сетках, а также на бумажном полотне существуют два способа. Первый — разгон на валиках с выступами, выполненными в виде полос, припаянных к поверхности валика по винтовой линии (обычно с переменным шагом по длине вала). Расправление полотна при взаимодействии с валиками, снабженным разгонными элементами по винтовой линии, происходит вследствие различия окружных скоростей основной цилиндрической поверхности валика и выпуклых элементов, диаметр которых больше диаметра основной поверхности валика. Второй способ — разгон при помощи изогнутого валика с вращающейся рубашкой, по поверхности которой проходит полотно

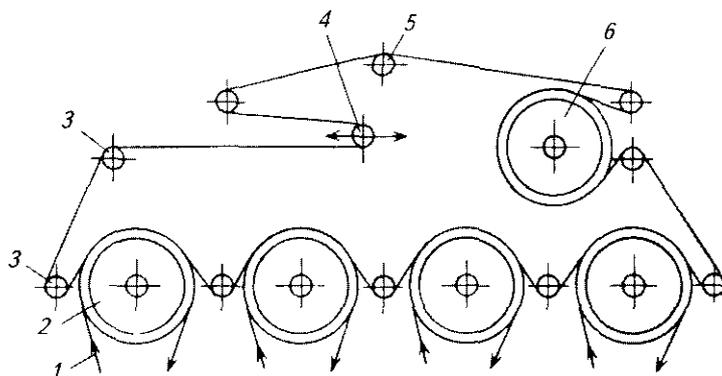


Рис. 1.187. Схема установки сукна в группе сушильных цилиндров верхнего ряда при их традиционной компоновке:

1 — бумажное полотно; 2 — бумагосушильный цилиндр; 3 — сукноведущие валики; 4 — натяжной валик; 5 — правильный валик; 6 — сукносушильный цилиндр

Таблица 1.111

Характеристика сушильных сеток и сукон

Марка	Конструкция	Масса, г/м ²	Воздухопроницаемость, см ³ /см ² с
СК	Основа — полиэфирная нить с полиамидным покрытием; уток — монопить	1064	382
СК-2	То же	1464	110
СК-3	Основа — полиэфирная нить с полиамидным покрытием; уток 1 — с полиэфирной нитью; уток 2 — монопить	1218	154
СК-4	Основа — комплексная акриловая нить; уток — монопить	1236	346
СК-5	Основа — комплексная акриловая нить с пропиткой; уток — монопить с немаркирующим натронным слоем	1218	184
СМ 1	Сетки полностью изготовлены из монопити	1150	305
—	Сушильное сукно шерстяное с добавкой синтетических волокон	3500	2,04...11,60
—	Сушильное сукно из хлопка и асбестового волокна	1800...1900	1,56...4,10

и устраняются складки. Для разгона полотна бумаги применяются также неподвижные разгонные дуги.

Бумаговедущие валики, устанавливаемые перед каландрами, выполняются приводными и предназначены для обеспечения необходимого натяжения бумажного полотна.

Сушильные синтетические сетки обладают рядом преимуществ по сравнению с хлопчатобумажными и шерстяными сукнами. Основным является то, что более дорогостоящие натуральные материалы заменяются синтетическими. Синтетические сетки имеют значительно больший срок службы, меньшую массу 1 м², более высокую воздухопроницаемость. Синтетические волокна более прочные и обладают гидрофобными свойствами, поэтому их не требуется подсушивать. Кроме того, синтетическим сушильным сеткам можно придать различные механические и теплофизические свойства, а также различные характеристики поверхности в зависимости от свойств вырабатываемой продукции, скорости и ширины машины, температурного графика сушки. За счет повышенной воздухопроницаемости сеток на машине активизируется вентиляция межцилиндровых пространств. Натяжение сушильных сеток может быть увеличено до 25 Н/см, что значительно больше по сравнению с хлопчатобумажными и шерстяными сукнами.

Каждая сетка оснащается автоматической правкой, совмещенной с ручным приводом для перемещения правильного валика, и автоматической натяжкой. Исполнительные механизмы правок и натяжки — пневматические. В процессе работы сушильные сетки забиваются волокнами, пылью, клеем, при этом уменьшается воздухопроницаемость, ухудшается сушка бумаги, поэтому сушильные сетки периодически чистят сжатым воздухом, подаваемым через специальные сопла, оснащенные пнев-

матическим приводом для возвратно-поступательного движения. Аварийное смещение сеток контролируется датчиками крайнего положения, установленными с лицевой и приводной стороны машины.

В настоящее время отечественной промышленностью выпускаются несколько видов синтетических сушильных сеток СК (сетка комбинированная) и СМ (сетка из монопити) (табл. 1.111).

Из данных таблицы следует, что синтетические сетки имеют меньшую массу и более высокую воздухопроницаемость, что оказывает положительное влияние на работу сушильной части машины.

1.11.3.10. Безобрывная проводка бумажного полотна

На современных скоростных бумагоделательных машинах, вырабатывающих массовые виды бумаги (газетную, типографскую, мешочную и др.), для обеспечения безобрывной проводки бумажного полотна на первых приводных группах цилиндров сетка движется вместе с бумагой не только по сушильным цилиндрам, но и на участках свободного хода (рис. 1.188). В такой схеме одна сушильная сетка охватывает верхние и нижние цилиндры, а холостая ветвь сетки, направляющие и натяжные валики располагаются над верхним рядом цилиндров, что обеспечивает удобную уборку брака при обрывах. Полотно бумаги прижимается одеждой только к верхнему ряду цилиндров, а на нижних цилиндрах между нагретой поверхностью и бумагой располагается сетка.

Применение безобрывной проводки позволяет: увеличить производительность машины за счет сокращения простоев; осуществить

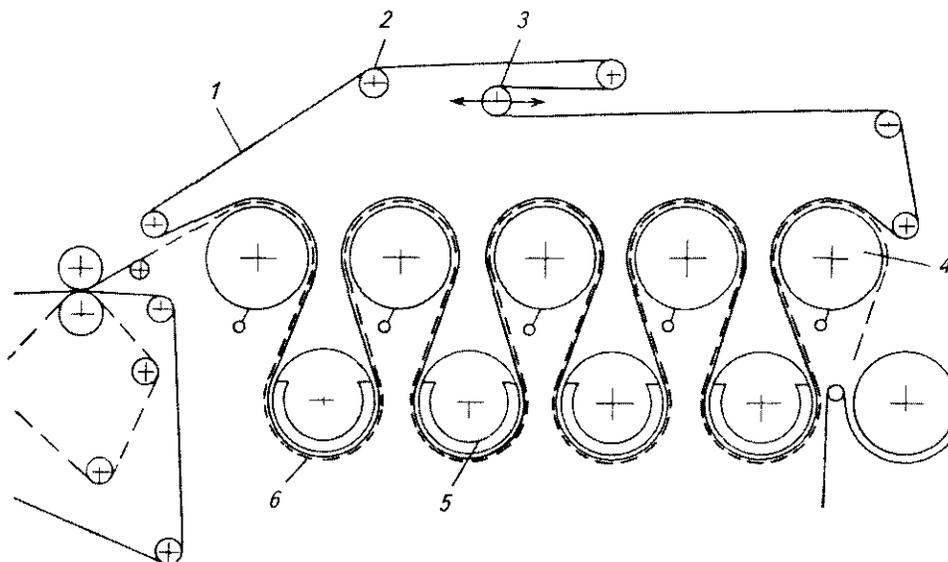


Рис. 1.188. Схема безобрывной проводки бумажного полотна по сушильной части БДМ:

1 — сушильная сетка, 2 — направляющий валок, 3 — сегконаляжный валок; 4 — бумажосушильный цилиндр; 5 — вал с вакуумной камерой; 6 — бумажное полотно

равномерное распределение влажности по ширине бумажного полотна; сократить количество сетководящих, сетконатяжных валков и шаберов; увеличить долю охвата верхних цилиндров бумажным полотном.

В последних конструкциях машин вместо нижнего ряда сушильных цилиндров применяют вакуумные валы для обеспечения плотного прилегания бумажного полотна к сетке.

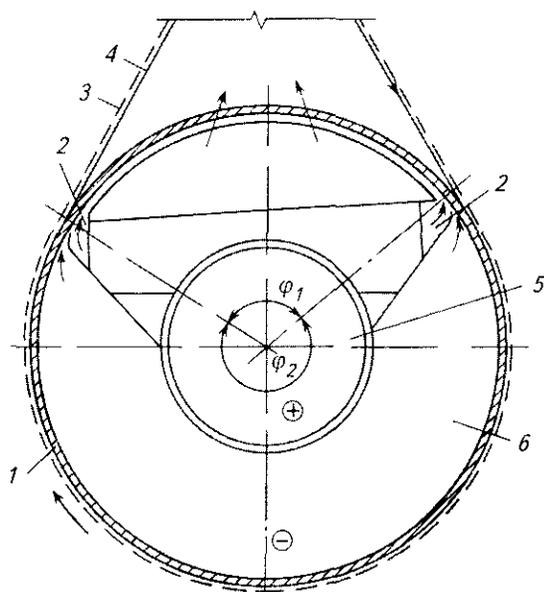


Рис. 1.189. Вакуумный направляющий валок для безобрывной проводки бумажного полотна:

1 — перфорированный корпус; 2 — сопло, 3 — бумажное полотно; 4 — сушильная сетка; 5 — напорная камера; 6 — зона разрежения

В быстроходной (1400 м/мин), широкоформатной (8900 мм) машине для выпуска газетной бумаги массой 45 г/м² в сушильной части имеется семь приводных групп сушильных цилиндров диаметром 2200 и 1810 мм, причем в первых четырех группах цилиндры размещены в одном верхнем ряду, а нижний ряд образуют валы с вакуумными камерами. Только с 17-го сушильного цилиндра они располагаются в два ряда в шахматном порядке.

С помощью отсасывающего вакуумного вала обеспечивается плотное прилегание бумажного полотна к поверхности сетки с целью предотвращения образования пузырей. Вакуумный вал состоит из внутренней неподвижной камеры, двух плоских сопел и перфорированного вращающегося корпуса (рис. 1.189).

Воздух под избыточным давлением через торцы вала подается в центральную неподвижную напорную камеру, откуда через сопла, которые образованы вращающимся корпусом вала и неподвижной направляющей пластиной, вытекает с большой скоростью. Под действием кинетической энергии вытекающей струи из нижней камеры отсасывается воздух, и создается разрежение, под действием которого полотно прилегает к сетке. Воздух через перфорацию в верхней части вала вытекает в межцилиндровое пространство, в результате чего активизируется воздухообмен, улучшаются условия сушки бумажного полотна. Основным достоинством данного вала является отсутствие трущихся неподвижных и вращающихся частей и уплотнений.

1.11.4. ПАРОКОНДЕНСАТНЫЕ СИСТЕМЫ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

1.11.4.1. Описание пароконденсатных систем

Пароконденсатные системы бумагоделательных машин предназначены для обеспечения сушильных цилиндров теплом за счет подвода к ним пара и для отвода конденсата. С помощью пароконденсатных систем поддерживается необходимый температурный график сушки по длине машины. Кроме того, от пароконденсатной системы и режима ее работы зависят расходы тепловой и электрической энергии на сушку бумаги, стабильность работы машины, а также физико-механические показатели готовой продукции.

Различают два вида пароконденсатных систем: 1) с параллельным пароснабжением сушильных цилиндров; 2) с групповым пароснабжением цилиндров и последовательным соединением сушильных групп [110].

В системе с параллельным пароснабжением все сушильные цилиндры подсоединены к общему паропроводу и общему конденсатопроводу. На главном паропроводе имеется регулирующий клапан с байпасной линией, а также может быть установлен сепаратор для отделения влаги от пара. На каждом подводящем к цилиндру паропроводе предусмотрены запор-

ные ventили, а на конденсатных стояках кроме ventилей имеются также конденсатоудаляющие устройства (рис. 1.190). Из главного паропровода пар по индивидуальным паропроводам направляется в сушильные цилиндры, где конденсируется. Образовавшийся конденсат сливается в конденсатный бак и далее перекачивается в котельную.

Система параллельного пароснабжения проста по конструкции, обладает простотой регулирования расхода пара по отдельным цилиндрам, что позволяет выдерживать любой заданный температурный режим сушки. Однако параллельная система имеет следующие недостатки:

ее применение возможно лишь до скорости бумагоделательной машины 350...400 м/мин;

на конденсатопроводах должны быть установлены конденсатоудаляющие устройства (конденсатные горшки, термодинамические клапаны или другие конденсатоудаляющие приборы); более низкий КПД по сравнению с другими системами.

Системы группового пароснабжения сушильных цилиндров с последовательным соединением групп в настоящее время получили преимущественное распространение, так как позволяют использовать пролетный пар для более полного удаления из сушильных цилиндров конденсата. Такие системы являются универ-

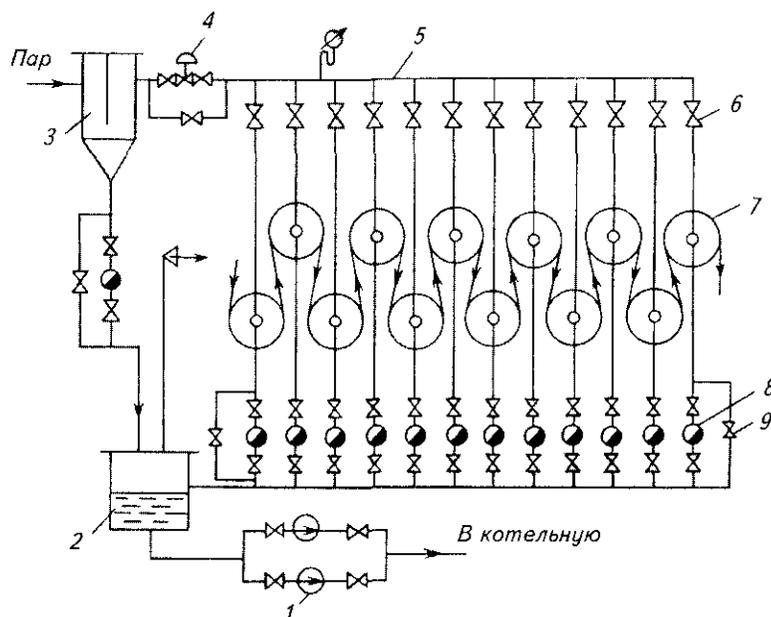


Рис. 1.190. Схема параллельного пароснабжения и отвода конденсата из сушильной части БДМ:

1 — конденсатные насосы; 2 — конденсатный бак; 3 — сепаратор пара; 4 — автоматический клапан — регулятор давления пара; 5 — машинный паропровод; 6 — запорные ventили; 7 — бумагосушильные цилиндры; 8 — конденсатоудаляющие устройства; 9 — байпасы

сальными и применяются для скоростных и тихоходных, узкоформатных и широкоформатных бумагоделательных и картоноделательных машин, а также пресспатов.

Система группового пароснабжения включает в себя машинный и индивидуальный паропроводы, конденсатопроводы, водоотделители, холодильник, вакуумный и конденсатный насосы, регулирующую и запорную арматуру (рис. 1.191).

Все бумагосушильные цилиндры разделены на несколько паровых групп, которые объединены общими паропроводами и конденсатопроводами. Сукносушильные цилиндры, если они есть в схеме машины, составляют, как правило, самостоятельную группу. На главном паропроводе, подводящем слабоперегретый пар к сушильной части, устанавливают диафрагму для учета расхода пара; имеются ответвления пара на технологические нужды, а также к калориферам теплорекуперационных установок. Имеются также задвижка с электроприводом для дистанционного отключения пара при длительных остановках машины, регулирующий клапан для поддержания постоянного давления пара, предохранительный клапан, ответвления пара к коллекторам су-

шильных групп. Может быть предусмотрен расширитель для отделения попутного конденсата [111].

Из распределительных групповых коллекторов пар подводится к каждому цилиндру. Паропроводящие и конденсатоотводящие трубы имеют запорные вентили для отключения цилиндров, а также эластичные компенсаторы. Кроме того, на каждой конденсатоотводящей трубе могут быть установлены регуляторы разности давлений и устройства для наблюдения за движением конденсата. Свежий пар под давлением p_1 поступает в 1-ю сушильную группу (цилиндры № 18...50; см. рис. 1.191), где частично конденсируется и отдает свое тепло сушильным цилиндрам. Давление пара в цилиндрах изменяется регулирующим клапаном в зависимости от влажности бумажного полотна на накате. Образовавшаяся в цилиндрах пароконденсатная смесь направляется в водоотделитель 1-й сушильной группы $B1$, где происходит ее разделение на жидкую и паровую фазы. Пар направляется во вторую сушильную группу, а конденсат под действием перепада давления перетекает во 2-й водоотделитель ($B2$). В случае необходимости в сушильную группу дополнительно подается свежий

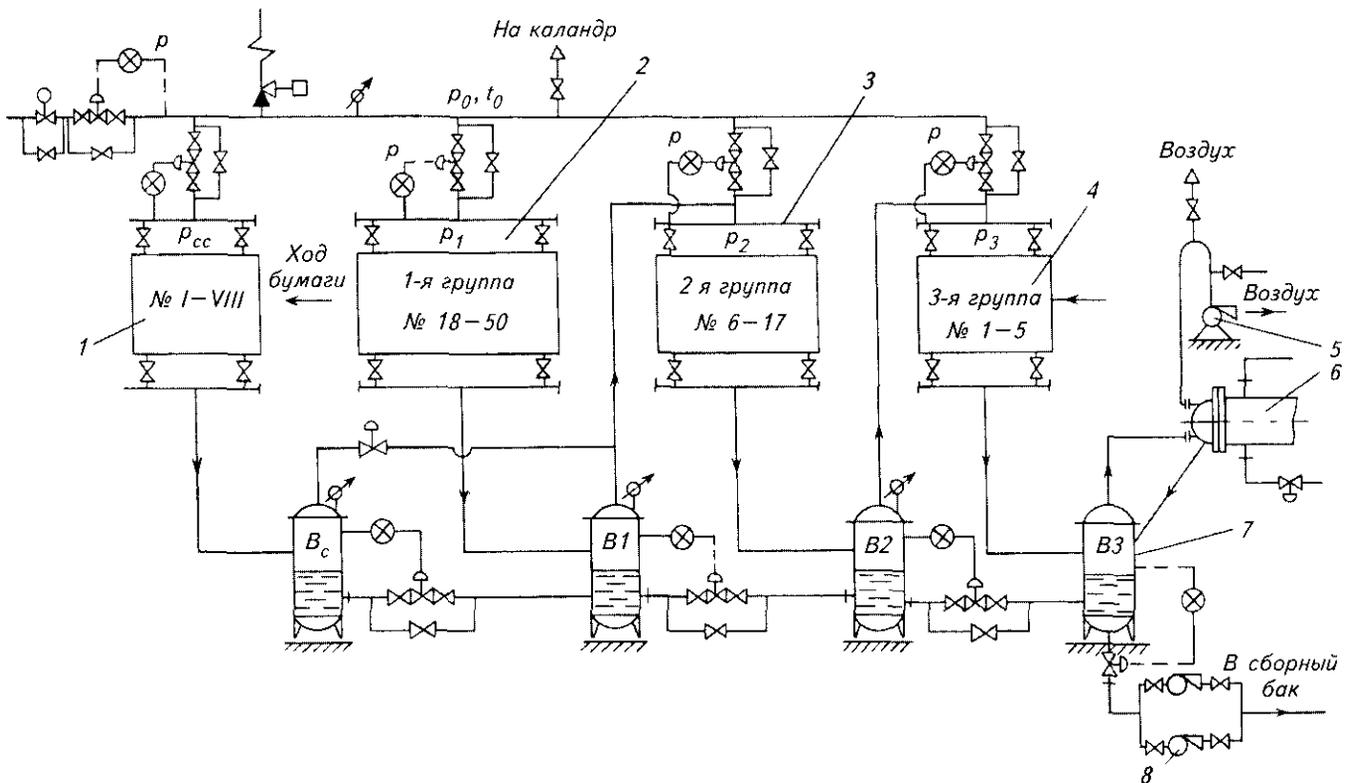


Рис. 1.191. Схема группового пароснабжения и отвода конденсата из сушильных цилиндров:

1 — группа сукносушильных цилиндров, 2 — 1-я паровая группа бумагосушильных цилиндров, 3 — 2-я паровая группа бумагосушильных цилиндров, 4 — 3-я паровая группа бумагосушильных цилиндров; 5 — вакуум-насос, 6 — холодильник, 7 — водоотделители $B_c, B1, B2, B3$, 8 — конденсатные насосы

пар из главного паропровода. Аналогичной схемой подвода пара и отвода конденсата оборудована и 2-я сушильная группа (цилиндры № 6...17). В цилиндры 2-й сушильной группы пролетный и вторичный пар поступает с давлением p_2 , а конденсат поступает в конденсатопровод с давлением p_3 . Из 3-й паровой группы (цилиндры № 1...5) пароконденсатная смесь поступает в водоотделитель ВЗ, где происходит ее разделение на конденсат, который насосами перекачивается в сборный бак и далее в котельную, и паровоздушную смесь, которая с помощью вакуум-насоса направляется в холодильник, где происходит конденсация водяных паров, содержащихся в смеси. Неконденсирующиеся газы выбрасываются в атмосферу, а конденсат возвращается в водоотделитель.

Разделение сушильных цилиндров на паровые группы целесообразно производить в соответствии с периодами сушки.

Исследования пароконденсатных систем бумагоделательных машин показывают, что гидравлический и тепловой режимы сушильных частей неустойчивы из-за неравномерного расхода пара по длине сушильной части машины, особенно в периодах прогрева и уменьшающейся скорости сушки, из-за частичного или полного заполнения цилиндров конденсатом, наличия в сушильных цилиндрах неконденсирующихся газов. Нарушения гидравлического и теплового режимов многоцилиндровых контактно-конвективных сушильных установок проявляются в колебаниях нагрузки и частоты вращения привода сушильных групп, что приводит к обрывам бумажного полотна,

неравномерной сушке по ширине, повышенной влажности бумаги на накате.

Иногда верхние и нижние бумаго- и картоносушильные цилиндры разделяют по подводу пара и отводу конденсата на самостоятельные паровые группы с автономными водоотделителями с целью получения различной температуры цилиндров верхнего и нижнего ярусов.

Существенное влияние на работу многоцилиндровых сушильных установок оказывает наличие воздуха в цилиндрах. Это обусловлено различными теплофизическими свойствами водяного пара и неконденсирующихся газов, которые располагаются у внутренней поверхности цилиндра и значительно уменьшают теплоотдачу при конденсации пара.

Для удаления воздуха из сушильных цилиндров необходимо проводить их продувку паром. В цилиндрах 1-й и 2-й сушильных групп продувка осуществляется пролетным паром, а в цилиндрах 3-й группы (последней по ходу пара) необходимо предусматривать расход пара на 2...5 % больше, чем требуется на сушку бумаги. Воздух, содержащийся в паровоздушной смеси, удаляется в атмосферу, а пар конденсируется в холодильнике.

На рис. 1.192 приведены температурные графики сушильных цилиндров, бумажного полотна и насыщенного пара, а также кривая кинетики сушки бумаги.

Температурный график сушильных цилиндров имеет неровный характер с колебаниями температуры между отдельными цилиндрами в одной группе 5...8 °С. Если температура насыщенного пара отличается от температу-

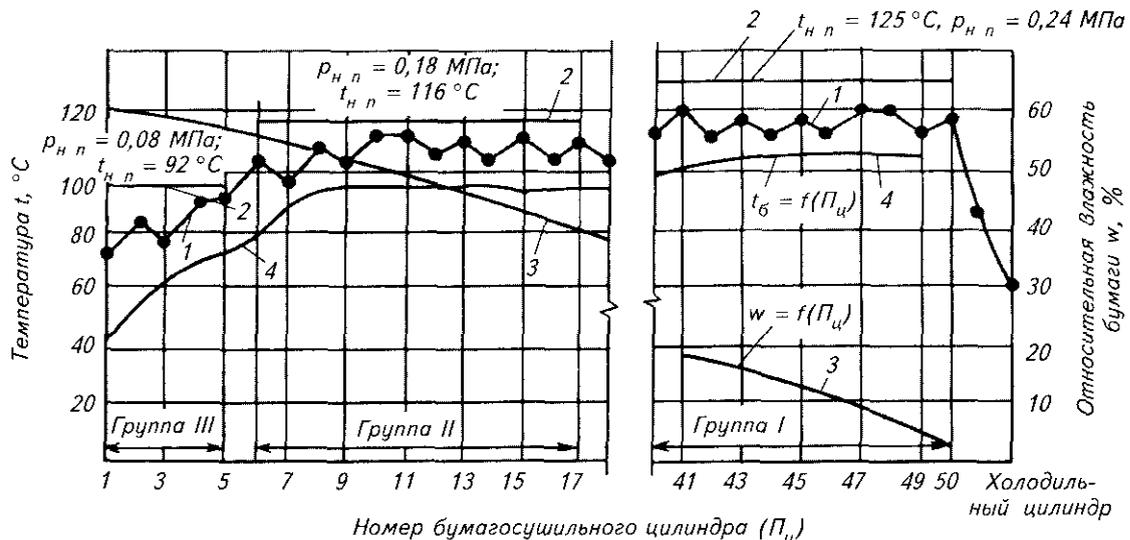


Рис. 1.192. Температурный график сушильных цилиндров по длине машины (кривая 1), температура насыщенного пара в соответствующих группах (прямые 2), кривая кинетики сушки (кривая 3), температура бумажного полотна (кривая 4)

ры бумагосушильных цилиндров на $10...15\text{ }^{\circ}\text{C}$, то это свидетельствует о гидравлической и тепловой неустойчивости режимов работы многоцилиндровых сушильных установок, о неравномерных гидравлических сопротивлениях параллельно включенных бумагосушильных цилиндров, о неправильном выборе перепадов давлений пара между группами сушильных цилиндров.

Температура бумажного полотна зависит от периода сушки и температуры сушильных цилиндров: в период прогрева (цилиндры № 1...5) она увеличивается от 40 до $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, в период постоянной скорости сушки (цилиндры № 6...17) средняя температура бумажного полотна равна примерно $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в период уменьшающейся скорости сушки температура бумажного полотна постепенно увеличивается и приближается к температуре сушильных цилиндров. Кривая кинетики сушки отражает изменение влажности полотна бумаги по длине сушильной части машины и для приведенного режима имеет примерно линейный характер.

Для непрерывного удаления конденсата из сушильных цилиндров при эксплуатации системы теплоснабжения бумагоделательной машины необходимо поддерживать перепад давлений пара между сушильными группами не менее $0,04...0,05\text{ МПа}$ при удалении конденсата черпаками и неподвижными сифонами и $0,07...0,10\text{ МПа}$ при использовании вращающихся сифонов.

Недостатком пароконденатной схемы с последовательным соединением сушильных групп является трудность регулирования перепадов давления между отдельными группами — они устанавливаются самопроизвольно и зависят от расхода пара и гидравлических сопротивлений нитки «паропровод—цилиндр—конденсатопровод».

В целях регулирования перепадов давления между паровыми группами применяются пароконденатные системы со сбросной вакуумной линией. На рис. 1.193 приведена принципиальная схема группового пароснабжения сушильных цилиндров с вакуумной линией,

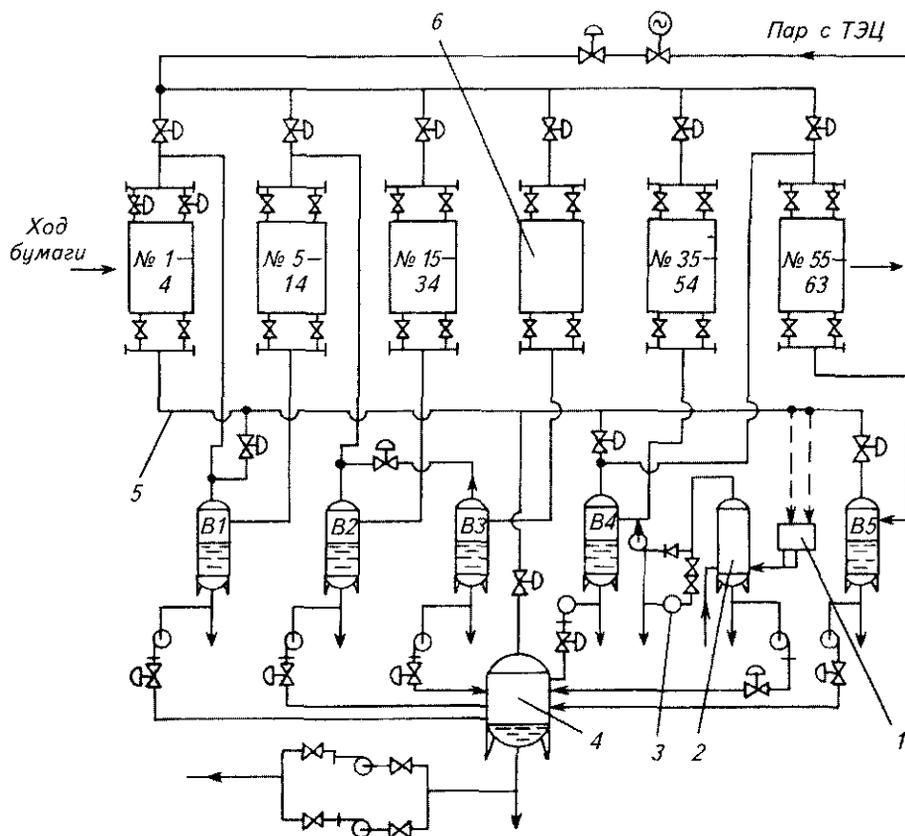


Рис. 1.193. Схема пароснабжения сушильных цилиндров с последовательным соединением групп и вакуумной линией для регулирования перепадов давлений пара между группами:

1 — конденсатор; 2 — вакуум-ресивер; 3 — вакуум-насос; 4 — сборник конденсата; 5 — вакуумная линия для регулирования перепадов давлений пара между сушильными группами; 6 — сукносушильный цилиндр; B1—B5 — водоотделители соответствующих паровых групп

с помощью которой устанавливаются необходимые перепады давлений между паропроводом и конденсатопроводом. По всей длине сушильной части машины проложена линия, в которой с помощью вакуум-насоса поддерживается давление ниже атмосферного (0,05...0,08 МПа). К ней через автоматические клапаны подсоединены также водоотделители *B1*, *B4*, *B5*. При необходимости клапан открывается, давление в соответствующем водоотделителе снижается и увеличивается перепад давлений. Вакуум-насос подключен к вакуумной линии через конденсатор (холодильник), в котором происходит конденсация водяных паров, и вакуум-ресивер, в котором конденсат отделяется от газовой фазы. Сборник конденсата также подсоединен к вакуумной линии с помощью автоматического клапана с целью использования тепла пара.

Опыт эксплуатации пароконденсатных систем с вакуумной сбросной линией показал, что ее использование обеспечивает полноту удаления конденсата из сушильных цилиндров и стабилизацию теплового и гидравлического режимов.

На практике применяются также пароконденсатные системы с многократной циркуляцией пара в сушильных цилиндрах.

На рис. 1.194 приведена схема замкнутой системы пароснабжения с применением термокомпрессора для одной группы бумагосушильных цилиндров. Система состоит из сепаратора 3 для разделения пара и конденсата, конденсатного горшка 4, термокомпрессора для сжатия отработавшего пара 2, паропроводов и конденсатопроводов.

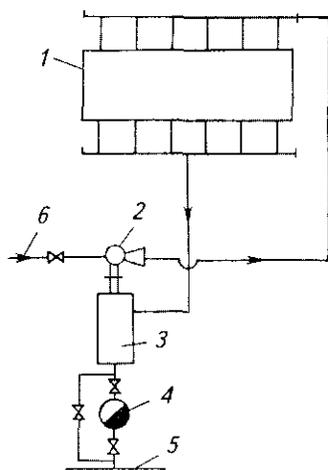


Рис. 1.194. Замкнутая система пароснабжения групп сушильных цилиндров с термокомпрессором:

1 — паровая группа сушильных цилиндров; 2 — термокомпрессор; 3 — сепаратор (водоотделитель); 4 — конденсатный горшок; 5 — конденсатопровод; 6 — свежий пар

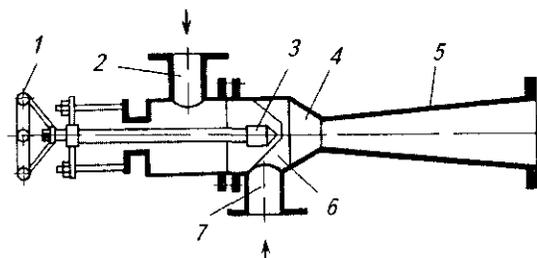


Рис. 1.195. Схема термокомпрессора:

1 — штурвал; 2 — патрубок острого пара; 3 — сопло; 4 — камера смешения; 5 — диффузор; 6 — приемная камера; 7 — патрубок эжектируемого пара

Термокомпрессор (рис. 1.195) в системе пароснабжения служит для увеличения давления отработавшего пара с целью его дальнейшего использования. Он состоит из сопла 3, приемной камеры для отработавшего пара 6, камеры смешения 4 и диффузора 5. Острый пар через патрубок поступает в сопло, из которого с высокой скоростью выходит струя, подсасывая отработавший пар более низкого давления. В диффузоре скорость пара снижается, а давление повышается. На выходе из диффузора получается смесь, имеющая промежуточное давление между давлением острого и отработавшего пара. Регулирование скорости истечения пара и производительности термокомпрессора производится конусным клапаном. Пар из термокомпрессора подается в сушильные цилиндры. Отсепарированный конденсат поступает в конденсатный горшок и далее в конденсатопровод.

Применение термокомпрессоров в пароконденсатной схеме позволяет обеспечить независимость пароснабжения на входе в данную группу от других групп. При этом образуется замкнутая по пару схема. Для инъекции паров вскипания, образующихся в водоотделителе, и возврата их во входной паропровод сушильной группы необходима запитка инжектора от паровой магистрали, давление в которой должно быть в три-четыре раза выше, чем в основной магистрали. Устойчивая работа инжектора зависит от давления инжектирующего пара, от расхода паров вскипания и перепада давления на сушильной группе.

По эффективности использования тепла пара данная система преимуществ не имеет, однако с ее помощью можно устанавливать необходимые температурные графики сушки, так как данная группа цилиндров автономна и не связана с другими.

Имеются также системы с использованием термокомпрессора, в которых сжатый пар направляется в последующие сушильные группы цилиндров.

1.11.4.2. Водоотделитель

Водоотделитель (сепаратор) является одним из основных элементов в системе пароснабжения. Он служит для разделения смеси, выходящей из сушильной группы, на пар и конденсат. Водоотделитель представляет собой цилиндрический сосуд со сферическими торцевыми крышками, устанавливаемый в большинстве случаев вертикально (рис. 1.196). Внутри водоотделителя, между штуцерами, по которым подается пароконденсатная смесь и отводится вторичный пар, установлена перегородка, выполняющая роль сепаратора.

Водоотделитель имеет водоуказательное стекло для визуального наблюдения за уровнем конденсата в баке, регулятор для автоматического поддержания уровня конденсата, дренажную задвижку для спуска конденсата и патрубок, соединенный со всасывающей линией конденсатного насоса. На нагнетательной линии конденсата имеется клапан с пневматическим приводом, который соединен с регулятором уровня.

Следует отметить, что первым признаком удовлетворительной работы пароконденсатной схемы сушильной части машины является поддержание постоянного уровня конденсата в водоотделителях.

Основной тепловой характеристикой работы водоотделителя является тепловое напря-

жение парового пространства q_v , которое представляет собой отношение расхода тепла, выделяющегося при испарении конденсата Q_B к паровому объему водоотделителя V_{Π} . Учитывая, что паровое пространство водоотделителя занимает примерно половину его объема и что тепловое напряжение составляет $q_v = 140 \dots 150$ кВт/м³, объем водоотделителя можно определить по формуле

$$V_B = \frac{Q_K(i'' - i')}{1800q_v}, \text{ м}^3, \quad (1.132)$$

где Q_K — расход конденсата, кг/ч; i'' , i' — энтальпии пара и конденсата, поступающих в водоотделитель, кДж/кг.

Количество вторичного пара, образующегося в результате снижения давления, отнесенного к 1 кг конденсата, поступившего в водоотделитель, рассчитывается из соотношения

$$y = \frac{i'_{к1} - i'_{к2}}{i''_{п2} - i''_{к2}}, \text{ кг пара/кг конд.}, \quad (1.133)$$

где $i'_{к1}$, $i'_{к2}$ — энтальпии конденсата при давлениях p_1 и p_2 , кДж/кг; $i''_{п2}$ — энтальпия образующегося пара при давлении p_2 , кДж/кг.

Общий расход вторичного пара

$$Q_{вт} = D_K y, \text{ кг/ч.} \quad (1.134)$$

Как показывают расчеты, количество образующегося вторичного пара при перепаде давлений $\Delta p = 0,05 \dots 0,08$ МПа составляет всего

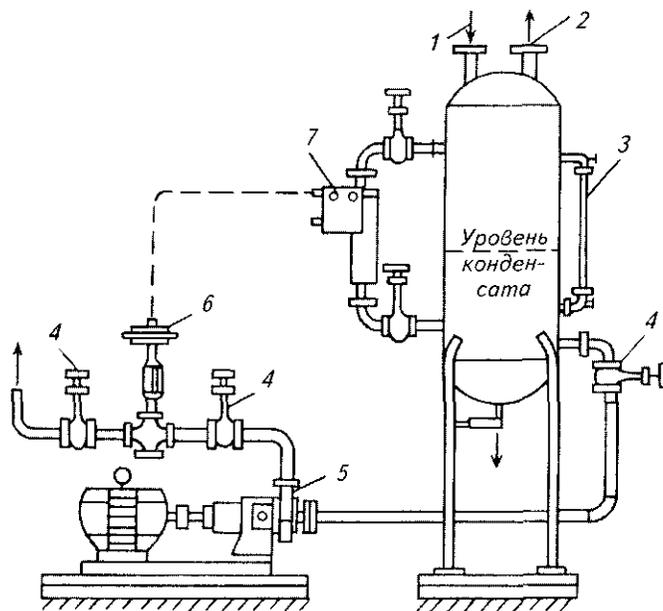


Рис. 1.196. Схема водоотделителя с конденсатным насосом:

1 — пароконденсатная смесь; 2 — сухой насыщенный пар; 3 — водоуказательное стекло; 4 — задвижки; 5 — конденсатный насос; 6 — пневматический клапан; 7 — регулятор уровня конденсата

1,5...2,0 % от расхода конденсата, поступающего в водоотделитель. Остальной пар, необходимый для обеспечения последующих групп сушильных цилиндров, является пролетным.

1.11.4.3. Холодильники

В качестве холодильников в пароконденсатных системах применяются кожухотрубные теплообменники с вертикальным или горизонтальным расположением (рис. 1.197) [112].

Пролетный пар из последнего водоотделителя поступает через патрубок в межтрубное пространство, где установлены направляющие перегородки, конденсируется и отдает свое тепло через стенки трубоохлаждающей воде; неконденсирующиеся газы с помощью вакуум-насоса удаляются в атмосферу. Тепло пролетного пара используется в холодильнике для нагревания технологической воды. Благодаря этому улучшаются условия работы вакуумного водокольцевого насоса.

Количество тепла, выделяющегося при конденсации водяного пара, равно

$$Q_{к. в. п} = Q_{п}(i'' - i'), \text{ кДж/ч}, \quad (1.135)$$

где $Q_{п}$ — расход пара, поступающего из последнего водоотделителя в холодильник, кг/ч.

Расход охлаждающей воды равен

$$G_{в} = \frac{Q_{к. в. п} \eta}{c_{в}(t_{в1} - t_{в2})}, \text{ кг/ч}, \quad (1.136)$$

где η — КПД холодильника, $\eta = 0,98$; $c_{в}$ — теплоемкость воды, кДж/кг·°С; $t_{в1}$, $t_{в2}$ — температура воды на входе и на выходе.

Площадь поверхности холодильника

$$F = \frac{Q_{к. в. п}}{K \Delta t}, \text{ м}^2, \quad (1.137)$$

где K — коэффициент теплопередачи, Вт/м²·К.

Температурный напор определяется следующим образом:

$$\Delta t = \frac{(t_{н. п} - t_{в1}) - (t_{н. п} - t_{в2})}{\ln \frac{t_{н. п} - t_{в1}}{t_{н. п} - t_{в2}}}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (1.138)$$

Коэффициент теплопередачи рассчитывается по формуле

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (1.139)$$

где α_1 , α_2 — коэффициенты теплоотдачи от конденсирующегося пара к наружной поверхности трубы и от внутренней поверхности к охлаждающей воде, Вт/м²·К; $\delta_{ст}$ — толщина стенки трубы, м; $\lambda_{ст}$ — коэффициент теплопроводности стенки трубы, Вт/м·°С.

Значения коэффициентов α_1 и α_2 выбираются по табл. 1.112, а $\lambda_{ст}$ — по табл. 1.105.

Количество труб в одном ходе

$$n_{1x} = \frac{4G_{в}}{3600\pi d_{вн}^2 w_{в} \rho_{в}}, \quad (1.140)$$

где $G_{в}$ — расход охлаждающей воды, кг/ч; $d_{вн}$ — внутренний диаметр труб холодильника, м, $d_{вн} = 8...15$ мм; $w_{в}$ — скорость воды в трубах, м/с; $\rho_{в}$ — плотность воды, кг/м³.

Площадь трубной доски составит

$$F_{тр} = n t^2 \sin 60^\circ, \text{ м}^2, \quad (1.141)$$

где n — общее число труб в трубной доске, $n = n_{1x} z$ (z — число ходов жидкости в аппарате); t — шаг труб, м.

Диаметр трубной доски равен

$$D_{тр} = \sqrt{\frac{4n t^2 \sin 60^\circ}{\pi \theta}}, \text{ м}^2, \quad (1.142)$$

где θ — коэффициент заполнения трубной доски; для двух ходов $\theta = 0,8$; для четырех ходов $\theta = 0,7$; для шести ходов $\theta = 0,6$.

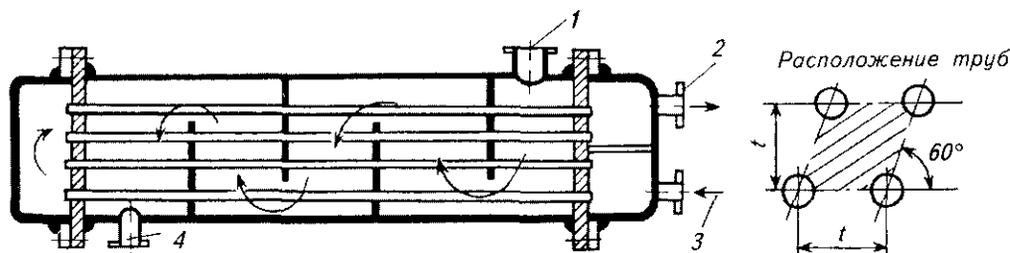


Рис. 1.197. Теплообменный аппарат, установленный в пароконденсатной системе БДМ: 1 — патрубок для входа пара; 2, 3 — вход и выход охлаждающей воды соответственно; 4 — патрубок для выхода конденсата

Таблица 1.112
Ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи α и теплопередачи K в промышленных теплообменных устройствах

Условие передачи тепла	Значения α и K , Вт/м ² ·°С
При нагревании и охлаждении воздуха	$\alpha = 1...50$
То же перегретого пара	$\alpha = 20...100$
» масел	$\alpha = 50...1500$
» воды	$\alpha = 200...10\ 000$
При кипении воды	$\alpha = 500...45\ 000$
При пленочной конденсации водяных паров	$\alpha = 4000...15\ 000$
При каплевой конденсации водяных паров	$\alpha = 40\ 000...120\ 000$
При конденсации органических паров	$\alpha = 500...2000$
При теплопередаче от газа к газу	$K = 25$
При теплопередаче от газа к воде	$K = 50$
При теплопередаче от керосина к воде	$K = 300$
При теплопередаче от воды к воде	$K = 1000$
При теплопередаче от конденсирующихся паров к воде	$K = 2500$
При теплопередаче от конденсирующихся паров к маслам	$K = 300$
То же от газа к кипящему маслу	$K = 500$

Высота труб в аппарате определяется по формуле

$$H = \frac{F}{\pi d_n n}, \text{ м}, \quad (1.143)$$

где d_n — наружный диаметр труб, м; F — площадь поверхности теплообмена, м²

Отношение высоты трубной части аппарата H к ее диаметру $D_{тр}$ рекомендуется выбирать в пределах 2...4.

1.11.4.4. Вакуумные водокольцевые насосы

В конце пароконденсатной схемы (по ходу пара) устанавливаются вакуумные водокольцевые насосы (ВВН), которые служат для удаления неконденсирующихся газов и создания пониженного давления в последнем водоотделителе, что способствует увеличению перепадов давлений между паровыми группами цилиндров.

В пароконденсатную схему основное количество воздуха поступает во время останова машины, когда сушильная часть охлаждается, а пар, находящийся в цилиндрах, конденсируется, и создается отрицательное давление, под действием которого через неплотности проникает воздух. Небольшая часть воздуха поступает в сушильную часть с паром из котельной из-за несовершенной системы деаэрации питательной воды.

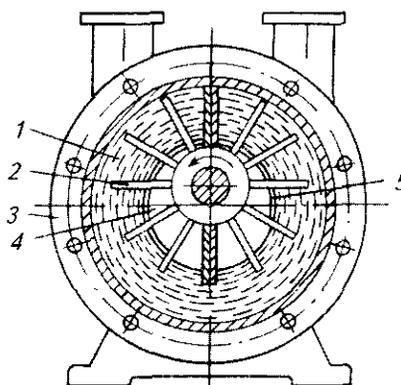


Рис. 1.198. Конструктивная схема однотактного водокольцевого насоса:

1 — корпус; 2 — рабочее колесо; 3 — торцевая крышка; 4 — всасывающее окно; 5 — нагнетательное окно

Вакуумный насос создает в последнем водоотделителе давление ниже атмосферного, что приводит к увеличению перепадов давления между сушильными группами и способствует стабилизации процесса удаления конденсата из сушильных цилиндров, особенно в сушильных частях бумагоделательных машин, где применяется небольшое давление пара для сушки бумаги ($p_{изб} = 0,05...0,10$ МПа).

Кроме того, с помощью вакуумных насосов повышают эффективность использования тепла греющего пара за счет более глубокого охлаждения конденсата в пределах сушильной части. Например, если температуру конденсата, удаляемого из сушильных цилиндров, понизить от 104 °С (давление 0,12 МПа) до 86 °С (давление 0,06 МПа), то термодинамический КПД повысится на 2,5...3,0 %.

В пароконденсатной схеме для повышения эффективности работы вакуумного насоса перед ним включается теплообменный аппарат поверхностного типа для конденсации водяных паров, содержащихся в удаляемой паровоздушной смеси [113].

Основными элементами однотактного ВВН (рис. 1.198) являются корпус, рабочее колесо с лопатками, расположенное эксцентрично к корпусу, торцевая крышка с всасывающим и нагнетательным окнами. Принцип работы ВВН аналогичен работе поршневых компрессоров. Роль поршня выполняет водяное кольцо, совершающее вращательное движение. При вращении рабочего колеса под действием центробежных сил водяное кольцо отжимается к корпусу, создавая на стороне всасывания замкнутые рабочие ячейки, в которые через всасывающее окно поступает воздух. На стороне сжатия вода входит в ячейки рабочего колеса, сжимает находящийся там воздух и выталкивает его через нагнетательное окно.

Техническая характеристика вакуумных водокольцевых насосов

Показатель	ВВН1-0,75	ВВН-1-1,5	ВВН-3Н	ВВН1-3	ВВН-1-6	ВВН-1-12ТМ	ВВН1-12	ЖВН-12Н	
Номинальная производительность, м ³ /с (м ³ /мин) при давлении всасывания, МПа:									
0,02	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,03	—	—	0,05 (3,0)	—	—	—	—	0,175 (10,5)	
0,04	0,0125 (0,75)	0,026 (1,56)	—	0,055 (3,3)	0,1 (6)	0,2 (12)	0,2 (12)	—	
Потребляемая мощность при номинальной производительности, кВт	1,5	2,8	5,6	5,16	9,6	18,6	18,6	21,0	
Расход воды, дм ³ /с, не более	0,05	0,16	0,20	0,13	0,25	0,50	0,38	0,83	
Электродвигатель: тип	4А90Л4У3	4А112М4У3	4А132С4У3 (ВАО-51-4)	4А132С4У3	4А160М4У3	АО2-81-6 (4А2000 6)	4А200 6У3 (ВАО-72-6)	АО2-72-6 (4А200М6)У3	
мощность, кВт	2,2	5,5	7,5	7,5	18,5	30,0	30,0 (22,0)	22,0	
частота вращения, мин ⁻¹	1500	1500	1500	1500	1500	1000	1000	1000	
напряжение, В	220/380	220/380	220/360; 380/660	220/380	220/380	220/380	220/380; 380/660	220/380	
Размеры, мм:									
длина	815	695	1255	1145	1435	2250	1840	1820	
ширина	332	354	435	385	590	600	700	710	
высота	315	650	855	720	980	1400	1220	1520	
Масса, кг, не более	81,5	134,0	380,0	280,0	590,0	800,0	890,0	1040,0	
Показатель	ВВН1-25-01-01	ВВН1-25-01-02	ВВН1-25-01-03	ВВН2-50М	ВВН1-50ТМ	ВВН2-50Х	ВВН2-50Н	ВВН2-150	ВВН2-300
Номинальная производительность, м ³ /с (м ³ /мин) при давлении всасывания, МПа:									
0,02	0,37 (22)	0,37 (22)	0,37 (22)	0,833 (50)	—	0,75 (45)	0,75 (45)	2,25 (135)	5,33 (320)
0,03	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,04	0,42 (25)	0,42 (25)	0,42 (25)	—	0,83 (50)	—	—	—	—
Потребляемая мощность при номинальной производительности, кВт	37	37	37	70	70	63	63	193	475
Расход воды, дм ³ /с, не более	1,0	1,0	1,0	1,165	2,0	2,0	2,0	7,33	12,0
Электродвигатель: тип	А3-315S8	4АН280М8У3	4А280М8У3	АО3-355М-10	АО3-400С-10	АО3-400С-10	АО3-400С-10	СДН-15-29-20	СДМ215\21-24
мощность, кВт	90	90	75	110	132	132	132	315	630
частота вращения, мин ⁻¹	750	750	750	600	600	600	600	300	250
напряжение, В	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	380/660	380/660	6000	6000
Размеры, мм:									
длина	2656	2656	2860	3300	3300	3400	3400	5000	6100
ширина	845	845	845	1150	1000	1000	1000	2900	3000
высота	1540	1540	1540	2000	1700	1700	1700	2500	2500
Масса, кг, не более	1935	2056	2075	3500	3500	4000	4000	13 700	21 000

Таким образом, всасывание и сжатие воздуха происходят за счет изменения объема рабочих ячеек, в которых возвратно-поступательно двигаются водяные поршни, связанные с вращающимся вокруг рабочего колеса водяным кольцом. Техническая характеристика ВВН приведена в табл. 1.113.

нетическая энергия переходит в потенциальную, давление над клапаном повышается и прекращается пропуск пара в конденсатопровод (рис. 1.199).

1.11 5. ВЕНТИЛЯЦИЯ СУШИЛЬНОЙ ЧАСТИ МАШИНЫ

1.11.45. Конденсатоотводчики

Конденсатоотводчики предназначены для автоматического отвода конденсата из теплообменных аппаратов. Они могут быть поплавкового, сильфонного, дроссельного и термодинамического типов (табл. 1.114) или выполняться в виде подпорной шайбы [114].

Принцип действия термодинамических конденсатоотводчиков основан на том, что если через тарельчатый клапан начинает проходить пролетный пар, то при истечении его ки-

1.11.5.1. Физические свойства влажного воздуха

Различают два состояния влажного воздуха — влажный ненасыщенный и влажный насыщенный воздух. Влажный ненасыщенный воздух представляет смесь сухого воздуха и перегретого пара, а смесь из сухого воздуха и насыщенного водяного пара — это влажный насыщенный воздух [115].

Влажный ненасыщенный воздух характеризуется температурами по сухому и смоченному термометрам, температурой точки росы, парциальным давлением (упругостью) водяных паров, плотностью, относительной влажностью, влагосодержанием и энтальпией (теплосодержанием). Сухой воздух состоит из нескольких газов и его приблизительный состав приведен ниже (в числителе — содержание вещества по массе, %, в знаменателе — по объему, %):

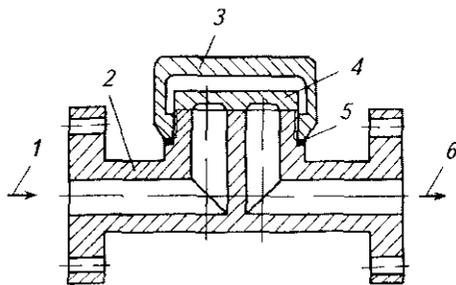


Рис. 1.199. Термодинамический конденсатоотводчик:

1 — пароконденсатная смесь; 2 — корпус клапана; 3 — накидная гайка; 4 — клапан; 5 — прокладка; 6 — конденсат

Кислород	23,10/20,90
Азот	76,55/78,13
Аргон	1,30/0,94
Углекислота	0,05/0,03

Таблица 1.114

Техническая характеристика термодинамических конденсатоотводчиков

Показатель	Марка						
	45Ч12НЖ	45Ч15НЖ	45С13НЖ	45С14НЖ	45С16НЖ	45С21НЖ	45С22НЖ
Присоединение к трубопроводу	Муфтовое	Муфтовое с обводом	Под приварку	Фланцевое	Штуцерное	Фланцевое	Фланцевое
Условное давление, МПа	1,6	4,0	4,0	4,0	4,0	6,4	10,0
Рабочее давление при максимально допустимой температуре, МПа	1,5	1,5	3,8	3,8	3,8	5,6	8,0
Допустимая температура $t_{доп}$, °С	200	200	225	225	225	250	300
Пропускная способность K_v max, т/ч, при диаметре D_v мм:							
10	—	—	0,60	—	0,60	—	0,60
15	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	—	0,80
20	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	1,25	1,25	1,20	1,20	1,20	—	1,25
32	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	—	1,60
40	2,0	2,0	2,0	2,0	—	2,0	2,0
50	2,50	2,50	2,50	2,50	—	2,50	2,5

В воздухе могут содержаться также другие вещества, характерные для данного района.

Температура воздуха по смоченному термометру $t_{см}$ характеризует температуру насыщенного воздуха в условиях испарения воды в адиабатических условиях, когда тепло для испарения влаги полностью поступает из окружающей среды.

При ненасыщенном состоянии воздуха температура по сухому термометру t_c больше температуры по смоченному термометру $t_{см}$. Разность между этими температурами $t_c - t_{см}$ называется психрометрической разностью. Если наступает состояние насыщения, то тогда температуры по сухому и смоченному термометрам становятся одинаковыми.

Температура точки росы t_p — это такая температура, до которой необходимо охладить ненасыщенный воздух, чтобы он стал насыщенным при сохранении постоянного влагосодержания. При проектировании и эксплуатации бумагоделательных машин, зданий и сооружений обращают внимание на параметры воздуха и температуру точки росы. Если температура охлаждающих конструкций становится меньше температуры точки росы, то образуется конденсат, который может приводить к их разрушению.

Парциальное давление (упругость) водяных паров $p_{п}$, содержащихся в воздухе, представляет собой давление, под которым находились бы водяные пары, если из смеси удалить сухой воздух, а объем и температуру сохранить прежними. Тогда барометрическое давление влажного воздуха p_6 , будет равно сумме парциальных давлений сухого воздуха $p_в$ и водяного пара $p_{п}$:

$$p_6 = p_в + p_{п}. \quad (1.144)$$

Абсолютная влажность воздуха ($\text{кг}/\text{м}^3$) — это масса водяных паров, содержащихся в 1 м^3 влажного воздуха.

Относительная влажность воздуха (%) представляет собой отношение массы водяного пара, заключенного в 1 м^3 влажного воздуха $\rho_{п}$ (плотность пара при температуре воздуха и парциальном давлении $p_{п}$), к массе водяного пара, заключенного в 1 м^3 влажного воздуха при полном насыщении влажного воздуха при одинаковых температуре и давлении (плотности насыщенного пара $\rho_{н.п}$):

$$\varphi = \frac{\rho_{п}}{\rho_{н.п}} 100 \%. \quad (1.145)$$

Относительная влажность, выраженная через парциальные давления перегретого пара

$p_{п}$ и насыщенного пара $p_{н.п}$ в воздухе, имеет вид:

$$\varphi = \frac{p_{п}}{p_{н.п}} 100 \%. \quad (1.146)$$

При наладке режимов работы вентиляции бумагоделательной машины стремятся к тому, чтобы удаляемая паровоздушная смесь имела максимальное влагосодержание, т. е. чтобы относительная влажность удаляемого воздуха приближалась к 100%. При этом сокращается расход воздуха и уменьшаются затраты электроэнергии на его перемещение.

Влагосодержание влажного воздуха представляет собой отношение плотности пара $\rho_{п}$ к плотности сухого воздуха $\rho_{с.в}$:

$$d = \frac{\rho_{п}}{\rho_{с.в}} 10^3,$$

г влаги/кг сухого воздуха. (1.147)

Влагосодержание выражают также через парциальное давление пара $p_{п}$ и барометрическое давление p_6 :

$$d = 622 \frac{p_{п}}{p_6 - p_{п}},$$

г влаги/кг сухого воздуха. (1.148)

Плотность сухого воздуха $\rho_{с.в}$ зависит от парциального давления, под которым он находится, а также температуры и может быть определена из соотношения

Таблица 1.115
Физические свойства сухого воздуха ($p_6 = 760 \text{ мм рт. ст.} \approx 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$)

Температура, $t, ^\circ\text{C}$	Плотность, $\rho, \text{кг}/\text{м}^3$	Теплоемкость $c_p, \text{кДж}/\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}$	Коэффициент теплопроводности $\lambda \cdot 10^2, \text{Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$
-30	1,453	1,013	2,20
-20	1,395	1,009	2,28
-10	1,342	1,009	2,36
0	1,293	1,005	2,44
10	1,247	1,005	2,51
20	1,205	1,005	2,59
30	1,165	1,005	2,67
40	1,128	1,005	2,76
50	1,093	1,005	2,83
60	1,060	1,005	2,90
70	1,029	1,009	2,96
80	1,0	1,009	3,05
90	0,972	1,009	3,13
100	0,946	1,009	3,21
120	0,898	1,009	3,43
140	0,854	1,013	3,49
160	0,815	1,017	3,64
180	0,779	1,022	3,78
200	0,746	1,026	3,93

$$\begin{aligned} \rho_{с. в} &= 1,293 \frac{273}{273 + t_{в}} \frac{p_{с. в}}{0,1} = \\ &= 3530 \frac{p_{с. в}}{273 + t_{в}}, \text{ кг/м}^3, \end{aligned} \quad (1.149)$$

где $p_{с. в}$ — парциальное давление сухого воздуха, Па.

Энтальпия влажного воздуха выражает количество тепла, содержащегося в 1 кг влажного воздуха, и представляет собой сумму энтальпий сухой части воздуха и водяных паров:

$$\begin{aligned} I_{в. в} &= I_{с. в} + i_{п} d 10^{-3} = c_{с. в} t_{в. в} + (2493 + \\ &+ c_{п} t_{в. в}) d 10^{-3}, \text{ кДж/кг}, \end{aligned} \quad (1.150)$$

где 2493 — энтальпия пара при нормальных условиях, кДж/кг; $c_{с. в}$ — теплоемкость сухого воздуха, $c_{с. в} = 1,0$ кДж/кг · °С; $c_{п}$ — теплоемкость перегретого водяного пара, $c_{п} = 1,97$ кДж/кг · °С.

Физические свойства сухого воздуха в зависимости от температуры приведены в табл. 1.115.

1.11.5.2. Классификация систем технологической вентиляции бумагоделательных машин

Технологическая вентиляция сушильной части бумагоделательной машины предназначена для ассимиляции водяных паров, образовавшихся при контактной сушке бумажного полотна и удаления их за пределы установки. Кроме того, нагретый воздух участвует в сушке бумажного полотна, особенно на участках свободного хода, поэтому правильно спроектированные приточно-вытяжные системы и правильно выбранные параметры воздуха ускоряют испарение влаги, увеличивают производительность бумагоделательных машин, улучшают качественные показатели готовой продукции, снижают расходы энергии на сушку и улучшают санитарно-гигиенические условия в зале бумагоделательных машин.

Вентиляционные системы бумагоделательных машин весьма разнообразны по конструктивному исполнению, режимам работы и назначению. Они служат для подачи свежего и удаления отработавшего воздуха, охлаждения или нагревания отдельных элементов машины или строительных сооружений, интенсификации испарения влаги, придания необходимых физико-механических показателей готовой продукции. Но несмотря на это, вентиляционные системы бумагоделательных ма-

шин можно классифицировать по некоторым признакам.

Одним из основных признаков является принадлежность вентиляционной установки к одному из узлов машины, поэтому их разделяют на вентиляционные установки мокрой и сушильной частей, а также каландрового узла.

По типу укрытий сушильных частей бумагоделательных машин технологические вентиляционные системы разделяются на системы для открытых, полузакрытых и закрытых сушильных частей (рис. 1.200).

Вентиляционная система для открытой сушильной части не имеет вентиляционного колпака, организованного подвода воздуха и отвода паровоздушной смеси. Тепло- и влаговыделения от бумагоделательной машины поступают в зал и удаляются общеобменной вентиляцией. Такие системы встречаются на старых машинах, не оборудованных специально предназначенными для этого вентиляционными системами.

Вентиляционная система для полузакрытой сушильной части состоит из колпака, закрывающего только верхнюю часть машины; подвижных щитов, закрывающих проемы с приводной стороны машины; вытяжной системы, состоящей из вентилятора, теплоуловителя; приточной системы для общеобменной вентиляции, включающей в себя приточную шахту, калориферы, вентилятор и вентиляционную сеть. Воздух, необходимый для вентиляции сушильной части, под действием разрежения забирается из зала бумагоделательной машины, проходит по сушильной части, где ассимилирует образовавшиеся водяные пары, и с помощью вытяжной системы через теплоуловитель выбрасывается в атмосферу.

Вентиляционная система для закрытой сушильной части имеет колпак закрытого типа, который укрывает всю многоцилиндровую сушильную установку. Закрытые колпаки практически изолируют многоцилиндровую установку от окружающей среды; при этом снижаются потери тепла, уменьшаются присосы холодного воздуха, улучшаются санитарно-гигиенические условия для обслуживающего персонала. Такие колпаки оборудуются несколькими приточно-вытяжными системами, которые включают подачу технологического (сушильного) воздуха под машину, подачу воздуха общеобменной вентиляции в чердачное помещение и в зал.

Вытяжная система предназначена для удаления отработавшей паровоздушной смеси из вентиляционного колпака в атмосферу и состоит из осевого вентилятора, теплоуловителя

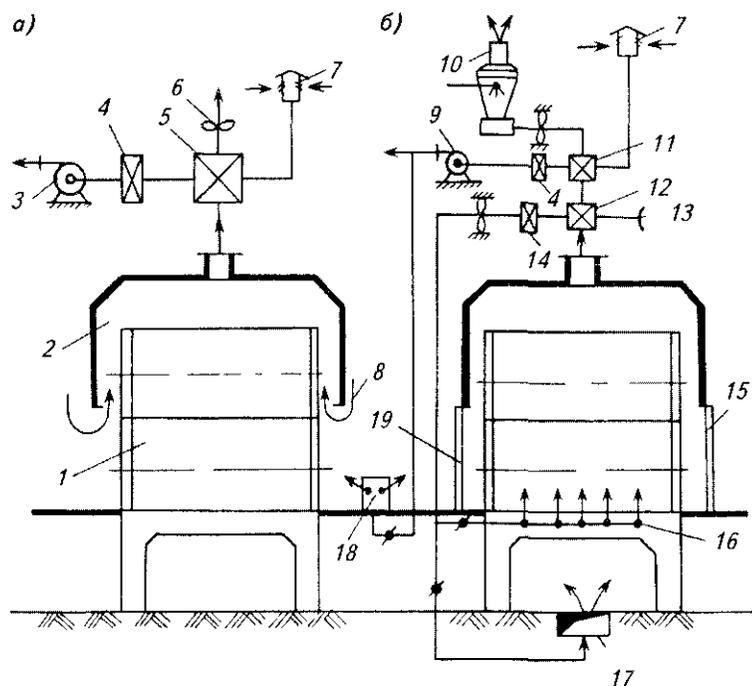


Рис. 1.200. Схемы вентиляции сушильных частей БДМ: а — полужакрытая схема; б — закрытая схема;

1 — многоступенчатая сушильная установка; 2 — вентиляционный колпак; 3, 9 — вентиляторы для подачи воздуха на общеобменную вентиляцию; 4, 14 — калориферы; 5 — теплоуловитель; 6 — осевой вентилятор; 7 — воздухозаборная шахта; 8 — подсос воздуха из зала; 10 — скруббер; 11 — теплоуловитель 2-й ступени; 12 — теплоуловитель 1-й ступени; 13 — забор сушильного воздуха из зала; 15 — подъемные щиты; 16 — раздача воздуха через воздухораспределительные камеры; 17 — раздача воздуха из подпольных каналов; 18 — воздухораспределительные устройства; 19 — подвижные щиты

1-й ступени, теплоуловителя 2-й ступени, скруббера, в которых теплота отработавшей смеси передается технологическому (сушильному) воздуху, воздуху общеобменной вентиляции и скрубберной воде.

В системах вентиляции бумагоделательных машин имеются две приточные системы: для подачи технологического (сушильного) воздуха под машину, а также для подачи воздуха общеобменной вентиляции в зал и для нагрева подшивного потолка.

По распределению технологического воздуха вентиляционные установки могут быть с расположением воздухораспределительных устройств в нижней части машины (нижняя раздача через насадки и каналы), с раздачей воздуха в межцилиндровых пространствах (через сеткопродувные камеры и перфорированные трубы) и с комбинированной раздачей, когда одна часть воздуха направляется в межцилиндровые пространства, а другая — в нижнюю часть машины.

Вентиляционные системы подразделяются также по числу параллельно работающих установок: двух-, трех-, четырех-, пятипоточ-

ные приточно-вытяжные системы, включающие в себя подачу свежего и удаление отработавшего воздуха, а также системы нагрева воздуха.

По температуре подаваемого воздуха вентиляционные системы бывают: низкотемпературные (до 50 °С), среднетемпературные (от 50 до 100 °С) и высокотемпературные (более 100 °С).

По расходу перемещаемого воздуха они делятся на системы низкой производительности (до 75 000 кг/ч), средней (от 75 000 до 150 000 кг/ч) и высокой (более 150 000 кг/ч).

По типу установленного теплообменного оборудования вентиляционные системы делятся на вентиляционно-рекуперационные агрегаты (одноступенчатые ВРА) и теплообменники (многоступенчатые ТРА).

По числу ступеней в системах теплообмена вентиляционные системы бывают одно-, двух- и трехступенчатыми.

По типу применяемых теплообменных аппаратов они подразделяются на рекуперативные (трубчатые, пластинчатые с гладкими ли-

стами, пластинчатые из профильных листов), регенеративные, контактные и с промежуточным теплоносителем.

По расположению теплообменных аппаратов в схеме теплорекуперации вентиляционные системы бывают: с вертикальным, горизонтальным и комбинированным расположением.

Имеются также комбинированные вентиляционные системы, которые объединяют в себе несколько функций (например, служат для удаления образовавшихся водяных паров, интенсификации испарения влаги и коррекции профиля влажности по ширине полотна бумаги — конвективные сушители, сеткопродувные камеры).

1.11.5.3. Устройство

вентиляционного колпака закрытого типа

Каркас колпака состоит из поперечных ферм, продольных балок и стоек, установленных на станине сушильной части. Каркас колпака укрыт теплоизолированными щитами. Для регулирования потоков паровоздушной смеси с лицевой и приводной сторон машины под колпаком предусмотрена потолочная подшивка с регулирующими заслонками, управляемыми вручную с мостков сушильной части машины. Потолок колпака укрыт неподвижными щитами. Если в многоцилиндровой установке имеется разрыв, где устанавливается клейный пресс или другой узел, то в этом месте колпак делается разборным.

Лицевая сторона колпака состоит из неподвижных и подъемных щитов, расположенных в зоне обслуживания машины по всей длине колпака. Привод подъемных щитов состоит из электродвигателей с редукторами, цепной передачи, барабанов и стальных тросов, прикрепленных к подъемным щитам. Для обслуживания привода подъемных щитов предусматриваются мостки, располагающиеся по всей длине верхней части колпака.

Приводная сторона колпака состоит из неподвижных щитов, а также щитов с вытяжными патрубками и раздвижных щитов-дверей в зонах обслуживания сушильной части машины. Щиты колпака состоят из каркаса, выполненного из прессованного алюминиевого профиля, обшитого с обеих сторон алюминиевыми листами толщиной 1,0...1,5 мм. Наружная сторона листов, кроме потолочных, — гофрированная. Пространство между листами заполнено теплоизолирующими матами. В тор-

цевых стенках колпака сделаны проемы для входа и выхода полотна бумаги.

Для удаления отработавшей паровоздушной смеси на верхней части стенки колпака с приводной стороны предусмотрены вытяжные патрубки, которые соединяются с теплорекуперационными и вентиляционно-рекуперационными агрегатами.

На первом этаже сушильная часть закрывается для предотвращения попадания потоков холодного воздуха под машину. Каркас колпака облицован гофрированными алюминиевыми листами толщиной 1,0 мм. Для удобства обслуживания машины с лицевой стороны предусмотрены раздвижные щиты, а с приводной стороны — двухстворчатые двери.

1.11.5.4. Устройство технологической и общеобменной систем вентиляции сушильной части

Бумагоделательные машины оборудуются сложными технологическими вентиляционными системами, предназначенными для ассимиляции испарившейся влаги во время сушки полотна на цилиндрах и удаления водяных паров за пределы сушильной установки, интенсификации испарения влаги, охлаждения каландровых валов и приводных двигателей, удаления водяных паров, образовавшихся в сеточной части [116].

Общеобменная система вентиляции предназначена для создания необходимых санитарно-гигиенических условий в зале машины, а также для подогрева подшивного потолка и кровли и предотвращения образования капли. Технологическая и общеобменная системы вентиляции связаны между собой: воздух общеобменной вентиляции нагревается теплом отработавшей паровоздушной смеси, а после нагревания и увлажнения в зале забирается технологической вентиляцией и подается в сушильную часть.

На рис. 1.201 приведена приточно-вытяжная система скоростной широкоформатной бумагоделательной машины, состоящая из вентиляционного колпака, вытяжной и приточной систем, а также воздухораспределительных устройств. Вытяжная система состоит из нескольких отсасывающих воздуховодов, осевых вентиляторов, с помощью которых удаляется в атмосферу паровоздушная смесь. В тракты вытяжной системы включены теплоуловители 1-й и 2-й ступеней, а также скруббер.

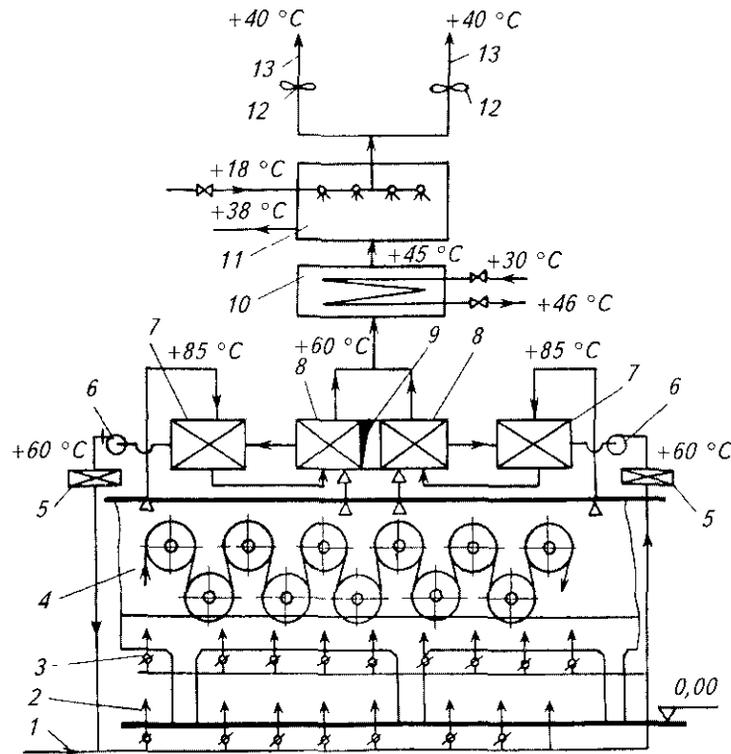


Рис. 1.201. Схема вентиляции сушильной части современной БДМ (на схеме указана температура сред на различных участках):

1 — воздух от турбокомпрессора; 2 — нижняя раздача воздуха; 3 — подача воздуха в воздухораспределительные камеры; 4 — сушильная часть машины; 5 — калориферы для нагревания сушильного воздуха; 6 — вентиляторы для подачи сушильного воздуха; 7 — первый корпус теплоуловителя 1-й ступени; 8 — второй корпус теплоуловителя 1-й ступени; 9 — забор сушильного воздуха из зала; 10 — теплоуловитель 2-й ступени; 11 — скруббер; 12 — осевые вентиляторы; 13 — выброс отработанной паровоздушной смеси

Приточная система включает в себя вентиляторы, калориферы, систему воздухопроводов, по которым нагретый воздух из зала подается в сушильную часть.

Весьма важную роль в системах вентиляции сушильной части выполняют воздухораспределительные устройства, от режима работы которых зависят расходы приточного и удаляемого воздуха, профиль влажности по ширине полотна, влагосодержание воздуха и другие параметры. В сушильной части распределение воздуха производится на двух уровнях: на нулевой отметке — с помощью различных насадок, решеток и других устройств, а также в районе сушильных цилиндров — с помощью сеткопродувных камер.

Отработавшая паровоздушная смесь из вентиляционного колпака двумя потоками поступает сначала в теплоуловитель 1-й ступени, который состоит из двух последовательно включенных теплообменных аппаратов, а затем — в теплоуловитель 2-й ступени и далее в скруббер.

Приточный воздух подсасывается из верхней зоны зала, последовательно проходит через теплоуловители 1-й ступени и центробежным вентилятором через калорифер направляется к воздухораспределительным устройствам, расположенным на нулевой отметке и в районе сушильных цилиндров.

Теплоуловители 1-й ступени — поверхностные газо-газовые теплообменные аппараты, в которых паровоздушная смесь проходит по трубкам, а воздух — по межтрубному пространству. Теплоуловители 2-й ступени — теплообменные газожидкостные аппараты с промежуточным теплоносителем. В теплоуловителе нагревается вода, которая в дальнейшем используется для нагревания воздуха общеобменной вентиляции у места его распределения. Преимущество такой схемы заключается в том, что отсутствуют громоздкие и длинные воздухопроводы для подачи воздуха в воздухораспределительные устройства общеобменной вентиляции.

Скруббер представляет собой теплообменный аппарат, в котором паровоздушная смесь

охлаждается орошающей водой из форсунок, которая в дальнейшем используется на технологические нужды.

Воздухораспределительные устройства на нулевой отметке могут быть выполнены или в виде насадок, из которых вытекает плоскими струями нагретый воздух на сукно, или отверстий в подпольных каналах. При таком способе вентиляции воздух, подаваемый в нижнюю часть машины, делится на два потока: один поток поднимается вверх в зазоре между лицевой стороной машины и вентиляционным колпаком, а другой — с приводной стороны. В этом случае межцилиндрические пространства вентилируются плохо.

Для устранения этого недостатка (в случае применения сушильных сеток) между цилиндрами нижнего ряда устанавливают сеткопродувные камеры с соплами, из которых струи воздуха с высокой скоростью (30...40 м/с) направляются на сетку, в результате чего часть воздуха проникает сквозь сетку в межцилиндрические пространства, активизируя воздухообмен испарение влаги по ширине становится более равномерным, интенсивнее протекает теплообмен между воздухом и бумажным полотном.

В ЦНИИбуммаше разработано несколько конструкций сеткопродувных камер, с помощью которых представляется также возможность регулировать расход воздуха по ширине машины.

В целях поддержания исходных фильтрационных свойств одежды применяются сеткопродувные камеры, устанавливаемые над верхней и под нижней сетками. Кроме очистки сушильных сеток от загрязнений и снижения их влажности применение сеткопродувных камер позволяет активизировать воздухообмен в межцилиндрических пространствах, повысить интенсивность испарения влаги на участках свободного хода полотна, а также регулировать его профиль влажности, изменяя расход воздуха в соответствующей зоне. Установка сеткопродувных камер включает воздухопроводы для подвода воздуха из системы теплорекуперации с температурой 80...85 °С и регулирующие клапаны.

Для возможности регулирования расхода воздуха по ширине машины сеткопродувные камеры разделены на три зоны. Расход воздуха изменяется с помощью рукояток с лицевой стороны. В отличие от воздухораспределительных труб расположение сеткопродувных камер в межцилиндрических пространствах не мешает заправке полотна и эксплуатации машины.

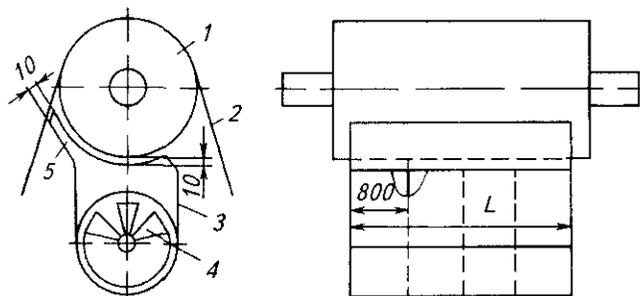


Рис. 1.202. Сеткопродувная камера КСН-1:

1 — сетководущий валик, 2 — сушильная сетка; 3 — корпус камеры; 4 — заслонка; 5 — сопло

Сеткопродувная камера КСН-1 представляет собой фигурный короб, располагающийся между цилиндрами около сетководущего вала и имеющий выходное щелевидное сопло шириной 10 мм, направленное по нормали к поверхности сетки. Расстояние от вала до камеры и от среза сопла должно быть не более 10 мм (рис. 1.202).

По длине камера разделена продольной перегородкой цилиндрической формы с прорезями и поперечными перегородками, образующими зоны регулирования расхода воздуха, подаваемого к выходному соплу. В нижней части камеры располагается вал с секторами, установленными под разным углом таким образом, чтобы при повороте вала закрывались или открывались прорези, через которые поступает воздух в распределительное устройство. На торце камеры, с лицевой стороны машины, имеется рукоятка для поворота вала и изменения положения заслонки в корпусе камеры. Температура воздуха, подаваемого в камеру, должна быть 90...100 °С. Техническая характеристика сеткопродувных камер типа КСН-1 приведена в табл. 1.116.

Воздухораспределительное устройство сеткопродувной камеры КСН-2 представляет собой трапецию, боковые поверхности которой перфорированы отверстиями для выхода воздуха. Камеры КСН-2 устанавливают на изгибе сеток так, чтобы боковые перфорированные поверхности воздухораспределительного устройства были параллельны сушильным сеткам. Струи воздуха с высокой скоростью вытекают из отверстий воздухораспределительной камеры, проходят через ячейки сетки и активизируют процесс сушки бумажного полотна в межцилиндрических пространствах.

Сеткопродувные камеры КСН-3 имеют аналогичную конструкцию и отличаются от рассмотренных тем, что воздухораспределительное перфорированное устройство имеет плоскую форму и камера устанавливается на прямых

Таблица 1.116

Техническая характеристика сеткопродувных камер КСН-1

Параметр	Обрезная ширина полотна, мм						
	1680	2100	2520	4200	6300	6720	8400
Радиус камеры, мм	70	90	110	120	180	200	240
Длина камеры, мм	2400	2400	4200	4800	7200	7200	8800
Расход воздуха на камеру, м ³ /ч [*]	960/1920	960/1920	1280/2500	1920/5760	2900/5760	2950/5760	352/7040
Коэффициент местного сопротивления	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93

^{*} В числителе приведены минимальные расходы воздуха, в знаменателе — максимальные.

участках свободного хода сушильных сеток (рис. 1.203).

При замене хлопчатобумажных и шерстяных сукон на синтетические сушильные сетки в значительной мере изменяются аэродинамика потоков воздуха и воздухообмен в межцилиндровых пространствах сушильной части машины. В карманах, образованных сеткой и полотном бумаги при сходе с цилиндра, возникает отрицательное давление воздуха, а в карманах с другой стороны сетковедущего вала — избыточное давление (рис. 1.204).

Если одежда машины воздухопроницаемая, то в карманах, образованных ветвью сетки и полотном бумаги, с одной стороны направляющего вала образуется избыточное давление, а с другой стороны — отрицательное. Выравнивание этих давлений осуществляется путем перетока потоков воздуха из зоны положительного давления в зону отрицательного давления, тем самым улучшаются воздухообмен в межцилиндровых пространствах и равномерность испарения влаги по ширине полотна, увеличивается интенсивность сушки.

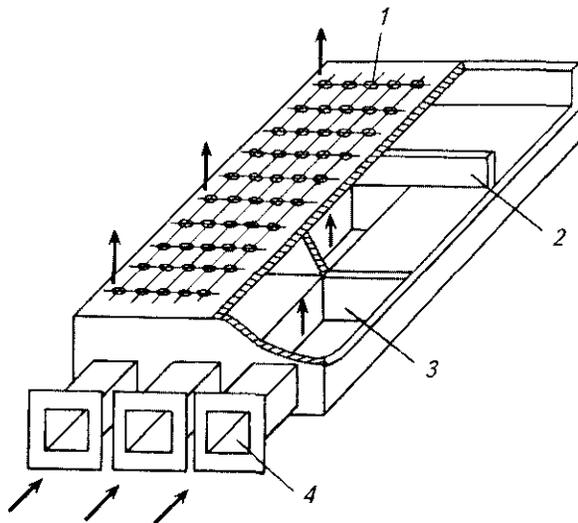


Рис. 1.203. Сеткопродувная камера КСН-3:

1 — перфорированное днище; 2 — перегородка; 3 — выход воздуха; 4 — подвод воздуха

Количество перетекающего воздуха и величина давления в карманах зависят прежде всего от воздухопроницаемости сетки, скорости машины, а также расположения сетковедущего вала. Даже при симметричном расположении сетковедущего вала объемы перекачиваемого воздуха из зоны положительного давления в отрицательную зону не совпадают, что является причиной возникновения поперечных потоков воздуха и неравномерного профиля влажности бумажного полотна. Поэтому при проектировании машины необходимо выбирать место расположения сетковедущего вала в зависимости от свойств сетки, скорости машины, наличия сеткопродувных камер и других факторов.

В связи с более шероховатой поверхностью сушильных сеток по сравнению с сукнами скорость воздуха в межцилиндровых пространствах возрастает, что способствует более активной вентиляции.

При замене сукон на сушильные сетки, особенно на быстроходных машинах, большое значение приобретает выбор места установки сетковедущих валов между приводными группами цилиндров, что в значительной мере влияет на вибрацию бумажного полотна, которая зачастую приводит к обрывам в результате попадания на бумажное полотно струй воздуха, сформировавшихся у поверхности сетки.

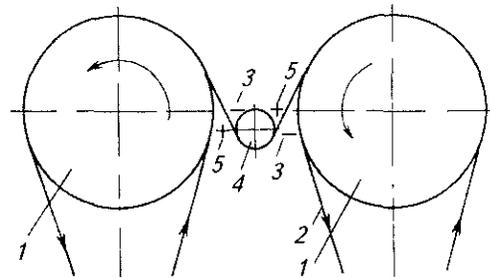


Рис. 1.204. Схема расположения зон положительного и отрицательного давлений у сетковедущего валика:

1 — сушильный цилиндр; 2 — бумажное полотно; 3 — зоны отрицательного давления воздуха; 4 — сетковедущий валик; 5 — зоны положительного давления воздуха

Поддерживать фильтрационные свойства синтетической одежды машин, вырабатывающих высоковольтные бумаги или бумаги с высокой проклейкой, можно также механическим способом или применением sprays. Выбор способа очистки определяется характером загрязнения, типом используемой сетки, затратами на проведение очистки.

Механические способы очистки с помощью шибера или щетки малоэффективны, так как воздухопроницаемость сетки при этом изменяется мало. Наиболее эффективна очистка сушильных сеток с помощью водяной струи. Над сеткой устанавливают форсунку, в которую подают воду или моющий раствор с давлением 0,6 МПа, а под сеткой — сборный желоб, по которому удаляются загрязнения. Промывочные сопла рекомендуется устанавливать перед сеткопродувными камерами, чтобы сетка подсушивалась перед поступлением на бумагосушильные цилиндры.

Промывочная форсунка с помощью специальной каретки совершает возвратно-поступательное движение поперек сетки. Очистка может производиться постоянно или периодически. Такой метод очистки сеток наиболее эффективен — после промывки полностью восстанавливаются фильтрационные свойства сушильных сеток.

1.11.5.5. Построение процессов вентиляции сушильной части на $I-d$ -диаграмме

Для определения параметров влажного воздуха, выполнения тепловых расчетов и выбора оптимальных режимов работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха применяется $I-d$ -диаграмма влажного воздуха, разработанная проф. Л. К. Рамзиным (рис. 1.205). На оси абсцисс диаграммы в определенном масштабе отложены значения влагосодержаний воздуха и проведены вертикальные линии постоянного влагосодержания ($d = \text{const}$). На оси ординат отложены значения энтальпий, а линии постоянных энтальпий $I = \text{const}$ проведены под углом 45° . Линии постоянной температуры по сухому термометру ($t_c = \text{const}$) нанесены под углом к горизонту. Линии относительной влажности воздуха ($\phi = \text{const}$) на диаграмме представляют кривые, расходящиеся от начала координат.

Область диаграммы, расположенная выше кривой $\phi = 100\%$, относится к состоянию ненасыщенного воздуха водяными парами и яв-

ляется рабочей частью диаграммы при построении процессов изменения состояния влажного воздуха. Область, расположенная ниже линии $\phi = 100\%$, соответствует механической смеси насыщенного воздуха и капелек влаги и является нерабочей частью диаграммы.

В качестве примера на диаграмме приведены процессы изменения состояния сушильного воздуха, воздуха общеобменной вентиляции и отработавшей паровоздушной смеси для бумагоделательной машины, оснащенной современной системой вентиляции и рекуперации тепла. Процесс 1–2 соответствует нагреванию наружного воздуха (точка 1) в теплоуловителе 2-й ступени, процесс 2–3 — дополнительному его нагреву в калориферах, обогреваемых паром или горячей водой. С параметрами в точке 3 воздух используется для общеобменной вентиляции зала бумагоделательных машин, где он дополнительно нагревается и увлажняется. Луч процесса 3–4 характеризует изменение параметров воздуха общеобменной вентиляции в машинном зале.

С параметрами в точке 4 воздух забирается из зала и направляется в теплоуловитель 1-й ступени для нагрева до температуры $55\text{--}60^\circ\text{C}$ (может также дополнительно нагреваться в калорифере). С параметрами в точке 5 воздух направляется в сушильную установку, где он увлажняется за счет того, что ассимилирует испарившуюся из бумажного полотна влагу и нагревается от сушильных цилиндров до температуры $60\text{--}80^\circ\text{C}$.

Далее отработавшая паровоздушная смесь (точка 6) поступает в систему рекуперации тепла, где в теплоуловителе 1-й ступени ее температура снижается до точки 7, а в теплоуловителе 2-й ступени — до точки 8. Процесс 8–9 соответствует одновременному снижению температуры паровоздушной смеси и влажности в связи с частичной конденсацией водяных паров.

В системах вентиляции производственных помещений предприятий и бумагоделательных машин производится нагревание, охлаждение, осушение и смешение потоков воздуха, имеющие различные параметры. Может происходить также одновременное нагревание (или охлаждение) и увлажнение (или осушение) влажного воздуха, процессы изменения которых можно изобразить на $I-d$ -диаграмме.

На рис. 1.206 приведены примеры характерных процессов изменения состояния влажного воздуха: нагревание, охлаждение, адиабатическое увлажнение и охлаждение, одновременное нагревание и увлажнение, одновременное осушение и охлаждение влажного воздуха.

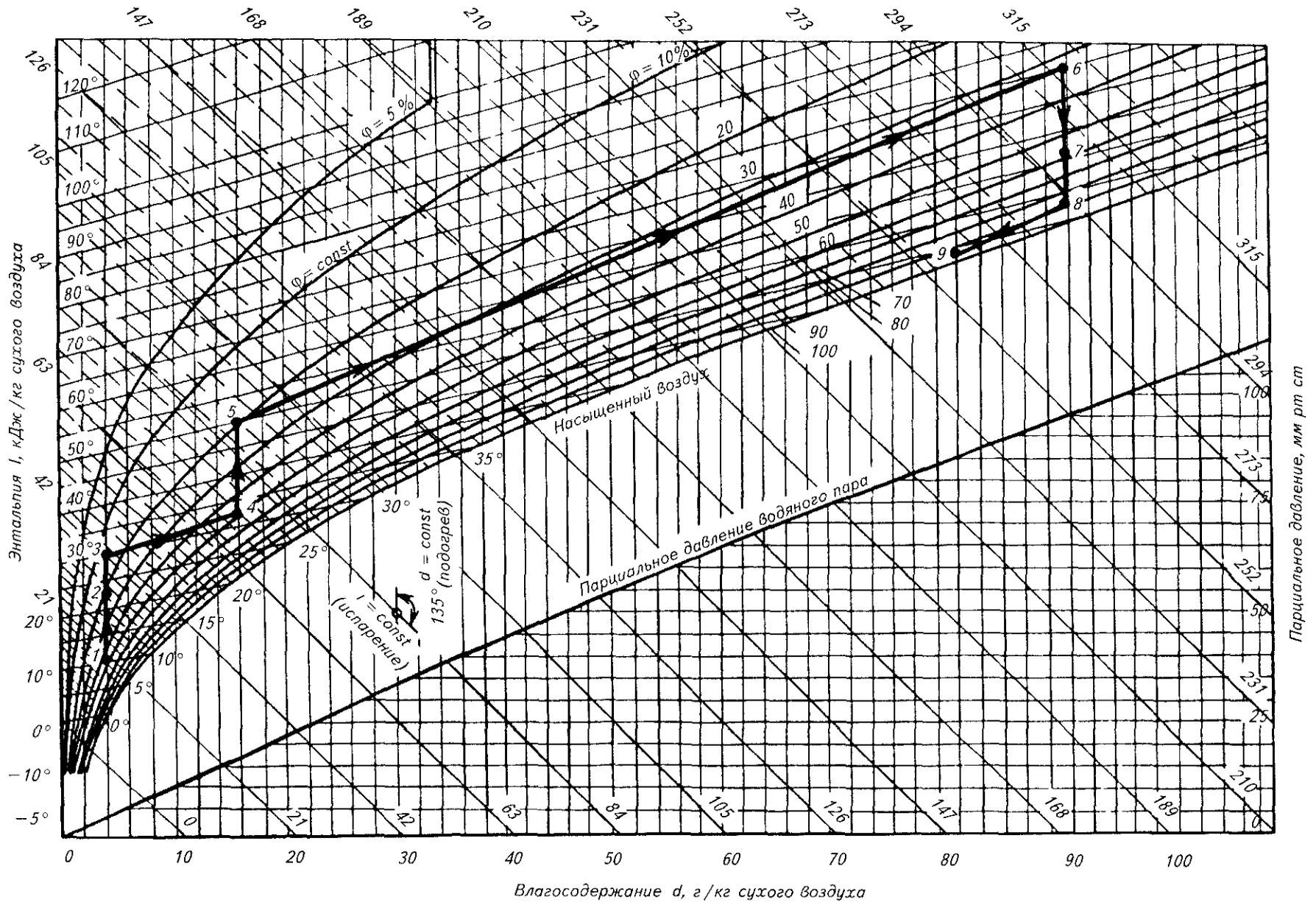


Рис. 1.205. Id-диаграмма и нанесенные на ней термодинамические процессы изменения состояния воздуха в вентиляционной системе ВДМ

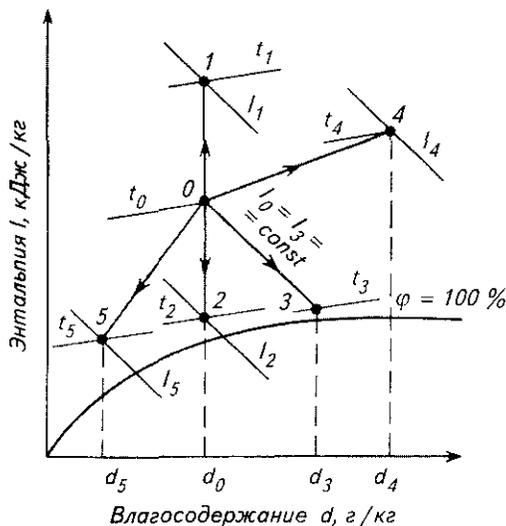


Рис. 1.206. Характерные процессы изменения состояния воздуха в сушильной установке:

01 — нагревание воздуха; 02 — охлаждение воздуха; 03 — адиабатическое охлаждение и увлажнение воздуха; 04 — одновременное нагревание и увлажнение воздуха; 05 — одновременное охлаждение и осушение воздуха

Нагревание воздуха без его увлажнения (процесс 01) происходит в воздухонагревателях поверхностного типа (теплоуловителях). Охлаждение воздуха (процесс 02) может происходить в теплообменных аппаратах поверхностного типа в том случае, когда температура охлаждающей среды ниже температуры воздуха, а также в оросительных камерах, если температура орошающей воды равна температуре точки росы t_p . Адиабатическое охлаждение и увлажнение воздуха (процесс 03) происходит при испарении влаги. В этом случае тепло, затраченное на фазовое превращение влаги, возвращается в воздух вместе с водяными парами. Такие процессы протекают, например, в сушильных камерах при отсутствии потерь тепла в окружающую среду. Одновременное нагревание и увлажнение воздуха (процесс 04) предполагает поступление водяных паров в воздух с одновременным его нагреванием, например, в многоцилиндровых сушильных установках. Одновременное охлаждение и осушение воздуха (процесс 05) происходит в оросительных камерах кондиционеров, когда температура орошающей воды имеет температуру ниже температуры точки росы.

При помощи Id-диаграммы имеется возможность рассчитать расходы тепла и холода.

Количество тепла, которое необходимо затратить для нагревания воздуха от температуры t_0 до температуры t_1 , можно определить по формуле

$$Q_{01} = V_{в.в} \rho_{в.в} (I_1 - I_0) = L_{в.в} (I_1 - I_0), \text{ кДж/ч}, \quad (1.151)$$

где $V_{в.в}$ — объемный расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$; $\rho_{в.в}$ — плотность влажного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$; $L_{в.в}$ — массовый расход воздуха, $\text{кг}/\text{ч}$; I_0, I_1 — энтальпии воздуха в соответствующих точках, $\text{кДж}/\text{кг}$.

Расход холода, необходимого для охлаждения воздуха от температуры t_0 до температуры t_2 , равен:

$$Q_{02} = V_{в.в} \rho_{в.в} (I_0 - I_2) = L_{в.в} (I_0 - I_2), \text{ кДж/ч}, \quad (1.152)$$

где I_0, I_2 — энтальпии воздуха в соответствующих точках, $\text{кДж}/\text{кг}$.

Аналогично можно рассчитать расходы тепла и холода для процессов 04 и 05.

С помощью Id-диаграммы можно рассчитать и расход воздуха, необходимый для ассимиляции испарившейся влаги.

Массовый расход воздуха равен:

$$L = \frac{1000M}{d_3 - d_0}, \text{ кг/ч}, \quad (1.153)$$

где M — расход испарившейся влаги, $\text{кг}/\text{ч}$; d_3, d_0 — влагосодержание воздуха в соответствующих точках, $\text{г}/\text{кг}$.

В системах вентиляции распространенным процессом является смешение потоков воздуха, обладающих разными параметрами. Кратность смешения представляет собой отношение массовых расходов отработавшего $L_{отр}$ и свежего $L_{св}$ воздуха:

$$k = \frac{L_{отр}}{L_{св}}. \quad (1.154)$$

С помощью коэффициента смешения k можно рассчитать параметры смеси:

влагосодержание —

$$d_B = \frac{k d_A + d_C}{k + 1}, \text{ г пара/кг воздуха}; \quad (1.155)$$

температуру —

$$t_B = \frac{k t_A + t_C}{k + 1}, \text{ }^\circ\text{C}; \quad (1.156)$$

энтальпию —

$$I_B = \frac{k I_A + I_C}{k + 1}, \text{ кДж/кг}, \quad (1.157)$$

где d_A, d_C — влагосодержание воздуха в точках A и C , $\text{г}/\text{кг}$; t_A, t_C — температура воздуха в точках A и C , $^\circ\text{C}$; I_A, I_C — энтальпия воздуха в точках A и C , $\text{кДж}/\text{кг}$.

1.11.5.6. Теплорекуперация отработанной паровоздушной смеси

Утилизация тепла отработанной паровоздушной смеси в сушильной части бумагоделательных машин является важнейшим направлением использования вторичных энергетических ресурсов в целях увеличения КПД сушильных установок и экономии топливно-энергетических ресурсов.

В ЦНИИБуммаше разработано типовое теплорекуперационное оборудование, которое по своим конструктивным и теплотехническим характеристикам, а также по технологическим схемам не уступает передовым зарубежным образцам и успешно эксплуатируется в составе бумагоделательных машин на многих предприятиях страны.

В настоящее время проводятся исследования по более глубокому охлаждению паровоздушной смеси за счет применения теплонасосных установок.

По схеме улавливания тепла, назначению и конструктивному исполнению теплорекуперационное оборудование делится на теплорекуперационные агрегаты (ТРА) и вентиляционно-рекуперационные агрегаты (ВРА). По компоновке теплообменных агрегатов в схеме теплорекуперации они подразделяются на вертикальные и горизонтальные.

При выборе типа теплорекуперационного оборудования руководствуются главным образом системой укрытия сушильной части. Если установлен вентиляционный колпак открытого или полужакрытого типа, то тогда бумагоделательные машины комплектуются вентиляционно-рекуперационными агрегатами с одной ступенью рекуперации, устанавливаемыми на открытой площадке или в пристройке здания. Если же на машине установлен вентиляционный колпак закрытого типа, то в этом случае применяются теплорекуперационные агрегаты с целью максимальной утилизации тепла отработанной паровоздушной смеси и создания нормальных

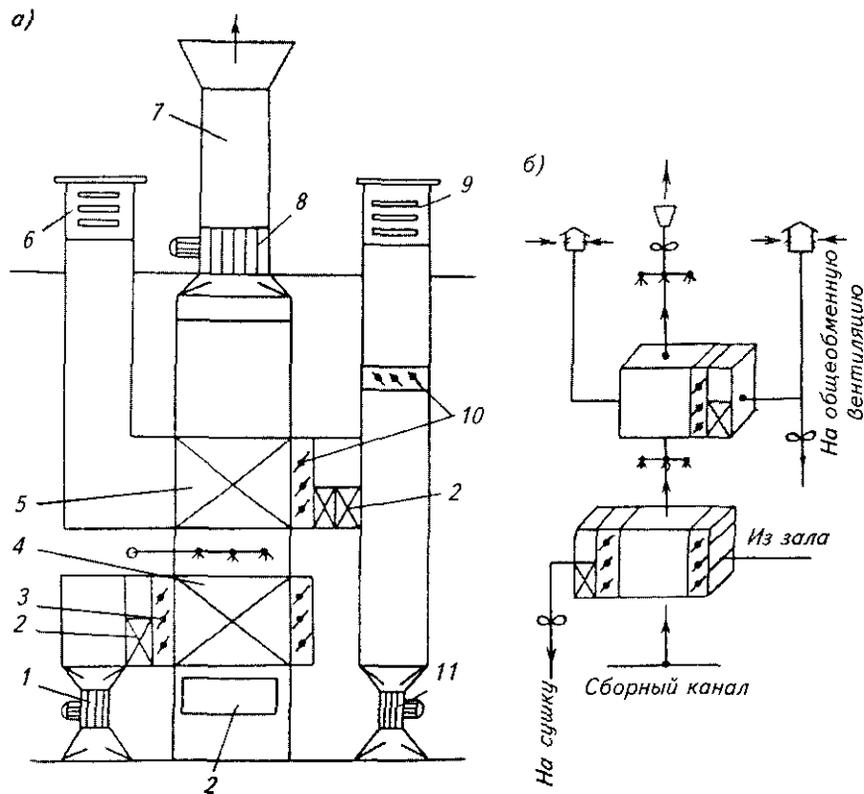


Рис. 1.207. Схема теплорекуперационного агрегата ТРА-3 (а) и потоков воздуха (б):

1 — осевой вентилятор для подачи сушильного воздуха; 2 — калорифер для нагрева сушильного воздуха; 3 — клапан; 4 — теплоуловитель 1-й ступени; 5 — теплоуловитель 2-й ступени; 6 — воздухозаборная шахта для холодного времени года; 7 — шахта для выброса отработанной паровоздушной смеси; 8 — осевой вентилятор для выброса отработанной паровоздушной смеси; 9 — воздухозаборная шахта для теплого времени года; 10 — клапаны; 11 — осевой вентилятор для подачи воздуха общеобменной вентиляции

Таблица 1.117

Техническая характеристика отечественных теплорекуперационных и вентиляционно-рекуперационных агрегатов

Модель агрегата	Производительность, м ³ /ч			Термический КПД	Масса, т
	по вытяжке	по притоку в помещение	по притоку на сушку		
Открытая сушильная часть					
ВРА-4	60 000	72 000	—	0,45	15,0
ВРА-3В	65 000	75 000	—	0,25	10,23
ВРА-18М	30 000	35 000	—	0,45	—
ВРА-3М	70 000	75 000	—	0,45	12,0
ВРА-3В2	70 000	84 500	—	0,35	11,0
Закрытая сушильная часть					
ТРА-1	88 000	90 000	66 000	0,77	40,0
ТРА-2	50 500	62 500	41 400	0,78	22,5
ТРА-3	70 500	60 000	54 000	0,78	30,2
ТРА-3Н	85 000	120 000	50 400	—	28,17
ТРА-4	60 000	100 000	50 000	—	24,0

санитарно-гигиенических условий в рабочей зоне.

Для нагревания воздуха, поступающего на сушку бумаги и вентиляцию зала бумагоделательных машин, применяются теплоуловители из гладких и гофрированных пластин, а также трубчатые теплоуловители с коридорным или шахматным расположением труб. Техническая вода нагревается в контактных теплообменниках — скрубберах.

На рис. 1.207 приведена схема теплорекуперационного агрегата ТРА-3, состоящего из двух теплоуловителей, двух заборных шахт, осевых вентиляторов, калориферов, жалюзийных клапанов и скруббера. Такими агрегатами комплектуются широкоформатные машины для выработки газетной, мешочной и других видов бумаги.

ТРА-3 имеет две всасывающие шахты для забора свежего воздуха в теплый и холодный периоды года, что позволяет отказаться от обводного воздуховода теплоуловителя 2-й ступени. В теплое время года наружный воздух забирается по правой шахте и подается в рабочую зону, а в холодное время года воздух поступает через левую шахту, нагревается в теплоуловителе 2-й ступени, в калорифере (если в этом есть необходимость) и затем подается на вентиляцию рабочей зоны или в чердачное помещение для нагревания подшивного потолка и кровли.

Испытания ТРА-3 показали, что температура паровоздушной смеси, поступающей в систему теплорекуперации, равна 60...68 °С (при открытых подъемных щитах), температура воды после скруббера — 42...45 °С и сушильного воздуха — 55...56 °С. Высота теплорекуперационного агрегата равна 30,015 м, ширина — 6,12 м и длина — 9,12 м.

В ТРА-3 имеется скруббер для снижения температуры паровоздушной смеси за счет нагревания орошающей воды, а также орошение теплоуловителя 1-й ступени для очистки поверхности нагрева от загрязнения волокнами и пылью.

Разновидностью теплоуловителя ТРА-3 является теплоуловитель ТРА-3Н. Техническая характеристика ВРА и ТРА приведены в табл. 1.117.

1.11.5.7. Теплоуловители в схеме рекуперации тепла

Теплоуловители 1-й и 2-й ступеней (ТУ-1 и ТУ-2) предназначены для утилизации тепла отработавшей паровоздушной смеси. В ТУ-1 нагревается сушильный воздух, подаваемый под машину, а в ТУ-2 — воздух общеобменной вентиляции, основная часть которого (60 %) направляется в рабочую зону зала, а оставший воздух (40 %) подается в чердачное помещение для нагревания подшивного потолка. Теплоуловители могут выполняться трубчатыми, пластинчатыми и пластинчатыми из профильных листов. По межтрубному пространству движется нагреваемый воздух, а по трубам — паровоздушная смесь.

Количество тепла, передаваемого в ТУ-1, равно

$$Q_1 = L_c (I_7 - I_8), \text{ кДж/ч}, \quad (1.158)$$

а количество тепла, передаваемого в ТУ-2, —

$$Q_2 = L_c (I_8 - I_9), \text{ кДж/ч}. \quad (1.159)$$

Поверхность теплообменников определяется по формуле

$$F_T = \frac{Q}{3,6\varepsilon_3 K \Delta t}, \text{ м}^2, \quad (1.160)$$

где Q — количество тепла, переданного в теплообменнике, кДж/ч; K — коэффициент теплопередачи, Вт/м²·°С; ε_3 — коэффициент загрязнения, для инженерных расчетов можно принимать $\varepsilon_3 = 0,75 \dots 0,8$.

Коэффициент теплопередачи рассчитывается по формуле

$$K = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}, \quad (1.161)$$

где α_1 — коэффициент теплоотдачи со стороны нагреваемого воздуха, Вт/м²·°С; α_2 — коэффициент теплоотдачи на стороне паровоздушной смеси, Вт/м²·°С.

Коэффициент теплоотдачи на стороне нагреваемого сухого воздуха при поперечном обтекании труб равен

$$\alpha_1 = 0,177 \frac{\lambda}{d_H} \left(\frac{w d_H}{\nu} \right)^{0,64}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}, \quad (1.162)$$

где λ — коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/м²·°С; ν — коэффициент кинематической вязкости воздуха, м²/с; w — скорость воздуха, м/с; d_H — наружный диаметр труб, м.

Коэффициент теплоотдачи при продольном обтекании труб паровоздушной смесью равен [117]

$$\alpha_2 = 0,018 \frac{\lambda}{d_{вн}} \left(\frac{w d_{вн}}{\nu} \right)^{0,8}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}, \quad (1.163)$$

где $d_{вн}$ — внутренний диаметр труб, м.

Теплообмен на стороне паровоздушной смеси принято разделять на две зоны: сухую и влажную. Коэффициент теплоотдачи во влажной зоне на стороне паровоздушной смеси рекомендуется определять по общему уравнению, учитывающему увеличение интенсивности теплообмена вследствие конденсации пара из воздуха:

$$\alpha'_2 = \alpha_2 \left(1 + \frac{\Delta d (i_{п} - i_{к})}{1000 \delta t C_{св}} \right), \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}, \quad (1.164)$$

где Δd — перепад влагосодержания воздуха в теплообменниках, г/кг; δt — снижение температуры отработавшего воздуха, °С; $i_{п}$ — энтальпия пара, кДж/кг; $i_{к}$ — энтальпия конденсата, кДж/кг.

1.11.6. МАТЕРИАЛЬНЫЙ И ТЕПЛОВЫЙ БАЛАНСЫ СУШИЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

1.11.6.1. Расход тепла и пара на сушку бумаги

Расчет расходов тепла и пара выполняется по уравнениям теплового баланса в предположении, что весь процесс сушки делится на три периода [118].

В период прогрева влагосодержание изменяется незначительно (в расчетах принимается постоянным), а температура увеличивается от начальной t_{60} до температуры насыщения при атмосферном давлении t_{61} .

Расход тепла в период прогрева

$$Q_{пр} = \frac{1}{\Psi_{пр}} G_M (c_{с.п} + c_{в} u_0) \times (t_{61} - t_{60}), \text{ кДж/ч}, \quad (1.165)$$

где $\Psi_{пр}$ — коэффициент использования тепла в период прогрева, $\Psi_{пр} = 0,98 \dots 1,0$; $c_{с.б}$ — теплоемкость сухого полотна бумаги, $c_{с.б} = 1,46$ кДж/кг·°С; $c_{в}$ — теплоемкость воды, $c_{в} = 4,19$ кДж/кг·°С; G_M — производительность бумагоделательной машины, кг/ч; u_0 — начальное влагосодержание бумажного полотна (влагосодержание полотна после прессовой части), кг/кг.

Период постоянной скорости сушки характеризуется тем, что влагосодержание бумаги изменяется от начального значения u_0 до критического влагосодержания по линейному закону, т. е. скорость сушки в этот период является величиной постоянной ($du/d\tau = \text{const}$).

Расход тепла в период постоянной скорости сушки равен

$$Q_1 = \frac{1}{\Psi_1} G_M (i''_{п1} + c_{в} t_{61}) (u_0 - u_{к}), \text{ кДж/ч}, \quad (1.166)$$

где Ψ_1 — коэффициент использования тепла в период постоянной скорости сушки, $\Psi_1 = 0,92$; $i''_{п1}$ — энтальпия образовавшегося пара в период постоянной скорости сушки, $i''_{п1} = 2493 - 1,97 t_{61}$, кДж/кг; t_{61} — температура бумаги в период постоянной скорости сушки, °С; $u_{к}$ — критическое влагосодержание бумаги, кг/кг.

Период уменьшающейся скорости сушки характеризуется тем, что влагосодержание бумаги уменьшается от критического $u_{к}$ до конечного (равновесного) u_2 по экспоненциальной зависимости, а температура увеличивается от температуры в период постоянной скорости суши-

ки t_{61} до конечной t_{62} , которая ближе к температуре сушильных цилиндров.

Расход тепла в период уменьшающейся скорости сушки равен

$$Q_2 = \frac{1}{\psi_2} G_M (i''_{п2} - c_B t_{62}) (u_K - u_2) + (c_{см} + c_B u_2) (t_{62} - t_{61}), \text{ кДж/ч, (1.167)}$$

где ψ_2 — коэффициент использования тепла в период уменьшающейся скорости сушки, $\psi_2 = 0,82$; t_{62} — температура бумажного полотна в конце сушки, °С; u_2 — конечное влагосодержание бумажного полотна, $u_2 = 0,06...0,09$ кг/кг; $i''_{п2}$ — энтальпия пара в период уменьшающейся скорости сушки, $i''_{п2} = 2493 + 1,97t_{62}$ кДж/кг; t_{62} — средняя температура бумажного полотна в период уменьшающейся скорости сушки, $t_{62} = 0,5(t_{61} + t_{62})$, °С.

Температура бумаги t_{62} в конце сушки отличается от температуры сушильных цилиндров на 10...15 °С, поэтому $t_{62} = t_{ц} - (10...15)$ °С.

Расход пара на сушку бумаги при параллельной схеме пароснабжения составит

$$Q_{п} = \frac{Q_{пр} + Q_1 + Q_2}{i''_{п} - i'_{к}}, \text{ кг/ч, (1.168)}$$

где $i''_{п}$ — энтальпия пара, поступающего в сушильную часть машины при соответствующем давлении, кДж/кг; $i'_{к}$ — энтальпия конденсата, удаляемого из сушильных цилиндров, кДж/кг.

Расход пара на сушку бумаги при групповой схеме пароснабжения равен:

в период прогрева —

$$Q_{пр} = \frac{Q_{пр}}{i''_{п3} - i'_{к4}}, \text{ кг/ч; (1.169)}$$

в период постоянной скорости сушки —

$$Q_1 = \frac{Q_1}{i''_{п2} - i'_{к3}}, \text{ кг/ч; (1.170)}$$

в период уменьшающейся скорости сушки —

$$Q_2 = \frac{Q_2}{i''_{п1} - i'_{к2}}, \text{ кг/ч, (1.171)}$$

где $i''_{п1}$, $i''_{п2}$, $i''_{п3}$ — энтальпии пара при входе в соответствующие группы сушильных цилиндров, кДж/кг; $i'_{к2}$, $i'_{к3}$, $i'_{к4}$ — энтальпии конденсата на выходе из соответствующих групп сушильных цилиндров, кДж/кг.

Общий расход пара на сушку бумаги

$$Q_{п} = Q_{пр} + Q_1 + Q_2, \text{ кг/ч. (1.172)}$$

В приведенных расчетных формулах принято, что свежий пар поступает в 1-ю сушильную группу с давлением p_1 , затем во 2-ю — с давлением p_2 и далее — в 3-ю группу с давлением p_3 .

Давление в водоотделителях за паровыми группами цилиндров соответственно равно p_2 (за 1-й паровой группой), p_3 (за 2-й паровой группой) и p_4 (за 3-й паровой группой).

Расход пара с учетом продувки цилиндров для удаления воздуха (без учета расхода пара на вентиляцию)

$$\Sigma Q_{п} = (1,02...1,05) D_{п}, \text{ кг/ч. (1.173)}$$

При наличии сукносушильных цилиндров расход пара на них составляет 15...20 % от общего расхода, если применяются шерстяные сукна, и 7...10 %, если применяются хлопчатобумажные сукна.

Удельный расход пара на 1 кг вырабатываемой продукции составит

$$d_{уд} = \frac{\Sigma Q_{п}}{G_M}, \text{ кг пара/кг бумаги, (1.174)}$$

где G_M — производительность бумагоделательной машины, кг/ч.

Удельный расход тепла на выработку бумаги (табл. 1.118) будет

$$q_6 = \frac{Q_{пр} + Q_1 + Q_2}{G_M}, \text{ кДж/кг (МДж/т). (1.175)}$$

Диаметры машинного паропровода и подводящих к сушильным цилиндрам паровых стояков рассчитываются по формуле

$$d_{п} = \sqrt{\frac{4 \Sigma Q_{п} v''}{3600 \pi w_{п}}}, \text{ м, (1.176)}$$

где v'' — удельный объем пара, м³/кг (определяется по таблицам сухого насыщенного пара); $w_{п}$ — скорость пара в паропроводах, м/с (для сухого насыщенного пара $w_{п} = 25...30$ м/с, для перегретого — 40...60 м/с).

Расход пара в стояках по длине машины значительно различается — в период прогрева наблюдается максимальный расход пара,

Таблица 1.118
Примерный удельный расход тепла на сушку различных видов бумаги (по данным предприятий)

Вид бумаги	Расход тепла	
	кДж/т	10 ⁶ Гкал/т
Газетная	8,38...11,30	2,0...2,7
Типографская № 2 и № 3	8,80...10,06	2,1...2,4
Писчая № 1	14,73...12,37	2,8...3,0
Писчая № 2	10,48...11,31	2,5...2,7
Оберточная неклееная	7,12...7,96	1,7...1,9
Оберточная клееная	7,96...8,38	1,9...2,0
Пачечная	7,54...7,96	1,8...1,9
Мундштучная	10,48...10,90	2,5...2,6
Кабельная	12,15...15,50	2,9...3,7
Конденсаторная	22,63...24,72	5,4...5,9

в период постоянной скорости расход пара снижается и во все цилиндры количество подаваемого пара одинаковое, а в период уменьшающейся скорости — расход пара постепенно снижается к накату.

1.11.6.2. Формулы для расчета материального и теплового балансов сушильных частей бумагоделательных машин

Сушильная установка современных бумагоделательных машин оборудуется теплоизолированными вентиляционными колпаками, позволяющими уменьшать тепловые потери в зал машин, увеличивать степень рекуперации теплоты, улучшать аэродинамику потоков воздуха в сушильной части.

Вентиляционная система сушильной части машины, закрытой колпаком, состоит из нескольких параллельно включенных приточно-вытяжных установок, каждая из которых состоит из одного вытяжного и двух приточных вентиляторов, регенеративных теплообменных аппаратов, скрубберов, калориферов, клапанов и другого оборудования.

Баланс а. с. воздуха сушильной установки бумагоделательной машины определяется уравнением

$$L_c = L_{отс} = L_{нагн} + L_{пдс}, \text{ кг/ч, (1.177)}$$

где L_c — расход воздуха в сушильной части, кг/ч; $L_{нагн}$, $L_{отс}$ — количество нагнетаемого в сушильную камеру и отсасываемого воздуха соответственно, кг/ч; $L_{пдс}$ — количество воздуха, подсасываемого в сушильную часть из цеха бумагоделательных машин, кг/ч.

Влага, выделяющаяся из полотна бумаги в процессе контактной сушки, удаляется потоком воздуха, движущимся в сушильной части. Все тепло, выделившееся при конденсации греющего пара в цилиндрах, за исключением тепла, уносимого нагретым полотном и передаваемого ограждением в окружающую среду, воспринимается воздухом.

Тепловой баланс сушильной части выражается уравнениями [119]:

$$Q_c - Q_{с.б}^{пр} - Q_{окр} + Q_{дв} = L_{пдс}(I_7 - I_4) + L_{нагн}(I_7 - I_6), \text{ кДж/ч; (1.178)}$$

$$Q_c = \frac{Q_{пр}}{\eta_{пр}} + \frac{Q_1}{\eta_1} + \frac{Q_2}{\eta_2}, \text{ кДж/ч, (1.179)}$$

где Q_c — расход тепла на сушку бумаги, кДж/ч; $Q_{с.б}^{пр}$ — расход тепла на нагревание сухого полотна бумаги, кДж/ч; $Q_{дв}$ — расход тепла, которое выделяется приводными двигателями сушильных цилиндров, кДж/ч; $Q_{окр}$ — потери тепла в окружающую среду через ограждения, кДж/ч; I — энтальпия влажного воздуха в соответствующих точках, кДж/кг; $Q_{пр}$ — расход тепла на прогрев бумаги, кДж/ч; Q_1 — расход тепла в период постоянной скорости сушки, кДж/ч; Q_2 — расход тепла в период уменьшающейся скорости сушки, кДж/ч; $\eta_{пр}$ — коэффициент сохранения тепла в период прогрева, $\eta_{пр} = 0,8$; η_1 — коэффициент сохранения тепла в период постоянной скорости сушки, $\eta_1 = 0,85$; η_2 — коэффициент сохранения тепла в период уменьшающейся скорости сушки, $\eta_2 = 0,9$.

В целях упрощения расчетов в дальнейшем принимается, что воздух, сушильный и подсасываемый из зала, и потоки воздуха в пределах сушильной части полностью перемешиваются. В этом случае параметры удаляемого воздуха, нагнетаемого вентиляторами и подсасываемого из зала, будут одинаковыми. Количество подсасываемого воздуха на основании опытных данных принимается $L_{пдс} = 0,3 L_c$.

Расход тепла на нагревание сухого полотна бумаги

$$Q_{с.б}^{пр} = G_m(c_{сб} + c_v u_2)(t_{п2} - t_{п0}), \text{ кДж/ч, (1.180)}$$

где u_2 — конечное влагосодержание полотна бумаги, кг/кг; $t_{п2}$ — температура полотна бумаги на выходе из сушильной части машины, °С.

Потери тепла в окружающую среду от поверхности вентиляционного колпака равны

$$Q_{окр} = 3,6 F_k K_{вк} (\bar{t}_в - t_0), \text{ кДж/ч, (1.181)}$$

где F_k — площадь поверхности вентиляционного колпака, м²; $K_{вк}$ — коэффициент теплопередачи от воздуха в вентиляционном колпаке в зал машины, Вт/м² · °С; $\bar{t}_в$ — средняя температура воздуха в сушильной камере, °С; t_0 — температура воздуха в цехе, °С.

Мощность двигателей сушильной части может быть рассчитана по приближенной формуле

$$N = k_N b_m w_m (n_{ц} + n_c) D_{ц}, \text{ кВт, (1.182)}$$

где k_N — удельный расход энергии, отнесенный к 1 м диаметра цилиндров, $k_N = 0,002... 0,003$ кВт · мин/м³; b_m — ширина машины, м; w_m — скорость бумагоделательной машины, м/мин; $n_{ц}$, n_c — количество бумагосушильных

и сукносушильных цилиндров соответственно;
 $D_{\text{ц}}$ — диаметр цилиндров, м.

Общий массовый расход воздуха для асси-
 милиации образовавшихся водяных паров оп-
 ределяется по уравнению

$$L_{\text{с}} = L_{\text{отс}} = \frac{1000M}{d_7 - d_6}, \text{ кг/ч}, \quad (1.183)$$

где M — количество влаги, испаряемой из бу-
 мажного полотна, кг/ч; d_6 — влагосодержа-
 ние воздуха, подаваемого в сушильную часть
 машины, $d_6 = 10...20$ г/кг; d_7 — влагосодер-
 жание отработавшей паровоздушной смеси,
 $d_7 = 80...100$ г/кг.

Энтальпия воздуха после теплоуловителя
 2-й ступени определяется из уравнения

$$I_{10} = I_8 - (I_2 - I_1), \text{ кДж/кг}. \quad (1.184)$$

1.11.6.3. КПД сушильной установки

Оценку эффективности использования теп-
 ла пара в пароконденсатной системе производят
 по термодинамическому коэффициенту полез-
 ного действия, который равен отношению выде-
 лившегося в результате конденсации пара теп-
 ла ($r = i'' - i'$) к теплу подведенного пара (i'') [120]

$$\eta = \frac{i'' - i'}{i''} 100 \% = \frac{r}{i''} 100 \%, \quad (1.185)$$

где i'' , i' — энтальпии пара и конденсата соот-
 ветственно, кДж/кг; r — теплота парообразо-
 вания, кДж/кг.

Оценку эффективности использования теп-
 ла пара в сушильной части выполняют по об-
 щему КПД, который равен отношению полез-
 но использованного тепла (на сушку бумаги)
 ко всему подведенному теплу [121]:

$$\eta_{\text{с. ч}} = \left(1 - \frac{Q_{\text{с. в}}^{\text{к}} + Q_{\text{б}}'' + Q_{\text{с. в}}^{\text{пв. с}} + Q_{\text{окр}}}{Q_{\text{п}} + Q_{\text{б}}' + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{с. в}}^{\text{наг}} + Q_{\text{с. в}}^{\text{подс}} + Q_{\text{ту1}} + Q_{\text{ту2}}} \right) \times 100 \%. \quad (1.186)$$

Расход тепла с конденсатом, удаляемым из
 пароконденсатной системы, равен

$$Q_{\text{с. в}}^{\text{к}} = Q_{\text{к}} i', \text{ кДж/ч}, \quad (1.187)$$

где $Q_{\text{к}}$ — расход конденсата (пара), кг/ч; i' —
 энтальпия конденсата, удаляемого из парокон-
 денсатной схемы (определяется по табл. 1.107),
 кДж/кг.

Потери тепла с бумагой, выходящей из су-
 шильной части, составят

$$Q_{\text{б}}' = G_{\text{м}}(c_{\text{с. б}} + c_{\text{в}} u_2) t_{\text{б2}}, \text{ кДж/ч}, \quad (1.188)$$

где $c_{\text{с. б}}$, $c_{\text{в}}$ — теплоемкости сухой бумаги и воды
 соответственно, кДж/кг · °С; u_2 — влагосодер-
 жание бумаги на накате, $u_2 = 0,05...0,08$ кг/кг;
 $t_{\text{б2}}$ — температура бумаги в конце сушки, при-
 ближенно равна $t_{\text{б2}} = t_{\text{ц1}} - (10...15)$ °С; $t_{\text{ц1}}$ —
 температура сушильных цилиндров в 1-й су-
 шильной группе (по ходу пара), °С.

Расход тепла с отработавшей паровоздуш-
 ной смесью, удаляемой в окружающую среду,
 составит

$$Q_{\text{с. в}}^{\text{пв. с}} = L_I I_7^I + L_{II} I_7^{II} + \dots + L_n I_7^n = \sum_1^n L_i I_i^n, \text{ кДж/ч}, \quad (1.189)$$

где L_I , L_{II} , ..., L_n — расходы отработавшей па-
 ровоздушной смеси через соответствующие вы-
 тяжные системы, кг/ч; I_7^I , I_7^{II} , ..., I_7^n — эн-
 тальпии отработавшей паровоздушной смеси в от-
 водящих из колпака патрубках (определяется
 по Id-диаграмме, см. п. 1.11.5).

Средний массовый расход воздуха, подава-
 емого в сушильную часть машины, будет ра-
 вен

$$L_{\text{ср}} = \frac{1000G_{\text{м}}(u_0 - u_2)}{d_2 - d_1}, \text{ кг/ч}, \quad (1.190)$$

где d_1 — среднее влагосодержание воздуха на
 входе в сушильную часть, г/кг, $d_1 = 10...20$ г/кг;
 d_2 — среднее влагосодержание паровоздушной
 смеси на выходе из вентиляционного колпака,
 г/кг, $d_2 = 90...100$ г/кг.

Чем выше влагосодержание отработавшей
 паровоздушной смеси d_2 , тем экономичнее про-
 цесс вентиляции сушильной части, так как
 снижаются расходы сушильного воздуха и па-
 ровоздушной смеси, но если температура ог-
 раждающих конструкций $t_{\text{огр}}$ окажется мень-
 ше температуры точки росы ($t_{\text{огр}} < t_{\text{р}}$), возни-
 кает опасность конденсации водяных паров на
 конструкциях вентиляционного колпака.

Потери тепла в окружающую среду от вен-
 тилиационного колпака

$$Q_{\text{окр}} = F_{\text{к}} K (t_7 - t_3), \text{ кДж/ч}, \quad (1.191)$$

где $F_{\text{к}}$ — площадь поверхности вентиляцион-
 ного колпака (сумма площадей боковых, тор-
 цевых поверхностей и верха), м²; t_3 — темпе-
 ратура воздуха в рабочей зоне зала, °С; t_7 —
 температура паровоздушной смеси, °С.

Коэффициент теплопередачи от паровоз-
 душной смеси к воздуху в рабочей зоне [122]

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_k}{\lambda_k} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

кДж/м² · ч · °С (Вт/м² · °С), (1.192)

где α_1 — коэффициент теплоотдачи от паровоздушной смеси к внутренней поверхности колпака, Вт/м² · °С (см. табл. 1.112); α_2 — коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности колпака в окружающую среду, Вт/м² · °С (табл. 1.112); δ_k — толщина стенок колпака, м ($\delta_k = 60 \dots 80$ мм); λ_k — коэффициент теплопроводности тепловой изоляции ограждения, Вт/м · °С (см. табл. 1.105).

Распределение температур у стенки вентиляционного колпака показано на рис. 1.208.

Расход тепла с паром, поступающим на сушилку, рассчитывается по формуле

$$Q_T^{\text{п}} = Q_{\text{п}} i'', \text{ кДж/ч}, \quad (1.193)$$

где $Q_{\text{п}}$ — расход пара, поступающего в сушильную часть, кг/ч; i'' — энтальпия пара, поступающего в 1-ю сушильную группу при соответствующем давлении, кДж/кг.

Тепло, вносимое в сушильную часть влажной бумагой после прессования, равно

$$Q_6' = G_M (c_{с.б} + c_{в.у_0}) t_{60}, \text{ кДж/ч}, \quad (1.194)$$

где G_M — производительность бумагоделательной машины, кг/ч; $c_{с.б}$ — теплоемкость сухого полотна бумаги (см. табл. 1.106), кДж/кг · °С;

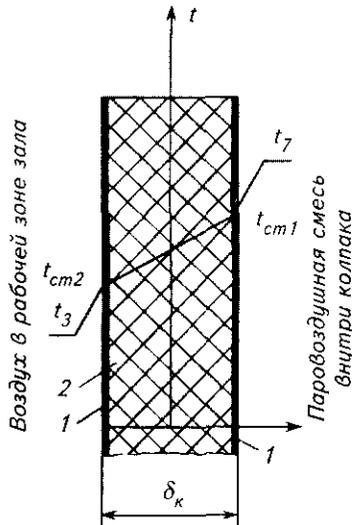


Рис. 1.208. Схема распределения температур у стенки вентиляционного колпака (t_3 — температура рабочей зоны зала; t_7 — температура паровоздушной смеси внутри колпака; t_{cm1} — температура внутренней поверхности колпака; t_{cm2} — температура наружной поверхности колпака):

1 — алюминиевые листы; 2 — тепловая изоляция

$c_{в}$ — теплоемкость воды, кДж/кг · °С; u_0 — начальное влагосодержание бумаги (после пресовой части), кг/кг; t_{60} — начальная температура бумаги, °С.

Количество тепла, поступающего в сушильную часть в результате трения подшипников сушильных цилиндров и валов, равно

$$Q_{\text{дв}} = 3600 \cdot 0,5 k_N B_{\text{п}} w_{\text{м}} n_{\text{ц}} D_{\text{ц}}, \text{ кДж/ч}, \quad (1.195)$$

где 0,5 — коэффициент, учитывающий долю тепла, поступающего в вентиляционный колпак от трения подшипников; $B_{\text{п}}$ — необрезная ширина бумажного полотна, м; $w_{\text{м}}$ — скорость машины, м/мин; $n_{\text{ц}}$ — количество бумагосушильных и сукноосушительных цилиндров; $D_{\text{ц}}$ — диаметр цилиндров, м; k_N — удельный расход энергии, отнесенный к 1 м диаметра цилиндров, кВт мин/м³, $k_N = 0,002 \dots 0,003$.

Количество тепла, поступающее в вентиляционный колпак с сушильным воздухом, равно

$$Q_{с.в}^{\text{нагн}} = L_{с.в} I_6, \text{ кДж/ч}, \quad (1.196)$$

где $L_{с.в}$ — суммарный массовый расход сушильного воздуха, нагнетаемого в нижнюю часть машины через теплоуловитель 1-й ступени (ТУ-1), кг/ч; I_6 — энтальпия сушильного воздуха, подаваемого под машину (определяется по Id-диаграмме, см. п. 1.11.5).

Количество тепла, поступающее с воздухом, подсасываемым из зала за счет разности давлений в зале и в верхней части вентиляционного колпака, рассчитывается по формуле

$$Q_{с.в}^{\text{подс}} = 0,3 L_{с.в} I_4, \text{ кДж/ч}, \quad (1.197)$$

где I_4 — энтальпия влажного воздуха в рабочей зоне зала машины (определяется по Id-диаграмме), кДж/кг.

Количество тепла, возвращенного в систему вентиляции бумагоделательной машины из теплоуловителя 1-й ступени (ТУ-1), равно

$$Q_{\text{ТУ1}} = L_{с.в} (I_5 - I_4), \text{ кДж/ч}, \quad (1.198)$$

где I_4, I_5 — энтальпия воздуха в рабочей зоне и за теплоуловителем 1-й ступени соответственно, кДж/кг.

Расход тепла, передаваемого в теплоуловитель 2-й ступени (ТУ-2), равен

$$Q_{\text{ТУ2}} = L_{\text{пв.с}} (I_8 - I_9) \varphi_2 = L_{\text{общ}} (I_2 - I_1), \text{ кДж/кг}, \quad (1.199)$$

где $L_{\text{пв.с}}$ — массовый расход паровоздушной смеси, кг/ч; I_1 — энтальпия воздуха после ТУ-2, кДж/кг; I_2 — энтальпия паровоздушной смеси после ТУ-2, кДж/кг; I_8 — энталь-

Таблица 1.119
Полезный и общий расходы тепла, КПД сушильной части при разной начальной сухости бумаги

Начальная сухость бумаги, %	Расход тепла, кДж/кг бумаги		КПД
	полезный	общий	
26	7060,15	10269,7	68,8
28	6385,50	9310,2	68,6
30	5790,60	8476,4	68,3
32	5275,20	7755,7	68,0
34	4818,50	7127,2	67,6
36	4412,10	6574,1	67,1
38	4047,50	6079,7	66,6
40	3720,70	5648,1	65,9
42	3427,40	5275,2	65,0
45	3029,40	4617,4	63,3
50	2480,50	4202,6	59,0

пия паровоздушной смеси после ТУ-1, кДж/кг; I_9 — энтальпия паровоздушной смеси после ТУ-2, кДж/кг; $L_{\text{общ}}$ — массовый расход воздуха на общеобменную вентиляцию.

КПД сушильной части бумагоделательных машин открытого типа составляет 65...70 %, закрытого типа — 70...75 %, самосъемочных машин 80...92 %. Значение КПД зависит от конструкции машины, системы теплообмена, начальной и конечной влажности бумаги. В табл. 1.119 приведены значения КПД в зависимости от начальной сухости бумаги для машины открытого типа.

1.11.7 ОБРАБОТКА БУМАЖНОГО ПОЛОТНА В СУШИЛЬНОЙ ЧАСТИ

1.11.7.1. Микрокрепление бумаги

Повышение растяжимости и улучшение связанных с этим показателей потребительских свойств бумажного полотна достигается микрокреплением с помощью специальных мик-

рокрепирующих устройств с бесконечным резиновым полотном. Устройство располагается в сушильной части бумагоделательной машины в зоне сухости бумажного полотна, равной 65...75 %. Так как бумага сжимается, должна быть предусмотрена возможность регулирования скорости устройства и последующей сушильной группы в пределах до 10 %.

Для примера на рис. 1.209, а представлена схема микрокрепирующего устройства типа Слупак, которое состоит из хромированного цилиндра, обогреваемого паром с давлением 0,7...0,9 МПа. Цилиндр на 90° охватывается бесконечной термостойкой резиновой лентой толщиной 25 мм и длиной 7...8 м. С внутренней стороны ленты установлены валки — натяжной, два ведущих приводных и прижимной, с наружной стороны — правильный валок. Для регулирования сухости бумажного полотна имеются спрыск, орошающий поверхность цилиндра, а также спрыски для смазки и охлаждения внутренней поверхности резиновой ленты.

Принцип действия микрокрепирующего устройства показан на рис. 1.209, б. Под действием давления прижимного валика резиновая лента в зоне контакта деформируется и ее наружная поверхность, прилегающая к сушильному цилиндру, удлиняется. Бумажное полотно находится в это время между удлиненной частью резиновой ленты и цилиндром. Лента, пройдя зону контакта, приходит в начальное состояние и ее наружная поверхность укорачивается. Бумажное полотно также укорачивается, вследствие чего на бумаге образуется микрокреп, обуславливающий ее высокое удлинение при разрыве.

В процессе микрокрепления мешочная бумага приобретает способность к растяжимости до 8...9 % в продольном направлении и на 1...2 % — в поперечном [123]. Эффект

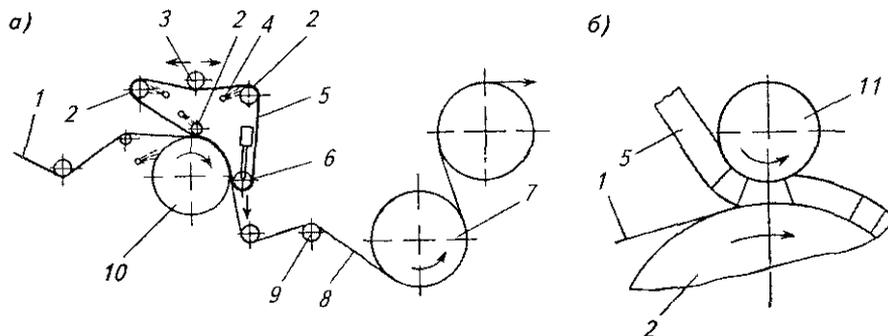


Рис. 1.209. Схема устройства Слупак:

1 — бумажное полотно до крепления; 2 — ведущий валок; 3 — правильный валок; 4 — спрыски; 5 — резиновая лента; 6 — натяжной валок; 7 — сушильные цилиндры; 8 — бумажное полотно после крепления; 9 — бумаговедущий валок; 10 — хромированные цилиндры; 11 — прижимной валок

микрорецирования повышается, если сушильный цилиндр, к которому прижимается бумажное полотно, нагревается до температуры 100...110 °С. Дальнейшее повышение температуры цилиндра отрицательно влияет на прижимную резиновую ленту. Дополнительный эффект микрорецирования получается за счет того, что поверхность этого цилиндра хромируется и полируется. Для предотвращения прилипания бумаги к цилиндру на его поверхность с помощью спрыска наносят силиконовое масло в смеси с водой.

О микрорецировании см. также п. 1.12.2.3 и ч. 2 настоящего тома.

1.11.7.2. Конвективный сушильный шкаф

Конвективный шкаф Fläkt применяется для придания бумажному или картонному полотну повышенных физико-механических показателей и устанавливается на машинах, вырабатывающих тароупаковочные, электроизоляционные и другие виды бумаги. Шкафы Fläkt применяются также в качестве самостоятельных устройств для сушки целлюлозы.

На рис. 1.210 приведена схема конвективного шкафа Fläkt, установленного между пред-

варительной и досушивающей частями многоцилиндровой машины. Сушильный шкаф состоит из распределительных воздухопроводов, установленных в несколько ярусов, из которых под углом вытекают струи нагретого воздуха; калориферов для нагревания свежего и рециркуляционного воздуха; осевых вентиляторов, установленных на боковых стенах шкафа; системы приточно-вытяжной вентиляции с установкой для рекуперации тепла отработавшей паровоздушной смеси.

Принцип действия конвективной сушилки Fläkt основан на создании статического давления воздуха между плоскостью распределительных воздухопроводов и полотном бумаги, с помощью которого полотно поддерживается во взвешенном состоянии.

Свежий воздух, поступающий в нижнюю часть сушилки, совершает многократную циркуляцию с промежуточным его нагреванием. Взвешенное положение полотна на воздушной подушке обеспечивает его сушку без натяжения, поэтому усадка полотна в продольном и поперечном направлениях и образование связей между волокнами происходят беспрепятственно. При этом качественные показатели, такие как разрывная длина, сопротивление продавливанию, растяжимость, улучшаются как в продольном, так и в поперечном направлениях, снижаются пористость и впи-

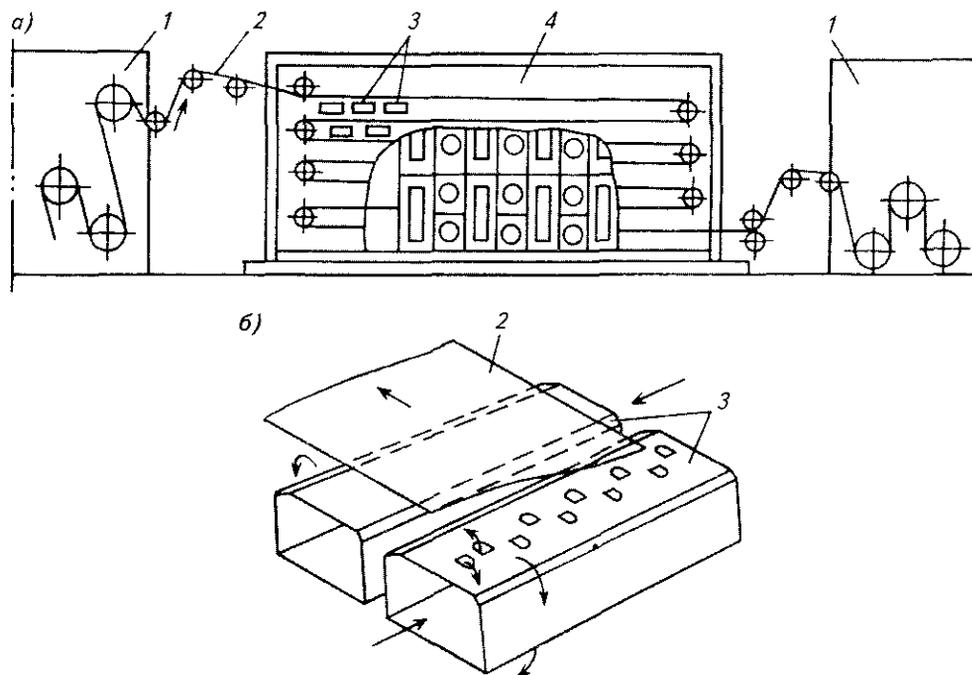


Рис. 1.210. Схема размещения шкафа Fläkt на БДМ (а) и схема поддержки бумажного полотна во взвешенном состоянии струями воздуха из распределительных воздухопроводов (б);

1 — многоцилиндровая контактно-конвективная установка; 2 — бумажное полотно; 3 — распределительные воздухопроводы; 4 — конвективный сушильный шкаф Fläkt

тывающая способность бумаги. В сушильном шкафу сухость, как правило, повышается от 60 до 80 %, когда и происходит наибольшая усадка полотна.

Испарение влаги с поверхности полотна происходит с обеих сторон, а интенсивность сушки при этом достигает $6...9 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$ при температуре воздуха 150°C и скорости истечения струй воздуха из сопел 25 м/с .

1.11.7.3. Клеильные прессы

В целях придания бумаге и картону повышенной прочности, гидрофобности, улучшения печатных свойств и т. п. их подвергают поверхностной проклейке в специальных устройствах — клеильных прессах [38].

На рис. 1.211 приведены схемы клеильных прессов и их установка в сушильной части машины. В зазор, образованный бумажным полотном и валом, с помощью sprысков подается специально подготовленная клеевая суспензия, которая тонким слоем распределяется по поверхности бумаги, а далее полотно высушивается в досушивающей группе цилиндров.

Наибольшее распространение получил пресс с наклонным расположением валов под углом $30...45^\circ$ (рис. 1.211, б). Полотно бумаги, подлежащее проклейке, поступает к валам диа-

метром 800 мм сверху. Один из валов — обрeзиненный — установлен на поворотных опорах и прижимается ко второму валу при помощи пневматического мембранного механизма; второй вал — со стонитовым покрытием — установлен на неподвижных опорах. Смазка подшипников валов пресса производится от системы централизованной смазки сушильной части. Расчетная линейная нагрузка между валами пресса — 30 кН/м . Оба вала бомбированы и имеют самостоятельные приводы. Клей наносится на полотно бумаги двумя sprысковыми трубами, расположенными над валами пресса. Излишек клея стекает в установленную сбоку воронку, откуда направляется в сборник, из которого опять идет в установку для подготовки клея. По краям валов или по всей их длине предусмотрены корыта для улавливания разбрызгиваемого клея. Заправка полотна бумаги осуществляется системой заправочных канатиков сушильной части машины.

Спрыски из труб с соплами изготовлены из коррозионно-стойкой стали. Трубы устанавливаются таким образом, чтобы обеспечить возможность их поворота для изменения направления струй клея. Через sprыски предусматривается подача клея при работе машины, а также подача воды в период заправки полотна бумаги в пресс и при промывке валов. Место установки клеильного пресса в сушильной части выбирается таким образом, чтобы сухость полотна бумаги перед клеильным

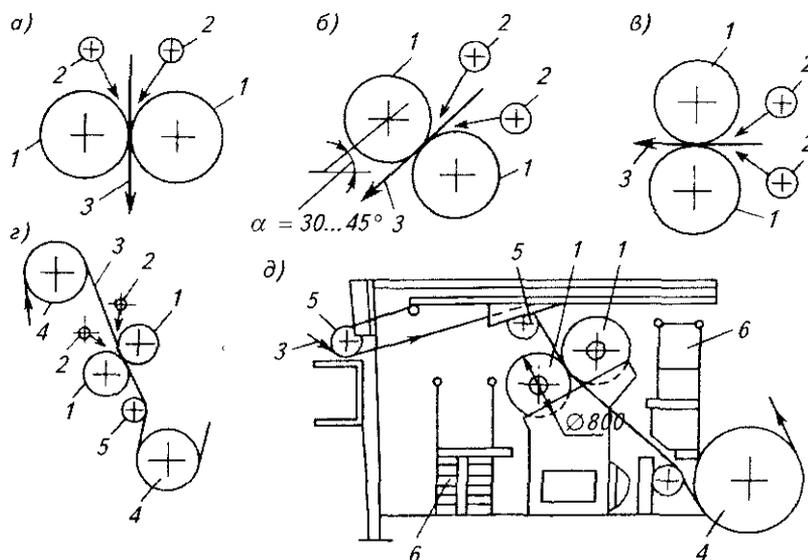


Рис. 1.211. Схемы клеильных прессов: а — с горизонтальным расположением прессов; б — с расположением валов под углом; в — с вертикальным расположением валов; г — установка клеильного пресса в сушильной части БДМ; д — компоновка клеильного пресса;

1 — валы клеильного пресса; 2 — sprыски; 3 — бумажное полотно; 4 — хромированный сушильный цилиндр; 5 — бумаговедущий валик; 6 — площадка для обслуживания клеильного пресса

прессом составляла 88...95 % с целью уменьшения обрывов.

После клеильного пресса бумага досушивается в дополнительной группе сушильных цилиндров. Поверхность двух первых цилиндров в этой группе хромируют для уменьшения прилипания к ним клея. На этих цилиндрах не устанавливают сетки, а температуру поддерживают минимальной (80...90 °С).

При прохождении клеильного пресса может происходить неравномерная деформация бумажного полотна, поэтому возможно образование складок.

Поверхностная проклейка в клеильных прессах требует увеличения сушильной части на 15...40 % из-за трудности удаления влаги из проклеенного полотна бумаги, так как она блокируется в объеме полотна подсушенным слоем клея, поэтому целесообразно для подсушки клеевого слоя применять бесконтактные радиационно-конвективные установки.

Дополнительные сведения об устройстве клеильных прессов и их применении см. в пп. 1.12.2.4, 2.4.1 и 2.4.2.

Приведем пример расчета увеличения влажности бумаги в клеильном прессе.

Пример. Рассчитать увеличение влажности бумаги в клеильном прессе, если производительность машины $G_M = 6000$ кг/ч, концентрация раствора клея $C = 7$ %, масса сухого вещества, нанесенного на бумагу, $k = 2,5$ г/м², масса сухой бумаги $\rho_{с.б} = 70$ г/м²; сухость полотна перед прессом $S_1 = 90$ %, сухость полотна перед сушкой $S_0 = 40$ %, сухость на накате $S_2 = 93$ %.

Р е ш е н и е. Количество влаги, впитываемое 1 м² бумаги, равно

$$q_{вл} = \frac{2k(100 - C)}{C} = \frac{2 \cdot 2,5(100 - 7)}{7} = 66,4, \text{ г/м}^2.$$

Увеличение относительной влажности бумаги в клеильном прессе составит

$$\begin{aligned} \Delta W_0 &= \frac{q_{вл}}{q_{вл} + \rho_{с.б}} 100\% = \\ &= \frac{66,4}{66,4 + 70} 100\% = 48,6\%. \end{aligned}$$

Влагосодержание бумажного полотна после клеильного пресса

$$\begin{aligned} u_{II} &= \frac{100 - S_1}{S_1} + \frac{\Delta W_0}{100 - \Delta W_0} = \\ &= \frac{100 - 90}{90} + \frac{48,6}{100 - 48,6} = 1,056, \text{ кг/кг.} \end{aligned}$$

Соответственно относительная влажность и сухость полотна будут равны:

$$W = \frac{100u}{1 + u} = \frac{100 \cdot 1,056}{1 + 1,056} = 51,36\%;$$

$$S = \frac{100}{1 + u} = \frac{100}{1 + 1,056} = 48,63\%.$$

Количество влаги, испарившейся в основной сушильной части, составит

$$\begin{aligned} M_{осн} &= G_M \left(\frac{100 - S_0}{S_0} - \frac{100 - S_1}{S_1} \right) = \\ &= 6000 \left(\frac{100 - 40}{40} - \frac{100 - 90}{90} \right) = 8333,3, \text{ кг/ч,} \end{aligned}$$

а испарившейся в досушивающей группе —

$$\begin{aligned} M_{дос} &= G_M \left(u_{II} \frac{100 - S_2}{S_2} \right) = \\ &= 6000 \left(1,056 - \frac{100 - 93}{93} \right) = 5884,4, \text{ кг/ч.} \end{aligned}$$

Суммарное количество влаги, испарившейся в сушильной части, будет

$$\begin{aligned} M &= M_{осн} + M_{дос} = 8333,3 + 5884,4 = \\ &= 14217,7 \text{ кг/ч.} \end{aligned}$$

Как показывают приведенные расчеты, при проклейке в клеильном прессе бумажного полотна массой 70 г/м², на бумагу наносится, 2,5 г/м² сухого вещества клея при концентрации 7 %, а количество испаряемой влаги в основной части сушильных цилиндров составляет 58,6 %, в досушивающей части — 41,4 %.

1.11.8. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ БУМАГИ

1.11.8.1. Снижение влажности бумажного полотна перед сушкой

Термический способ удаления влаги из бумажного полотна является весьма дорогостоящим процессом.

Радикальным способом увеличения производительности многоцилиндровых сушильных

частей, снижения энергетических затрат на испарение влаги, увеличения КПД является уменьшение влажности полотна бумаги перед сушкой, которое получают за счет нагревания бумажной массы в напорном ящике, в сеточной и прессовой частях машины.

Эффективность обезвоживания волокнистого полотна в прессовой части машины обусловлена тем, что испарение влаги в сушильной части в 10...15 раз дороже, а также тем, что повышение сухости бумажного полотна на 1 % за счет прессования соответствует снижению расхода энергии на сушку, а следовательно, и уменьшению габаритных размеров сушильной части на 4...5 %.

Нагревание бумажной массы может производиться паром или подогретой оборотной водой; в сеточной и прессовой частях — паровыми камерами, устанавливаемыми над отсасывающими ящиками, или инфракрасными излучателями.

В результате снижения вязкости воды при повышении температуры происходит более эффективное обезвоживание полотна в прессовой части машины. Например, при установке подогревательной паровой камеры перед 2-м прессом на машине по производству газетной бумаги удельной массой 46 г/м² можно увеличить сухость бумажного полотна перед сушкой примерно на 4 %.

Еще одним направлением повышения эффективности обезвоживания полотна бумаги является применение прессовой сушки, когда один из валов пресса нагревается до температуры 60...80 °С.

Дальнейшим развитием стало применение импульсных установок, представляющих собой пресс, в котором один из валов нагревается до температуры 450...500 °С.

Импульсная установка состоит из двух валов, через которые пропускается бумага, нагревателя и термостойкой сушильной сетки (рис. 1.212). Сравнительные параметры импульсной и контактной сушки приведены в табл. 1.120. Для нагревания вала могут применяться генераторы токов высокой частоты, ИК-излучатели, а также тепло, полученное путем сжигания горючего газа в полости вала.

Предварительные расчетные данные показывают, что одна установка импульсной сушки может заменить 25 обычных сушильных цилиндров. Однако кратковременность пребывания бумаги в захвате снижает эффективность применения импульсного способа обезвоживания. Наибольший эффект он дает при высокой влажности полотна бумаги, когда большой

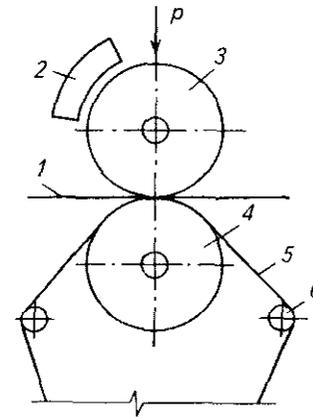


Рис. 1.212. Схема импульсной сушильной установки:
1 — бумажное полотно; 2 — нагреватель; 3 — верхний вал;
4 — нижний вал; 5 — термостойкая сетка; 6 — сетководящий валик

процент влаги удаляется за счет ее термомеханического выноса.

Данный способ обезвоживания оказывает существенное влияние на формирование физико-механических свойств за счет одновременного воздействия на бумажное полотно давления и высокой температуры особенно для полуфабрикатов высокого выхода: повышаются показатели гладкости, разрывной длины и др. Внедрение импульсного метода сушки позволит частично заменить полуфабрикаты из хвойной древесины на лиственную, увеличить долю макулатуры в композиции бумаги, повысить производительность бумагоделательного оборудования.

Серьезные затруднения в промышленном применении импульсного способа сушки связаны с расслоением полотна бумаги при выходе из контактной зоны в связи с интенсивным парообразованием.

Таблица 1.120
Параметры контактно-конвективной и импульсной сушки бумаги

Параметр	Контактно-конвективная сушка (на цилиндрах)	Импульсная сушка
Температура цилиндра, °С	20...175	200...450
Давление прижима, кПа	2...5	100...5000
Температура полотна, °С	Менее 100	100...200
Продолжительность сушки, с	0,2...0,5	0,005...0,05
Скорость сушки, кг влаги/м ² ч	10...30	2000...8000
Удельный расход энергии, кДж/кг влаги	2800...3500	500...2200

1.11.8.2. Повышение давления греющего пара в сушильных цилиндрах

Наиболее эффективным способом интенсификации процессов сушки волокнистого полотна в сушильной части является повышение давления греющего пара в цилиндрах и соответственно увеличение температуры греющей поверхности. С повышением давления греющего пара увеличивается теплообменный потенциал сушки между греющей поверхностью и влажным полотном бумаги, пропорционально которому возрастает интенсивность испарения влаги, снижаются габаритные размеры установки и сокращаются потери тепла в окружающую среду. Расчеты показывают, что увеличение давления пара от 0,15 до 0,3 МПа приводит к повышению производительности сушки в 1,4...1,5 раза.

Известно, что в процессе сушки происходит не только удаление влаги, но и формирование физико-механических показателей высушиваемого материала; в этой связи следует отметить, что высокая температура греющей поверхности цилиндров приводит к ухудшению свойств готовой продукции. Поэтому повышение эффективности контактных сушильных установок за счет увеличения давления греющего пара лимитируется отрицательным влиянием высокой температуры стенки цилиндра на качественные показатели вырабатываемой бумаги.

В этом отношении большое значение для увеличения производительности сушильной части приобретает оптимизация температурного графика сушки по длине машины, предусматривающая получение максимальной интенсивности испарения влаги и необходимых физико-механических показателей готовой продукции [124].

1.11.8.3. Сушка бумаги в поле высокой и сверхвысокой частоты

Для интенсификации испарения влаги, выравнивания влажности полотна бумаги как по ширине, так и по толщине могут применяться установки высокой (ВЧ) и сверхвысокой (СВЧ) частоты (от 300 до 30 000 МГц). Принцип действия установок ВЧ и СВЧ основан на индуктировании токов в бумажном или кар-

тонном полотне и превращении их в тепло, которое расходуется на нагревание материала и испарение влаги [125].

Для нагревания диэлектриков, к которым относятся бумага и картон, материал помещается между пластинами конденсатора, питаемого генератором, и нагревается токами смещения. Диэлектрический нагрев обладает избирательной способностью — влажные полосы и пятна на бумаге нагреваются сильнее, чем сухие, поэтому происходит выравнивание влажности по всей поверхности бумажного полотна и картона. Тепло от пластин конденсатора сообщается материалу без промежуточного теплоносителя, оно выделяется непосредственно в материале, что позволяет во многих случаях ускорять процесс нагревания.

Количество поглощенной полотном энергии зависит от напряжения поля, коэффициента диэлектрических потерь и частоты волн.

Поле сверхвысокой частоты создается специальными излучателями, с одной стороны которых подводится энергия сверхвысокой частоты, а с другой стороны имеется зарядное устройство для поглощения остаточной энергии. Сушка в поле высокой и сверхвысокой частоты снижает неравномерность влажности с 5,0 до 1,0...1,5 % и увеличивает производительность сушильной части. Установки ВЧ и СВЧ целесообразно располагать перед каландром или накатом в том месте машины, где сухость бумаги достигает своего максимального значения.

Преимущество рассмотренных способов заключается в увеличении производительности сушильных установок, безынерционности в работе, выравнивании влажности полотна по ширине и толщине, в получении более качественной продукции. Генераторы ВЧ и СВЧ компактны и занимают небольшую площадь.

В отечественной целлюлозно-бумажной промышленности установки ВЧ и СВЧ сейчас практически не находят применения из-за повышенных затрат электроэнергии на 1 кг испаряемой влаги по сравнению с контактным и конвективным способами сушки, однако в будущем в конце сушильной части для выравнивания влажности целесообразно применять такие установки, если их использование будет обосновано технико-экономическими расчетами. Сушка в поле высокой и сверхвысокой частоты рекомендуется также для бумаг с поверхностной проклейкой и мелованными покрытиями, а также для многослойного картона.

1.11.8.4. Колпаки скоростной сушки и коррекционные колпаки

Колпаки скоростной сушки применяются в качестве дополнительных устройств для ускорения сушки бумаги, а коррекционные колпаки — для выравнивания профиля влажности по ширине полотна.

Колпак скоростной сушки состоит из корпуса, охватывающего один или несколько сушильных цилиндров, в днище которого имеется сопловый аппарат, механизма подъема или разводки, вентиляционных и нагревательных установок, регулирующих клапанов, теплообменников и другого оборудования. Принцип работы колпаков основан на подаче струй нагретого воздуха на поверхность бумажного полотна с высокой скоростью и удалении отработавшей смеси. Применение высокопроизводительных колпаков позволяет повысить интенсивность контактной сушки на 25...70 % в зависимости от свойств бумажного полотна, конструкции колпака, температуры и скорости сушильного агента.

В настоящее время такие колпаки являются неотъемлемой частью одноцилиндровых и комбинированных машин с лоцильными цилиндрами. На многоцилиндровых контактно-кон-

вективных установках колпаки служат главным образом для коррекции профиля влажности по ширине полотна с одновременным ускорением процесса сушки.

Колпаки скоростной сушки могут иметь газовый и паровой способы нагревания сушильного агента. Схема с газовым нагреванием (рис. 1.213, а) состоит из камеры сгорания, газовых горелок, циркуляционного вентилятора и системы обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации высокотемпературных источников тепла. В такой схеме сушильный агент при температуре до 450 °С с помощью циркуляционного вентилятора направляется в сопловый аппарат, откуда струями вытекает на бумажное полотно. Часть отработавшей смеси возвращается в циркуляционную систему, а часть выбрасывается в окружающую среду.

При эксплуатации колпаков скоростной сушки с газовым нагреванием очень важно следить за кратностью рециркуляции сушильного агента и его температурой, особенно во время обрывов бумажного полотна и кратковременных остановов.

Схема для нагревания воздуха насыщенным паром (рис. 1.213, б) включает калориферы, вытяжной и циркуляционный вентиляторы, клапаны для подачи свежего и удаления отра-

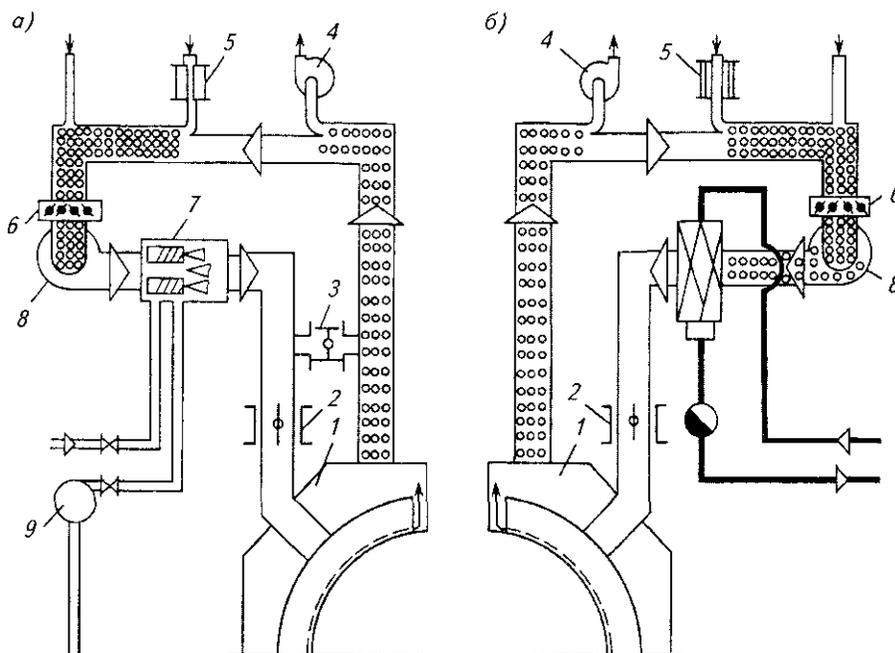


Рис. 1.213. Схема нагрева воздуха в колпаках скоростной сушки: а — газовый нагрев; б — паровой нагрев;

1 — корпус колпака скоростной сушки; 2 — регулирующий клапан сушильного воздуха; 3 — обводной клапан; 4 — вытяжные вентиляторы; 5 — регулятор подачи свежего воздуха; 6 — регулирующий шибер сушильного воздуха; 7 — нагреватели сушильного воздуха; 8 — вентиляторы сушильного воздуха; 9 — вентилятор для подачи дутьевого воздуха в газовые горелки

ботавшего воздуха. Нагретый в калориферах до температуры 170 °С сушильный воздух подается в сопловый аппарат колпака, часть отработавшей паровоздушной смеси выбрасывается в атмосферу, а часть возвращается на рециркуляцию. Паровой способ нагревания сушильного воздуха безопасен, но менее эффективен.

На рис. 1.214 приведена схема четырехступенчатого колпака скоростной сушики с газовым нагреванием воздуха. В этой схеме корпус колпака разделен на четыре секции, в каждой из которых установлены газовые горелки и индивидуальные циркуляционные вентиляторы. Три секции оснащены встроенными в корпус осевыми вентиляторами, а первая, по ходу газовой смеси, — вытяжным центробежным вентилятором. Воздухораспределительная камера состоит из системы труб, выполняющих роль сопел, и отсасывающих отверстий, расположенных на днище корпуса колпака скоростной сушики [126].

Образующаяся в результате горения топлива газозвушная смесь подается центробежными вентиляторами в последнюю по ходу полотна секцию, откуда поступает в воздухо-распределительную камеру, из которой струями направляется на полотно бумаги. Затем смесь поступает в следующую секцию, где дополнительно нагревается за счет сжигания газообразного топлива. Из последней ступени колпака осевым вентилятором смесь выбрасывается в атмосферу. Движение сушильного агента и бумажного полотна в рассмотренной схеме — противоточное.

Температура газозвушной смеси распределяется следующим образом: в 1-й секции — 150...200 °С; во 2-й секции — 220 °С; в 3-й секции — 250 °С; в 4-й секции — 300 °С. Такие колпаки скоростной сушики, установленные на самосъемочных машинах, вырабатывающих тонкие виды бумаги, увеличивают производительность сушики примерно на 50...60 %.

Управление работой колпака скоростной сушики и процессом горения производится с автоматического пульта управления. При пуске машины (после продувки газовой линии) открывается клапан и зажигается газ. Если газ не воспламенился, то на пульте управления загорается красная сигнальная лампа. После продувки газозвушного тракта колпака скоростной сушики зажигание повторяется. При обрыве полотна горение газа автоматически прекращается.

Горение прекращается также в том случае, если из строя выходит одна из установленных горелок в секции колпака скоростной сушики. Они отключаются также при остановке двигателя одной из секций или при повышении температуры сушильного агента выше заданной.

По сравнению с выносным расположением установка газовых горелок непосредственно в корпусе сушиителя имеет определенные преимущества: конструкция колпака скоростной сушики оказывается более компактной, снижается протяженность воздухопроводов свежего воздуха и отработавшего сушильного агента.

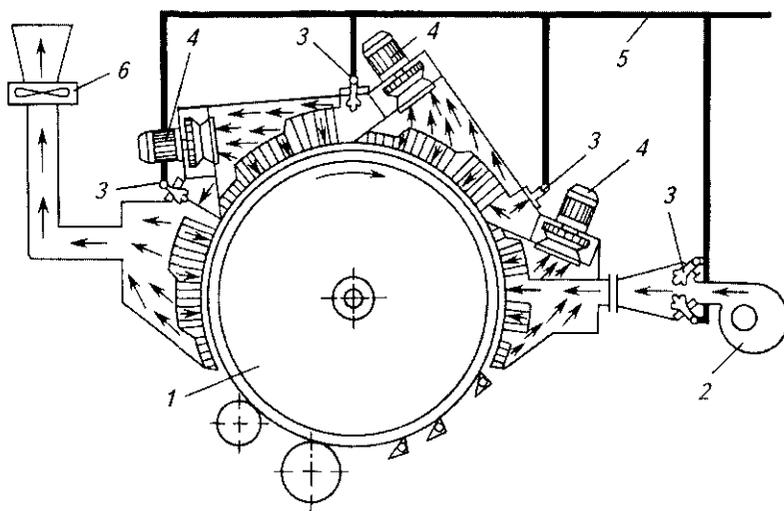


Рис. 1.214. Схема четырехступенчатого колпака скоростной сушики с газовым нагревом воздуха:

1 — лощильный цилиндр; 2 — вентилятор для подачи свежего воздуха; 3 — газовые горелки; 4 — циркуляционные осевые вентиляторы; 5 — газопровод; 6 — вытяжной вентилятор

Однако следует отметить, что установка газовых горелок непосредственно в корпусе колпака скоростной сушики связана с повышенной пожароопасностью, обусловленной нагреванием до высокой температуры конструкций и деталей установки. В одноцилиндровых и комбинированных машинах можно применять более жесткие режимы сушики, так как на таких машинах вырабатываются бумаги из массы садкого помола и высокая температура сушильного агента не оказывает существенного отрицательного влияния на физико-механические показатели готовой продукции.

Использование газообразного топлива оправдывается экономически при наличии системы теплорекуперации отработавшего сушильного агента.

1.11.8.5. Фильтрационная сушика

Сушка бумаги методом тепломеханического выноса влаги из бумажного полотна (фильтрационная сушика) основана на создании перепада давлений между обеими сторонами бумажного полотна и фильтрации нагретого воздуха через поры и капилляры высушиваемого материала. Высокая интенсивность испарения влаги при таком методе сушики достигается за счет весьма развитой поверхности теплообмена, образованной порами бумажного листа.

Сушка бумаги тепломеханическим выносом влаги позволяет многократно, по сравнению с другими способами, повысить интенсивность процесса, значительно снизить металлоемкость оборудования, а в ряде случаев придать высокие фильтрационные свойства высушиваемому материалу.

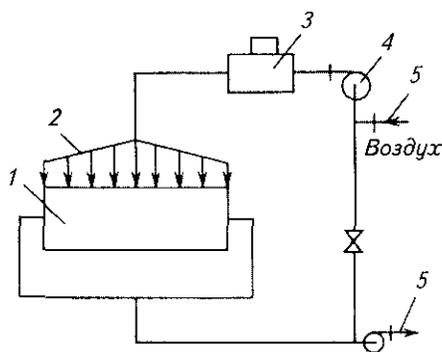


Рис. 1.215. Схема установки для фильтрационной сушики бумаги:

1 — перфорированный сушильный цилиндр; 2 — колпак скоростной сушики; 3 — газовый нагреватель сушильного воздуха; 4 — вентилятор; 5 — отработавшая паровоздушная смесь

Установка для фильтрационной сушики состоит из перфорированного сушильного цилиндра 1, высокотемпературного нагревателя 3, колпака скоростной сушики 2 и циркуляционного вентилятора 4 (рис. 1.215). Нагретый до температуры 200...250 °С воздух через сопла подается на бумажное полотно, охватывающее перфорированный цилиндр по дуге 300°. Под действием разности давлений нагретый воздух просасывается сквозь полотно и возвращается на рециркуляцию. Часть отработавшей парогазовой смеси отводится в систему рекуперации, а основной поток направляется в газовый нагреватель. Поверхность сушильного цилиндра для фильтрационной сушики имеет сотовую конструкцию и покрыта мелкой сеткой из коррозионно-стойкой стали. Разрежение в камере цилиндра поддерживается на уровне 0,06 МПа.

При конструировании и эксплуатации фильтрационных установок следует уделять большое внимание обеспечению в цилиндре необходимого вакуума. Необходимы герметизация участка цилиндра, не закрытого бумажным полотном, и надежные уплотнения зазоров между вращающимся цилиндром и неподвижными деталями воздухопроводов. Максимальная скорость фильтрационной сушики составляет 140 кг/м² · ч, что в 4–5 раз превышает скорость сушики на обычных цилиндрах. Стоимость фильтрационной сушики выше по сравнению с контактной за счет применения энергоемких воздуходувок и газовых нагревателей.

Фильтрационная сушика может применяться при производстве санитарно-гигиенической бумаги, бумаги для фильтров и других пористых видов бумаги.

1.11.8.6. Термопланки

При скорости бумагоделательных машин свыше 350...400 м/мин и увеличении формата выпускаемого бумажного полотна снижается интенсивность сушики бумаги на цилиндрах и увеличивается неравномерность сушики полотна по ширине из-за повышения термического сопротивления образующегося конденсатного кольца. Для разрушения конденсатного кольца и увеличения коэффициента теплоотдачи применяются термопланки, представляющие собой металлические шины сечением 15 × 10 мм, устанавливаемые вдоль цилиндра, угол между которыми составляет 15° (рис. 1.216). Планки крепятся к внутренней

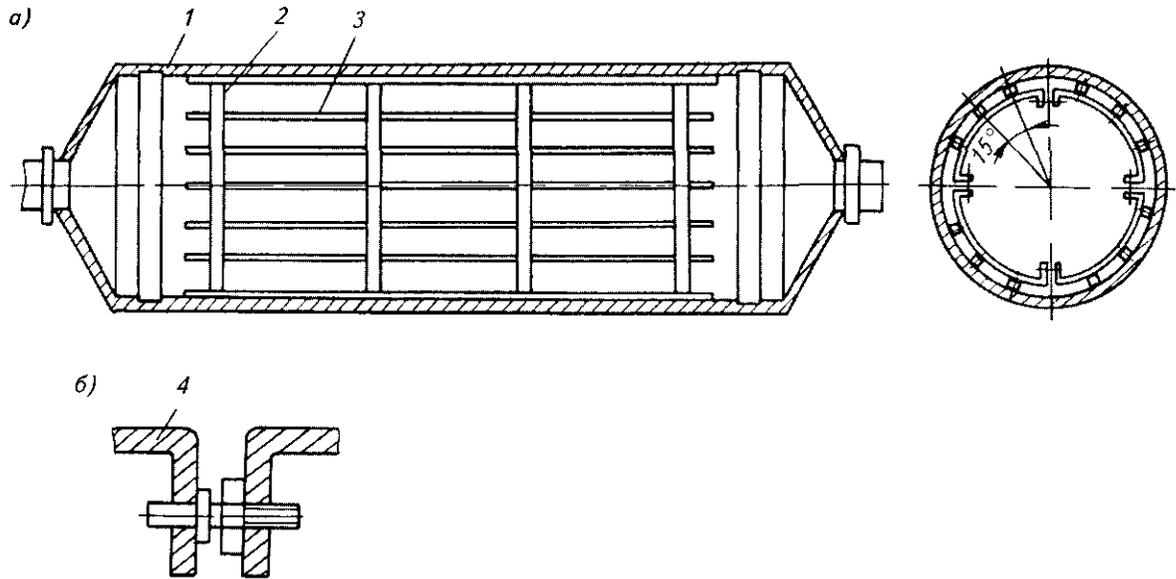


Рис. 1.216. Сушильный цилиндр с термопланками (а) и схема крепления хомута (б);
1 — сушильный цилиндр; 2 — хомут для крепления термопланок; 3 — термопланки; 4 — хомут

поверхности цилиндров с помощью хомутов, разделенных на четыре части, между которыми располагаются шпильки, имеющие с одной стороны резьбу.

С помощью шпилек хомут раздвигается, и шина прижимается к внутренней поверхности цилиндра. В собранном виде термопланки совместно с хомутами напоминают беличье колесо. По длине термопланки разделены на несколько секций, часть из которых может быть демонтирована, если в этом есть необходимость при регулировании профиля влажности по ширине машины.

Помимо увеличения коэффициента теплоотдачи положительное влияние термопланки оказывают на распределение температуры по длине цилиндра и на профиль влажности бу-

мажного полотна по его ширине (рис. 1.217). Опыты показывают, что если до установки термопланок в сушильных цилиндрах отклонение от среднего значения влажности составляло $\pm(1,5...1,8)\%$, то с термопланками — $\pm(0,5...0,6)\%$.

Термопланки рекомендуется устанавливать на участке сушильной части, где наблюдается максимальная интенсивность испарения влаги и соответственно образуется наибольшее количество конденсата.

1.11.8.7. Радиационно-конвективная сушка бумаги

В настоящее время в целях интенсификации контактной сушки бумаги и картона все более широкое распространение получают радиационный и радиационно-конвективный способы подвода теплоты в диапазоне инфракрасного излучения.

Инфракрасным нагревом принято называть эффект глубинного прогрева материала при заданной интенсивности тепловыделения по его толщине, возникающий при лучистом нагревании полупрозрачных, селективно поглощающих излучение материалов. К такому типу материалов относятся бумага и картон. Управление спектром излучения осуществляется путем изменения его температуры [127].

При инфракрасной сушке нагрев материала и испарение из него влаги происходят в ре-

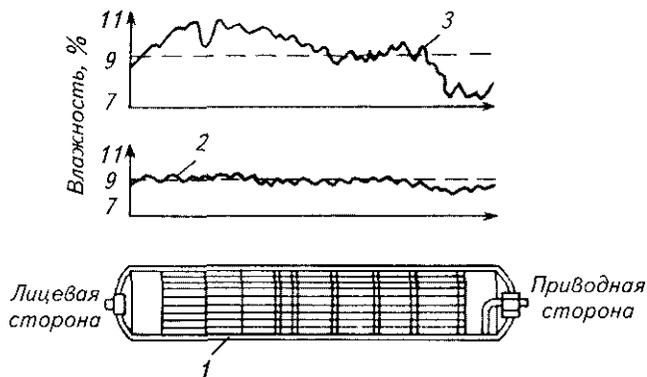


Рис. 1.217. Влияние термопланок на профиль влажности бумажного полотна по длине сушильного цилиндра:
1 — сушильный цилиндр; 2 — профиль влажности бумажного полотна после установки термопланок; 3 — профиль влажности до установки термопланок

зультате поглощения лучистой энергии, испускаемой высокотемпературным источником. Проникновение лучистой энергии в глубь материала способствует более равномерному его нагреву по толщине, что позволяет увеличить интенсивность теплообмена.

При правильно выбранном месте установки и температурном режиме инфракрасная сушка является эффективным средством интенсификации испарения влаги, сокращения длительности сушки, а также управления конечными свойствами писчих, печатных, мелованных видов бумаги и картона, бумаги для гофрирования, тарного картона-лайнера. Из всех форм электромагнитного излучения ИК-излучение создает наибольший эффект в отношении интенсивности испарения влаги. При этом основная часть энергии излучается с длиной волны 1,2...1,5 мкм, так как на этих длинах волн энергия излучения наиболее глубоко проникает в полотно и, поглощаясь целлюлозными волокнами, вызывает быстрый нагрев волокна и наполнителей.

Излучатель состоит из источника ИК-излучения определенного спектра частот и отражателя, направляющего излучение на нагреваемый объект.

ИК-излучатели подразделяются на три группы:

1) высокотемпературные ($t_{\text{раб}} > 1500^\circ\text{C}$) — максимум излучения находится в диапазоне длин волн от 0,78 до 1,8 мкм; к ним относятся инфракрасные зеркальные лампы накаливания типа ИКЗ, ИКЗК, кварцевые трубчатые вольфрамо-галогенные лампы накаливания КИ-220-1000 и др.;

2) среднетемпературные ($450 \leq t_{\text{раб}} \leq 1500^\circ\text{C}$) — максимум излучения лежит в диапазоне длин волн свыше 1,8 мкм; к ним относятся кварцевые и стеклянные трубчатые излучатели, керамические и металлические излучатели с нагревательными спиралями из нихрома;

3) низкотемпературные ($t_{\text{раб}} \leq 450^\circ\text{C}$) — металлические и керамические излучатели с электро- и газовым нагревом.

Интенсивность передачи тепла полотну бумаги или картона зависит не только от интенсивности излучения тепловой энергии, но также от поглощательной способности материала.

На рис. 1.218 приведена кривая 1 относительного поглощения тепловой энергии водяной пленкой толщиной 1 мм при нагреве ее инфракрасными лучами с максимальной интенсивностью лучеиспускания при длине волны $\lambda = 1$ мкм. Из рисунка следует, что энергия, излучаемая на участке длин волн $\lambda <$

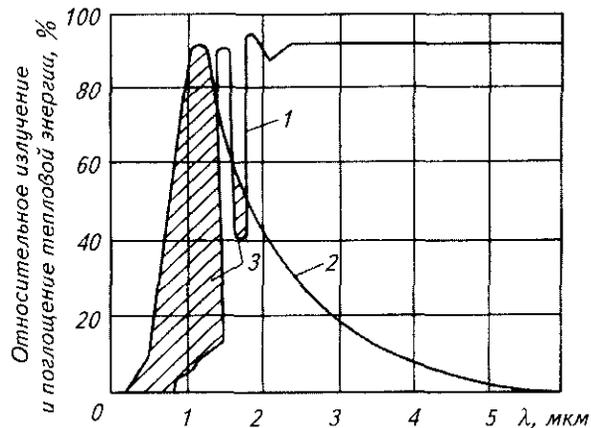


Рис. 1.218. Спектр инфракрасного излучения и кривая относительного поглощения его тепловой энергии водяной пленкой:

1 — кривая относительного поглощения тепловой энергии инфракрасного излучения водяной пленкой толщиной 1 мм; 2 — спектр источника излучения; 3 — неиспользованная энергия излучения

< 2 мкм, очень плохо поглощается водяной пленкой. Заштрихованная площадь пропорциональна количеству тепловой энергии, которое не поглощается водяной пленкой и, следовательно, не используется в процессе сушки. У каждого материала своя кривая спектра поглощения лучистой энергии, но общее для всех материалов то, что в диапазоне коротких волн инфракрасного спектра они поглощают незначительную долю лучистой энергии [128].

На рис. 1.219 представлен блок радиационно-конвективной сушильной установки, который состоит из электрических ИК-излучателей, вентилятора, воздуховодов, всасываю-

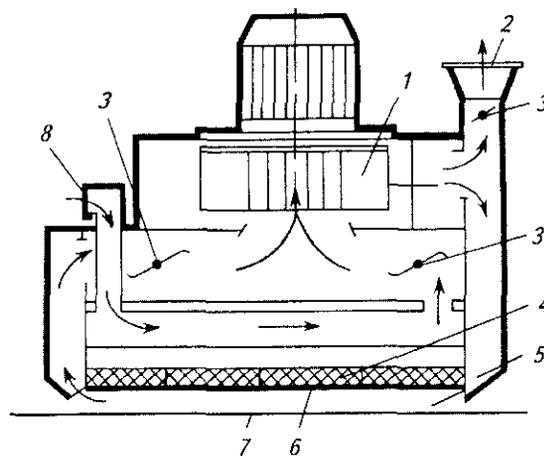


Рис. 1.219. Блок радиационно-конвективной сушильной установки:

1 — вентилятор; 2 — выхлоп отработанного воздуха; 3 — регулирующие шиберы; 4 — высокотемпературные излучатели; 5 — обдув полотна бумаги; 6 — нагретая диасовая пластина; 7 — бумажное полотно; 8 — забор свежего воздуха

щего и выхлопного патрубков. ИК-излучатели выполнены из отдельных модулей, состоящих из одинаковых профильных пластин, внутри которых расположены электрические спирали. Сушильный воздух нагревается за счет обтекания внутренней поверхности излучателей, одновременно охлаждая электрические контакты, после чего подается на влажное полотно с температурой 125 °С. В случае обрыва и при заправке полотна вся конструкция отводится от поверхности картона с помощью подъемных механизмов. Потребляемая элек-

трическая мощность такого устройства составляет 50 кВт на 1 м², интенсивность испарения влаги при этом достигает 50 кг/м² · ч.

Позонная установка ИК-излучателей позволяет регулировать профиль влажности по ширине бумажного полотна за счет дополнительной подводимой тепловой энергии в те места, где содержание влаги превышает допустимые значения. Следствием этого является более равномерный профиль влажности, увеличение производительности и улучшение качественных показателей готовой продукции.

1.12. ОТДЕЛКА МАТЕРИАЛОВ НА БУМАГО- И КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

1.12.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Отделка бумаги или, реже, картона осуществляется одновременно с процессом сушки либо сразу после окончания сушильного процесса с целью придания бумаге повышенных значений показателей уплотнения, гладкости, лоска, растяжимости, прочности поверхности, повышения водонепроницаемости, способности к дальнейшей отделке и облагораживанию, производимым вне машины.

Некоторые процессы, осуществляемые в рамках бумагоделательной машины, вполне могут квалифицироваться не только как отделка, но и как облагораживание. К таковым следует отнести лощение и каландрирование, особенно в современных условиях, когда суперкаландры предлагается встраивать в бумагоделательную машину дополнительно либо вместо машинного каландра [56].

Оборудование для отделки бумажно-картонных материалов включает в себя полусухой каландр (полусухой пресс), лощильный цилиндр, клеильный пресс, крепирующие и микрокрепирующие устройства, холодильные цилиндры, устройства для увлажнения бумаги, машинный каландр, мягкий каландр (софт-каландр), встроенные каландры — аналоги суперкаландра и, наконец, устройства для намотки бумаги и картона в рулоны — накаты различных типов [129].

Естественно, все перечисленное оборудование никогда не устанавливается на одной бумагоделательной машине. В зависимости от назначения машины и, главным образом, требуемой степени отделки и вида бумаги устанавливают те или иные виды оборудования.

Разнообразие целей и назначений процессов отделки, применение различных видов оборудования и мест его расположения на бумагоделательной машине препятствуют созданию цельного теоретического обоснования процесса отделки бумаги на машине. Однако определенная систематизация действующих факторов и параметров технологии и оборудования должна в некоторой степени облегчить восприятие достаточно сложных изменений, происходящих со свойствами и характеристиками бумаги. Прежде всего, следует отметить влияние композиционного состава обрабатываемого материала, вида волокна, соотношения волокон различных характеристик, вида и количества наполнителя, степени проклейки, использования химических вспомо-

гательных веществ, а также степени разработки волокна и наличия оборотного брака и макулатуры.

Другая группа факторов, оказывающих значительное влияние на процессы отделки на машине, связана с процессами напуска, формования, удержания компонентов бумажной массы и обезвоживания на всех стадиях прохождения бумажного полотна.

Перечисленные факторы оказывают влияние на ряд технологических параметров, от которых непосредственно зависят ход и результативность процессов отделки. Основным из этих параметров является влажность бумаги или картона.

Отдельные виды отделки, зачастую преследующие разные цели, производятся при значительно различающихся показателях влажности бумаги (табл. 1.121).

Параметры влажности носят ориентировочный характер, поскольку зависят от конкретного вида бумаги, оборудования, химикатов и целей обработки. Выбор тех или иных значений влажности бумаги требует тщательного обоснования, что и будет предпринято при описании конкретных видов отделки.

Другим достаточно важным комплексом характеристик бумажного полотна являются параметры, которые можно определить термином «обрабатываемость». Применительно к процессам отделки под обрабатываемостью следует понимать способность бумажно-картонных материалов воспринимать нагрузки и реагировать в нужной степени на воздействия, призванные обеспечить конкретный конечный результат.

Поскольку назначение отделки может быть различным, а иногда и противоположным по эффекту (пример — гладкость при каландри-

Таблица 1.121
Показатели влажности полотна в процессе отделки

Вид отделки	Влажность, %	
	Начало процесса	Окончание процесса
Полусухой каландр	48...52	50...54
Лощильный цилиндр	52...57	75...92
Крепирование и микрокрепирование	60...70	65...75
Клеильный пресс	88...94	72...77
Холодильные цилиндры	94...96	92...94
Машинный каландр	92...94	94...96
Встроенный суперкаландр и мягкий каландр	88...94	94...96
Накат	94...96	94...96

ровании и складки при крепировании), то и на обрабатываемость бумаги в процессах отделки влияют различные параметры технологического процесса, причем степень их влияния может быть весьма неоднозначной.

В процессах отделки бумажное полотно подвергается различным видам деформации, причем во всех случаях эти деформации сложные, т. е. одновременно действуют два или более видов простых деформаций. Их анализ должен быть произведен при рассмотрении данного вида отделки с целью оценки эффективности воздействия и его направленности. При этом следует учитывать постоянно присутствующее термическое воздействие и пластифицирующее влияние содержания влаги [56].

Бумага и картон — материалы неоднородные по целому ряду свойств, как то: анизотропии, разносторонности, неравномерности макроструктуры, характеру волокон, составляющих композицию, их распределению по толщине, наличию дисперсных частиц и т. д. Поэтому при оценке эффективности отделки следует учитывать обязательную вариантность результатов, а также сопутствующее, иногда нежелательное, влияние на многие параметры готового материала.

1.12.2. ВИДЫ ОТДЕЛОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Конструкции, анализ работы и эффективность отделочных устройств рассматриваются в соответствии с их возможным расположением в сушильной части машины по мере возрастания сухости полотна.

1.12.2.1. Полусухой каландр

На бумагоделательных машинах малой и средней скорости в сушильной части иногда устанавливается двухвальный полусухой каландр. По своему назначению полусухой каландр служит дополнением к машинному каландру. На современных машинах для некоторых видов бумаги полусухой каландр иногда предшествует клеильному прессу.

Основная цель установки полусухого каландра — уплотнение бумаги. Степень уплотнения зависит от линейного давления между валами, а также от сухости бумаги, проходящей через полусухой каландр. При необходи-

мости сильно уплотнить бумагу двухвальный каландр устанавливают после первой трети или половины сушильных цилиндров. Сухость бумаги при пропуске через полусухой каландр составляет 50...55 %. При такой сухости бумага наиболее эффективно поддается механическому уплотнению. Если бумажное полотно должно быть уплотнено в меньшей степени, двухвальный каландр устанавливают после 2/3 сушильных цилиндров и сухость бумаги при этом составляет 75...80 %, что облегчает заправку и уменьшает возможность деструкции бумаги.

Оба вала полусухого каландра могут быть металлическими либо один из них — обрезиненный. По своей конструкции полусухой каландр напоминает конструкцию двухвального прессы по расположению валов, механизмам прижима и подъема валов, наличию шаберов, станин, подшипников и т. д. Бумага вводится в полусухой каландр без поддержки сукон.

Применение полусухих каландров ограничено, так как пропуск бумаги через них осложняет работу машины [123, 129].

1.12.2.2. Лощильный цилиндр

При сушке бумаги влажное бумажное полотно на каждом бумагосушильном цилиндре приходит в тесный контакт с горячей шлифованной поверхностью цилиндра. При этом одновременно с испарением воды осуществляется выглаживание соприкасаемой с цилиндром поверхности бумаги.

В том случае, если бумага соприкасается с горячей поверхностью только одного большого цилиндра, становится гладкой только одна ее сторона, а другая остается шероховатой. Такой метод сушки используется в производстве различных видов бумаги односторонней гладкости (афишной, спичечной, писчей бланочной, декоративной мебельной, некоторых видов оберточной и мешочной бумаги). Наиболее тонкая бумага односторонней гладкости санитарно-гигиенического назначения производится на самосъемочных машинах с Янки-цилиндром диаметром 3...6 м. Другие виды бумаги и картона односторонней гладкости изготавливаются на традиционных бумагоделательных машинах с предварительной сушильной частью, после которой следует лощильный (гладильный) цилиндр большого диаметра, к горячей поверхности которого под сукном с помощью обрезиненного прижимного валика прижима-

ется выглаживаемая бумага. При этом бумага приобретает гладкость и лоск. При оптимальных условиях гладкость бумаги после лоцильного цилиндра оказывается выше гладкости бумаги, прошедшей суперкаландр.

Следует отметить, что лоск бумаги характеризует оптическое свойство поверхности бумаги избирательно отражать свет. При этом, чем большую степень имеет зеркальное отражение света от поверхности бумаги по сравнению с рассеянным, тем выше лоск.

Бумага перед лощением на цилиндре должна обладать определенной влажностью, ниже которой пластичность бумаги будет недостаточной для придания ее поверхности надлежащей гладкости. Считается, что относительная влажность должна быть не менее 40%. Давление прижима полотна к поверхности лоцильного цилиндра достигает 80...100 кН на 1 м ширины бумаги. На современных машинах в качестве прижимного валика устанавливают обрезиненный отсасывающий вал для повышения коэффициента теплопередачи от наружной стенки цилиндра к бумаге путем удаления воздуха, находящегося между сушильным цилиндром и бумагой. Применяют также и обычный обрезиненный вал с глухими отверстиями.

Для более эластичного прижима и облегчения заправки часто применяют короткую сетку (сукно), проходящую между прижимным валом и цилиндром. Применяются лоцильные цилиндры и без сетки, в этом случае для заправки с лицевой стороны имеется гладкий узкий ремень.

Для увеличения производительности машины диаметр лоцильных цилиндров достигает 3,2...5,0 м, иногда до 6,0 м. Большой угол охвата цилиндра бумагой (310...320°) обеспечивает значительную полезную сушильную поверхность цилиндра (рис. 1.220).

При высокой испарительной способности лоцильного цилиндра происходит повышение сухости бумаги от 60 до 92...93%. В этом случае бумага после лощения поступает на накат. При необходимости после лоцильного цилиндра устанавливают досушивающую сушильную часть из 6...10 цилиндров диаметром 1,5 м. В этом случае бумага на лоцильном цилиндре высушивается до сухости 75...85%, но ее гладкость не достигает тех значений, которые характерны для лощения без досушивающей группы [129].

Съем воды с лоцильных цилиндров выше, чем с обычных бумагосушильных, и достигает 28...35 кг с 1 м² полезной сушильной поверхности. Это связано с более высоким давлением пара в лоцильном цилиндре и, соответственно, более высокой температурой, хорошим контактом между бумагой и цилиндром, более интенсивной вентиляцией благодаря колпаку, устанавливаемому над лоцильным цилиндром. Кроме того, большое значение имеет неизменность направления передачи тепла от цилиндра к бумаге непрерывно в течение всего периода сушки. Съем воды с досушивающей сушильной части (15...20 кг/м²) значительно меньше съема с предварительной сушильной части, так как удаление воды из бумаги при сухости свыше 75...85% затруднено.

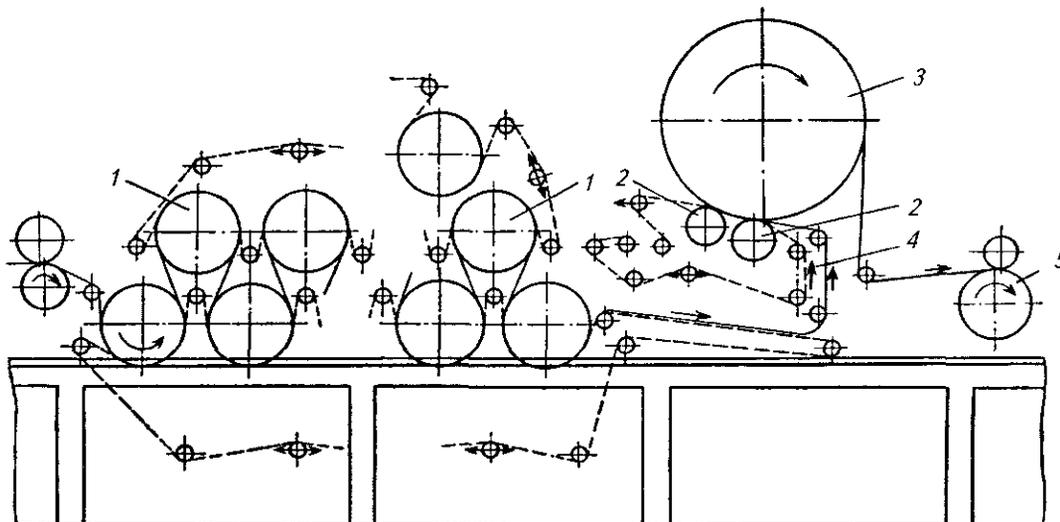


Рис. 1.220. Схема машины для выработки бумаги односторонней гладкости с предварительной сушильной частью:

1 — сушильный цилиндр предварительной сушильной части; 2 — прижимные валики; 3 — большой сушильный цилиндр; 4 — сукно прижимных валиков; 5 — накат

Одним из важных достоинств процесса лощения является возможность сохранения впитывающей способности бумаги при значительном повышении гладкости и лоска, что особенно ценно при производстве декоративной бумаги-основы для верхнего слоя мебельных плит и слоистых пластиков [56, 123].

1.12.2.3. Крепящие и микрокрепящие устройства

Крепирование и микрокрепирование бумаги — особые виды отделки, которые заключаются в изменении структуры бумаги с приданием ее поверхности складок. При крепировании складки видны, а при микрокрепировании практически незаметны. При этом бумага приобретает повышенное удлинение при растяжении.

Крепирование бумаги осуществляется непосредственно на бумагоделательной машине, либо на Янки-цилиндре, либо на специальном крепящем цилиндре. Крепирование осуществляется шабером, укрепленным на сушильном цилиндре и собирающим на влажной бумаге складки, которые остаются после ее высушивания. Крепированную бумагу применяют в основном для декоративных и санитарно-гигиенических целей, а также в качестве упаковочного материала.

В результате крепирования в бумаге уменьшается число межволоконных связей и повышаются подвижность элементов структуры бумаги. Благодаря этому повышается растяжимость и мягкость бумаги, ее эластичность, пухлость и впитывающая способность. Сопротивление разрыву бумаги при этом несколько снижается [56].

Для получения мягких эластичных видов крепированной бумаги рекомендуется крепировать бумагу с повышенной массой 1 м^2 , ограничивать высоту крепа и увеличивать степень крепирования. Степень крепирования можно определить по одной из следующих формул:

$$\alpha = \left(\frac{l_1 - l_2}{l_2} \right) 100, \% \quad (1.200)$$

$$\alpha = \left(\frac{V_1 - V_2}{V_2} \right) 100, \% \quad (1.201)$$

$$\alpha = \left(\frac{G_1 - G_2}{G_2} \right) 100, \% \quad (1.202)$$

где α — степень крепирования, %; l_1, l_2 — длина некрепированной и крепированной бумаги соответственно, м; V_1, V_2 — скорость бумаги до крепирования и после крепирования, м/мин; G_1, G_2 — масса а. с. бумаги до крепирования и после крепирования соответственно, г/м².

Степень крепирования для санитарно-бытовых видов бумаги составляет 15...20 %.

В зависимости от степени крепирования увеличивается удельный объем крепированной бумаги по сравнению с исходной гладкой бумагой, т. е. повышается ее пухлость и соответственно снижается плотность.

В зависимости от степени сухости бумаги различают мокрое, полусухое и сухое крепирование. Мокрое крепирование при сухости бумаги 38...40 % производится шабером на последнем прессе или на первом сушильном цилиндре при скорости не выше 250...300 м/мин. Полусухое крепирование производится шабером на большом цилиндре самосъемочной машины при сухости бумаги 75...85 % и скорости до 650 м/мин. Сухое крепирование (при сухости 95...97 %) производится также на большом цилиндре при скорости до 750 м/мин и выше. При этом креп получается более грубым, с большим шагом. Иногда для закрепления крепа бумагу пропускают через один-два горизонтальных двухвальных каландра, один из валов которых обрешиненный.

Нормальная работа при крепировании и качество крепа зависят от сил сцепления бумаги с сушильным цилиндром. Эти силы, в свою очередь, зависят от композиции, массы 1 м^2 и влажности бумаги, а также от чистоты поверхности цилиндра.

Значительное влияние на качество крепирования оказывает также и крепящий шабер, прижимаемый к цилиндру с давлением 0,50...0,75 кН/м. Используются металлические шаберы толщиной 1,0...1,5 мм со срезанной фаской и углом наклона между касательной к цилиндру и нижней плоскостью шабера 30...35°.

В результате микрокрепирования бумаге придается повышенная растяжимость, т. е. возможность удлинения без разрыва.

Микрокрепирование используется главным образом для мешочной бумаги. Микрокрепированная мешочная бумага обладает большей динамической прочностью, что позволяет сократить число слоев в многослойных мешках при сохранении их потребительских свойств. Метод микрокрепирования может быть полезен при изготовлении бумаги-основы для парафинирования и битумирования, бумаги для

корешков блоков книг и др. У микрокрепированной бумаги с ростом величины показателя удлинения бумаги без разрыва отмечается также повышенное сопротивление надрыву, снижение жесткости и повышенная пластическая деформация [56, 129].

Бумага микрокрепится в специальных устройствах (например, в устройстве Clurak, описанном в п. 1.11.7.1, см. рис. 1.209). Такое устройство применяют на широких и быстходных машинах при ширине 6,0 м и более и скорости 700...800 м/мин для выработки мешочной бумаги массой 50...150 г/м².

Более подробно процесс микрокрепирования бумаги описывается в части 2 настоящего тома.

1.12.2.4. Клеильный пресс

Клеильный пресс широко используется для осуществления различных видов обработки и отделки бумаги и картона: поверхностной проклейки, пигментации, окраски, пластификации, нанесения различных покровных составов, придания специальных свойств (влагопрочности, снижения пылимости, водо- и паронепроницаемости, биостойкости и др.).

Клеильный пресс устанавливается в сушильной части бумагоделательной машины и состоит из двух валов одинакового диаметра, оси которых расположены в вертикальной, горизонтальной или наклонной плоскости (см. рис. 1.211) [56, 129].

Горизонтальный клеильный пресс по сравнению с вертикальным имеет ряд преимуществ, в частности, лучшую обработку бумаги с меньшим расходом наносимого вещества, более легкую заправку бумаги с меньшей вероятностью обрывов бумажного полотна, лучшие условия чистки и смены валов клеильного пресса.

Наклонный клеильный пресс, обладающий всеми достоинствами горизонтального пресса, имеет некоторые преимущества: более простую регулировку заправки бумажного полотна в пресс и досушивающую часть бумагоделательной машины, удобство в обслуживании, меньшее число обрывов бумажного полотна и пр. Поэтому наклонный клеильный пресс в последние годы получил широкое распространение.

Нанесение реагентов на поверхность бумаги обычно осуществляется спреями, при нанесении на бумагу покровного слоя или пигментации пользуются системами валиков.

Сведения о месте установки клеильного пресса в сушильной части БДМ были приведены выше, в п. 1.11.7.3.

Распространенное мнение, что поверхностная проклейка существенно снижает расход проклеивающих веществ, не находит практического подтверждения, так как бумажное полотно перед обработкой в клеильном прессе должно быть проклеено в массе для придания бумаге влагостойкости с целью снижения обрывов в клеильном прессе, а также уменьшения степени проникновения наносимых растворов в глубь бумажного полотна [56, 130].

Для проклеенной в массе бумаги определяющее влияние на проникновение наносимого раствора в поры бумаги оказывает давление в клине между валами клеильного пресса, зависящее от конструктивных элементов пресса и скорости бумагоделательной машины.

Для неклееной или слабосклееной бумаги величина впитывания определяется капиллярными свойствами. В зависимости от гидрофобности существенно изменяется механизм проникновения жидкости в поры бумаги. Для бумаги с высокой капиллярной впитываемостью увеличение времени впитывания ведет к увеличению наноса. Для высокосклееной бумаги большее влияние имеют скорость машины, геометрия и жесткость валов, а также гладкость бумаги.

На величину наноса существенное влияние оказывает и состояние поверхности бумаги. Влажность бумаги оказывает большое влияние на ее сжимаемость и смачиваемость пор, поэтому особое значение она имеет и для клееной бумаги. Температура бумаги влияет на значение порового давления и вязкости состава.

В клеильном прессе допустимое значение вязкости состава невелико, поэтому содержание сухих веществ в проклеивающем составе на основе водорастворимых полимеров составляет 2...8 %, что вызывает высокую нагрузку на досушивающую группу. Возможность увеличения концентрации проклеивающего состава, что приводит к росту наноса и снижению влагосодержания бумаги после проклейки, достигается при применении низковязких дисперсий [56].

Для поверхностной проклейки чаще всего используют крахмал и его производные, особенно катионный крахмал. Применяются также карбоксиметилцеллюлоза, поливиниловый спирт, в качестве добавок используют сшивающие агенты, гидрофобизирующие и полимерные дисперсии, оптические отбеливатели, антисептики и др. Следует отметить, что более глубокое проникновение проклеивающих

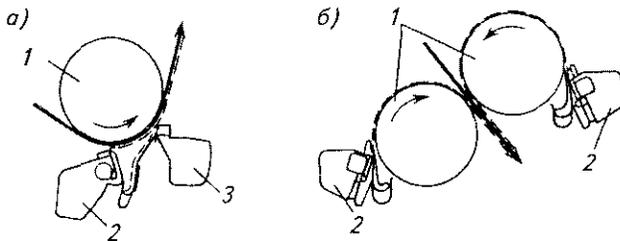


Рис. 1.221. Виды покрытий на пленочном клеильном прессе: *а* — одностороннее покрытие шаберным лезвием с регулированием толщины покрытия шабером; *б* — двухстороннее пленочное покрытие с нанесением на валы покровного вещества для передачи на бумагу:

1 — валы клеильного пресса, 2 — наносящие устройства; 3 — шаберное устройство

составов в бумажное полотно способствует повышению прочности бумаги, а нанос на поверхность бумаги — улучшению ее барьерных свойств.

В последние годы широкое распространение получили клеильные прессы «спид-сайзер». Эти устройства позволяют осуществить поверхностную проклейку или пигментацию на высокой скорости, без снижения производительности, поскольку используемые для нанесения материалы имеют значительно большую, чем в обычных клеильных прессах, концентрацию, гораздо меньше увлажняют бумагу и не требуют мощной досушивающей группы [56, 131, 132].

В устройствах «спид-сайзер» нанесение осуществляется либо напускной головкой непосредственно на бумагу с последующим снятием избытка покровного вещества лезвием шабера, либо специальным шабером на валы клеильного пресса, выравниванием слоя ракельным валиком и передачей покровного материала с валов клеильного пресса на бумагу (пленочный пресс) (рис. 1.221). Подробнее см. п. 2.4.2.

Подобные устройства могут работать на скорости 1000 м/мин и более. Концентрация наносимой суспензии или пигментной пасты — более 40...45%. Бумага приобретает более высокую белизну, ровный профиль по толщине, высокую гладкость и хорошие печатные характеристики.

1.12.2.5. Машинные каландры

Охлаждение и увлажнение бумаги перед каландрированием. Сушильная часть машины заканчивается зоной охлаждения бумаги на одном или двух холодильных цилиндрах. Обычно для этой цели применяют сушильные

цилиндры, в которые вместо пара через цапфы валов подается холодная проточная вода.

Специальные приемы и устройства в сеточной, прессовой и сушильной частях современных машин обеспечивают требуемую равномерную по всей ширине влажность бумажного полотна. Однако на большинстве действующих БДМ это обеспечить не удастся, и для предотвращения появления переувлажненных полос бумаги ее обычно пересушивают, а затем увлажняют на холодильных цилиндрах.

Увлажнение бумаги на 1,0...2,5% происходит вследствие конденсации влаги из горячего водонасыщенного воздуха на соприкасающейся с бумагой холодной поверхности цилиндров. Волокна поверхностных слоев увлажненной бумаги приобретают пластичность и легко поддаются деформации между валами каландра, в результате чего существенно повышаются гладкость и плотность бумаги.

Иногда проводят дополнительное увлажнение бумаги мокрым сукном, прижимающим бумагу к холодильному цилиндру, или паром высокого давления (около 7 МПа). При этом в струю пара с помощью игольчатого клапана впрыскивается холодная вода в соотношении 1:5, которая увлажняет бумагу.

Опыт показывает, что наилучший эффект каландрирования обеспечивается повышением поверхностной, а не общей влажности бумаги. При этом как чрезмерно сухая, так и избыточно влажная бумага ведут к повышению обрывности на каландрах. В последнем случае наблюдается также потемнение бумаги, появление на ее поверхности залощенных пятен. Гладкость такой бумаги при хранении снижается. Оптимальная влажность зависит от вида бумаги и условий ее каландрирования [56, 129, 133].

Виды, устройство и работа машинных каландров. Основным видом машинных каландров являются многовальные с расположением валов в вертикальной плоскости в количестве от 3 до 10. При относительно большом количестве конструкций различают две основных: 1) с закрытыми станинами (закрытого типа) с А-образной станиной; 2) с открытыми станинами (открытого типа), имеющие Г-образную или прямую станину (рис. 1.222, а—в).

Достоинством каландра закрытого типа является высокая жесткость конструкции, значительно снижающая вибрацию валов при работе, что повышает срок их службы и снижает обрывность. Недостаток — сложность в эксплуатации и ремонте (замена валов). В связи с этим широкого распространения они не получили.

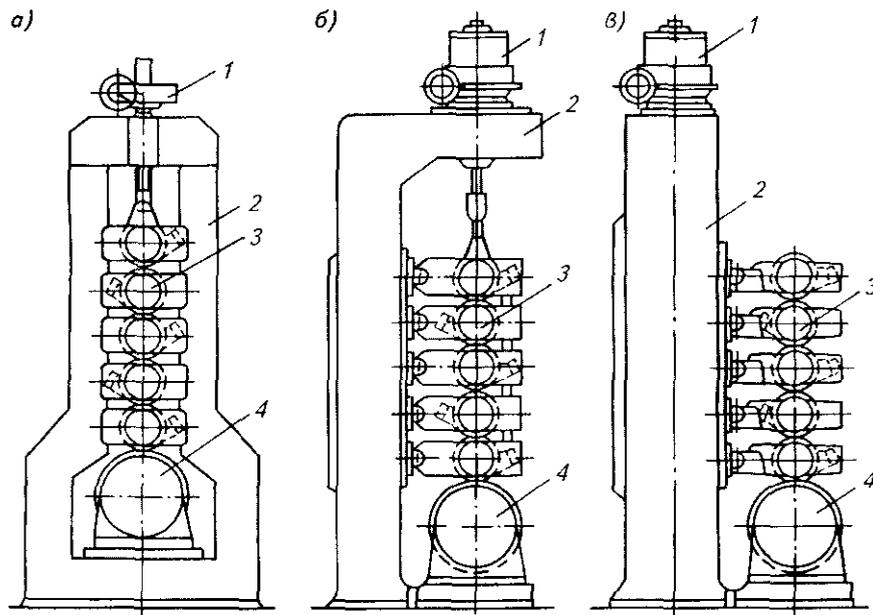


Рис. 1.222. Типы машинных каландров: а — с закрытыми станинами; б — с открытыми станинами и консольным закреплением механизма прижима и подъема валов; в — с открытыми станинами и встроенным механизмом вылегчивания валов;

1 — механизм прижима и подъема валов; 2 — станина; 3 — промежуточные валы; 4 — нижний (коренной) вал

Простота обслуживания и сокращение простоев при смене валов сделала каландры открытого типа основным видом машинных каландров на современных высокопроизводительных БДМ. Наиболее часто на машине устанавливают один каландр, но иногда устанавливают и батарею из двух каландров, что повышает качество бумаги, но усложняет обслуживание и заправку в них бумаги [133].

В некоторых случаях, чаще на тихоходных машинах, в сушильной части устанавливают полусухие двухвальные каландры с регулируемым давлением до 50 кН/м. Они являются дополнением к основному многовальному каландру и могут существенно улучшить качество бумаги. Вместе с тем они усложняют работу машины и широкого распространения не получили.

Классическая компоновка каландра, широко применяемая до последнего времени, предусматривает нижний вал, являющийся приводным и бомбированным, и расположенные в одной плоскости (реже смещенные) друг над другом металлические полированные валы с дополнительным прижимом верхнего вала.

Увеличение рабочих скоростей и ширины бумагоделательных машин стало приводить к частым обрывам из-за возникновения недопустимых вибраций в каландре и неравномерности профиля полотна бумаги по ширине по причине сильного прогиба валов. Эти недо-

статки были устранены применением валов с регулируемым по ширине прогибом, изменением компоновки валов в каландре с возможностью приложения к каждому из них дополнительного прижима или вылегчивания.

Современные каландры для машинной обработки различных видов бумаги наиболее часто имеют следующие варианты компоновки валов: каландр со стационарным вторым валом; каландр с дополнительным прижимом промежуточного вала; каландр с независимым регулированием давления между валами в каждом захвате.

Обязательная часть современных каландров — система воздушной или канатиковой заправки бумаги в каландр. Кроме того, они оснащены устройствами для обогрева паром или охлаждения водой полых валов и воздушного обдува валов или отдельных их участков с дифференцированной подачей воздуха через систему сопел. Воздушная заправка чаще всего применяется при четном числе валов с пропуском бумаги в захват под верхним валом без его огибания.

Ручная заправка на тихоходных машинах (скорость не выше 250 м/мин) применяется на каландре с нечетным числом валов. Бумажное полотно огибает верхний вал.

Следует иметь в виду, что заправка бумаги с огибанием верхнего вала обеспечивает уменьшение образования рубленой и резаной бумаги,

так как верхний вал в значительной мере разглаживает бумажное полотно перед его попаданием в первый захват каландра. В связи с этим на некоторых машинах с воздушной заправкой и четным числом валов каландра предусмотрено огибание бумагой верхнего вала. Это достигается путем установки над верхним валом укороченного обрезающего вала, который с лицевой стороны каландра совместно с верхним валом образует заправочный нерабочий захват. После заправки обрезающий вал автоматически отводится от поверхности верхнего вала каландра, а бумага проходит последовательно остальные захваты при всевозрастающем давлении и направляется из нижнего захвата на накат.

Валы машинных каландров являются основным сменным инструментом, от их конструкции и качества зависит качество обрабатываемой бумаги и в значительной мере производительность машины. Основные характеристики каландровых валов для современных бумагоделательных машин приведены в табл. 1.122 [56, 123, 129].

Валы машинного каландра изготавливают цельнолитыми из чугуна с отбельным поверхностным слоем глубиной 10...25 мм (реже 50 мм), имеющим повышенную твердость. Существуют стальные валы с рабочим слоем, закаленным токами высокой частоты. Они име-

ют повышенную жесткость и срок службы, но стоят в два раза дороже чугунных и широкого распространения не получили. При работе каландра в условиях повышенной влажности и химической агрессивности среды валы каландра хромируют с толщиной слоя от 0,013 до 0,051 мм.

Упруго-пластичный характер взаимодействия валов каландра в зоне их контакта, имеющей размеры от 1,5 до 5,0 мм, проявляется в двух основных формах: образование граней на поверхности валов и общий наклеп рабочего слоя в процессе эксплуатации. Эффект наклепа валов приводит к повышению их твердости и срока службы. Образование граней на поверхности вала, в основном от ударов валов в процессе заправки и обрывов бумажного полотна, носит негативный характер, так как на бумаге возникает маркировка.

Валы современных каландров имеют специальные синтетические покрытия, существенно повышающие срок их службы, предотвращающие появление граней и улучшающие глянец и гладкость бумаги.

Работа современных машин шириной до 10 м и рабочей скоростью 1500 м/мин и более вызвала необходимость обязательного применения в каландрах цилиндрических валов с регулируемым по всей ширине прогибом. Это обеспечило равномерность толщины бумаги по

Таблица 1.122

Техническая характеристика каландровых валов

Обрезная ширина полотна, мм	Диаметр, мм		Длина, мм		Расстояние между центрами опор, мм	Масса, кг		Кол-во валов, шт.
	цилиндрической части	цапфы	бочки вала	общая		вала	вала с подшипником	
Нижний вал								
4 200	800	400	4 500	6500	5 400	18 200	20 030	1
6 300	1020	160	6 800	8770	7 600	41 200	46 485	1
6 720	1020	160	7 100	9300	8 100	45 500	50 305	1
10 080	1200	—	10 500	—	11 700	75 000	77 000	1
Второй вал								
4 200	500	200	4 500	5860	5 400	6 600	7 310	1
6 300	600	260	6 800	8245	7 600	16 290	17 450	1
6 720	610	260	7 100	8730	8 100	15 360	16 910	2
10 080	800	—	10 500	—	11 700	41 000	42 000	1
Средний вал								
4 200	400	160	4 500	5860	5 400	4 400	5 040	5
6 300	450	220	6 800	8162	7 600	8 430	9 298	5
6 720	500	220	7 100	8730	8 100	10 400	11 533	3
10 080	700	—	10 500	—	11 700	32 000	32 100	4
Верхний вал								
4 200	500	200	4 500	5860	5 400	4 400	5 040	1
6 300	600	260	6 800	8245	7 600	8 430	9 298	1
6 720	500	260	7 100	8730	8 100	10 400	11 533	1
10 080	700	—	10 500	—	11 700	32 000	32 100	1

всей ширине и повысить давление при каландрировании до 200 кН/м вместо 80...100 кН/м в каландрах с обычными валами. Это, в свою очередь, позволило снизить число валов в каландрах до 6...8 при сохранении высокого качества каландрирования [131–134].

При эксплуатации каландра особого внимания требуют моменты пуска (особенно после длительного простоя), остановки, заправки и обрывов бумаги.

Запуск каландра в работу осуществляется на вспомогательной скорости при поднятых валах. Прокрутку нижнего вала ведут не менее 10...15 мин для снятия прогиба, образовавшегося при его стоянке. Затем опускают верхние валы и также проводят прокрутку по всей батарее каландра, после чего выводят его на рабочую скорость. Останов каландра ведут в обратной последовательности.

Для сокращения продолжительности заправки бумаги и связанной с этим опасности повреждения валов ее ведут с помощью воздушных сопел или канатиковой заправки. Для поддержания поверхности каландровых валов в рабочем состоянии и предотвращения намотки бумаги на валы при обрывах применяют специальные ножевые шаберы. Они могут быть неподвижными или совершать колебательные движения.

Влияние каландрирования на свойства бумаги. Согласно принятой терминологии, бумага, не прошедшая каландр, считается матовой, прошедшая — бумагой машинной гладкости, дополнительно обработанная на суперкаландре — каландрированной. Печатные виды бумаги каландрируют в основном для повышения гладкости и улучшения некоторых печатных свойств, технические виды бумаги — для повышения плотности и выравнивания толщины, пергамин, кальку и подобные виды бумаги — для повышения прозрачности.

При прочих равных условиях основные показатели качества отделки бумаги находятся в прямой зависимости от размеров контактной зоны и значение скольжения между валами, которое между отдельными валами может достигать 0,025 % от скорости каландра, а суммарно между верхним и нижним валами — 0,3 %.

Толщина бумажного полотна после машинного каландра обратно пропорциональна, а плотность прямо пропорциональна величине линейного давления в захвате валов. Сопротивление разрыву бумаги, состоящей из малонабухающих, плохо разработанных волокон, в частности, древесной массы, после каландрирования снижается. Бумага из хорошо размолотых во-

локон, напротив, повышает свое сопротивление разрыву, но снижает сопротивление излому и раздиранию. Подогрев валов каландра паром до температуры 150...200 °С способствует повышению прочности и гладкости бумаги за счет лучшей пластификации волокон. Валы каландров быстроходных машин разогреваются в процессе работы и их, напротив, охлаждают сжатым воздухом до требуемой температуры.

В повышении гладкости бумаги главную роль играет количество площадок деформации, т. е. рабочих захватов в каландре, а линейное давление играет второстепенную роль. Дополнительному повышению гладкости способствует введение наполнителя в бумажную массу, повышение степени помола волокон, введение в композицию целлюлозы с большим содержанием пентазанов. Несмотря на повышение гладкости бумаги после машинного каландра в несколько раз (с 15 до 60...70 с по Бекку), отделка в нем имеет ограниченные возможности. Только дополнительная обработка бумаги на суперкаландре придает ей высокие гладкость и лоск.

Таким образом, свойства бумаги в процессе каландрирования изменяются довольно существенно, причем эти изменения не всегда положительны. Так, увеличиваются гладкость и лоск бумаги, уменьшаются воздухопроницаемость, абсорбция масла, разносторонность. В то же время увеличивается плотность (удельная масса) бумаги, уменьшается толщина, снижаются жесткость, сжимаемость, белизна, непрозрачность, в ряде случаев — степень проклейки и прочность.

Встроенные в машину высокоинтенсивные каландры. Недостатки, присущие традиционным машинным каландрам, прежде всего недостаточная гладкость бумаги, а также повышенная обрывность, брак, сложность заправки и обслуживания, привели к новым техническим решениям, повышающим эффективность каландрирования.

Одним из таких решений является встроенный каландр, идентичный суперкаландру, — с чередующимися жесткими металлическими и мягкими валами с синтетическим покрытием. Обработка бумаги на таких каландрах может быть рекомендована для большинства видов бумаги, в том числе всех марок печатной бумаги, многих видов упаковочной бумаги и многослойных картонов, бумаги с содержанием древесной массы и макулатуры, чистоцеллюлозной, мелованной и немелованной.

В отличие от обычных методов каландрирование с помощью встроенных в бумагоде-

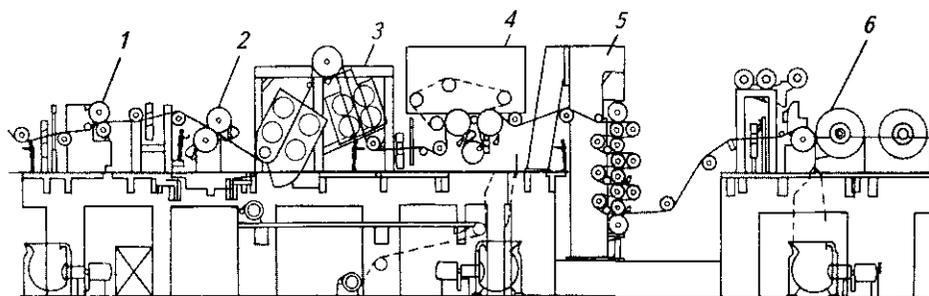


Рис. 1.223. Схема встроенного многовального каландра (аналога суперкаландра):
1 — мягкий каландр; 2 — устройство для покрытия; 3 — сушильная камера; 4 — кондиционер; 5 — встроенный каландр; 6 — накат

лательную машину аналогов суперкаландра обеспечивает значительно более высокое качество отделки бумаги и более высокую экономичность процесса по сравнению с суперкаландрированием (рис. 1.223). Мягкие валы оснащаются различными эластичными полимерными покрытиями, специфичными для каждого конкретного случая. Существуют варианты, когда покрытиями различной степени твердости оснащаются все валы встроенных каландров [131, 132].

Другим вариантом развития машинного каландрирования является установка наклонных каландров. Основной целью применения таких каландров является повышение эффективности работы каландра за счет снижения обрывности и экономии времени при заправке и обслуживании. Особенно эффективны наклонные каландры для легкомелованной бумаги для печати, но могут использоваться и для других видов бумаги. Предложенная фирмой «Voith» система наклонного каландра Janus (рис. 1.224) обеспечивает требуемое качество бумаги для печати без последующего суперкаландрирования, легкое обслуживание каландра при пуске, быструю замену валов и хорошую защиту покрытия валов. Эффективность использования наклонных каландров во многом определяется снижением обрывности бумаги при вы-

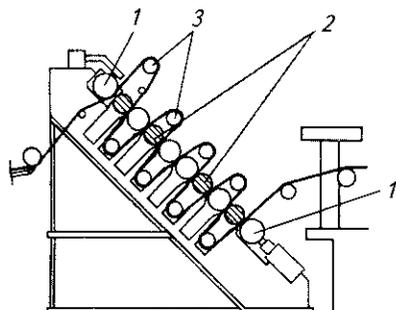


Рис. 1.224. Схема работы наклонного каландра (система Janus):
1 — металлические валы; 2 — валы с полимерным покрытием («мягкие»); 3 — бумаговедущие валики

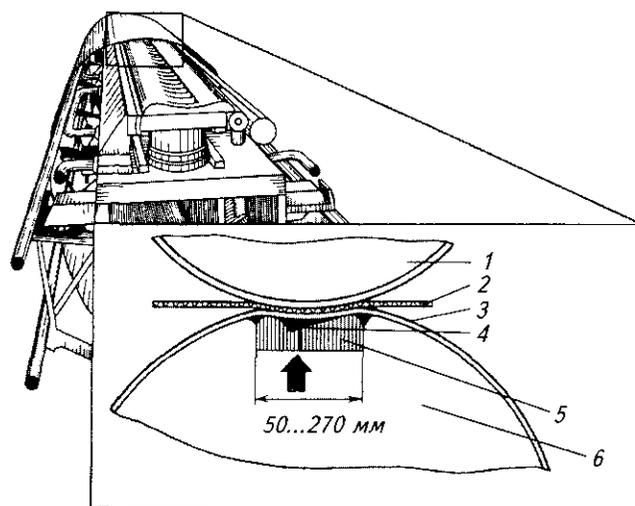


Рис. 1.225. Схема работы башмачного вала каландра:
1 — термовал; 2 — бумажное полотно; 3 — гибкая оболочка; 4 — масляная смазка; 5 — башмак; 6 — башмачный вал

сокой производительности бумагоделательных машин [132].

Перспективным направлением развития процесса каландрирования является использование валов с расширенной зоной захвата. Такие виды каландров могут успешно использоваться в производстве картонов, а также печатных видов бумаги с односторонним мелованием. При этом поверхность листа, контактирующая с металлическим нагретым валом, приобретает более высокие показатели гладкости, прочности поверхности и хорошие печатные свойства.

Схема работы каландра с расширенной зоной (с башмачным валом) представлена на рис. 1.225. На башмак шириной 50...270 мм постоянно наносится масляная смазка. Гибкая оболочка башмачного вала представляет собой полиуретановую ленту с каркасом из синтетических нитей. Контактующий металлический вал — это так называемый термовал с возможностью нагрева до температуры 250 °С [131].

1.12.2.6. Мягкие каландры

До недавнего времени для существенного повышения поверхностной гладкости бумажного полотна и картона использовались стоящие вне потоков машин отделочные каландры, основу которых составляли всем известные многовальные суперкаландры. Физика процесса повышения гладкости на этих каландрах хорошо исследована, описана в литературе и заключается в возникновении микроскольжений между поверхностями бумаги и металлического вала в зонах контакта металлического и «мягкого» набивного валов [131, 132].

В зависимости от технологических требований и видов каландрируемой бумаги использовались «мягкие» валы с различными механическими свойствами, рубашки которых изготавливались из хлопковой, шерстяной и асбестолатексной бумаги (набивки) на специальных набивных прессах. Такой способ изготовления обеспечивал выполнение одного из основных требований к механическим свойствам «мягких» валов — низкое значение коэффициента объемного расширения (коэффициента Пуассона) при сжатии в радиальном направлении. Значение коэффициента Пуассона для набивных валов находится в пределах 0,1...0,2 — это обеспечивает возникновение по площадке контакта необходимых для выглаживания поверхности бумаги зон микроскольжений. Теоретически при нулевом значении коэффициента Пуассона «мягкого» вала зоны скольжения по площадке контакта его с твердым валом распределяются так, как показано на рис. 1.226. На участках *AB* и *CD* скольжение направлено в одну сторону, а на участке *BC* — в другую. Это похоже на действие обычного утюга при глажении. Роль этого утюга в каландрах выполняет нагретый металлический вал. А поскольку, как показали исследования, бумажное полотно не проскальзывает относительно поверхности «мягкого» вала, то происходит существенное выглаживание только той его поверхности, которая обращена к поверхности металлического вала.

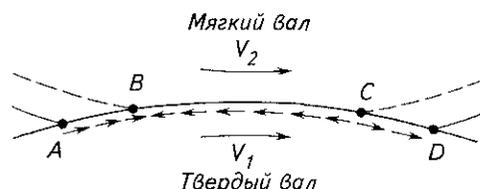


Рис. 1.226. Распределение зон скольжения по площадке контакта «мягкого» вала с твердым

Кроме того, на процесс выглаживания влияют те же основные факторы, что и в случае с обычным утюгом: влажность полотна, температура металлического вала и давление между валами.

Суперкаландры как основное оборудование для повышения поверхностной гладкости бумаги использовались более ста лет. Развитие их конструкций на протяжении этого периода шло по пути уменьшения числа захватов за счет интенсификации процесса каландрирования. Это вызвало, в первую очередь, необходимость повышения износо- и температуростойкости «мягких» валов. Для этой цели велись интенсивные поиски новых технологий изготовления и материалов для «мягких» валов, заменяющих технологии изготовления и материалы традиционных набивных валов. Такие материалы были созданы только в конце 1980-х годов на базе композитов из полиуретана, углеродных волокон и минеральных наполнителей. Покрытия из этих материалов оказались очень устойчивыми к маркировке, способными работать длительное время при линейных давлениях до 300 кН/м и температурах металлических валов свыше 200 °С. При этом они обладали всеми свойствами, необходимыми для ведения высокоэффективного процесса каландрирования.

В одном захвате вала с новым покрытием и металлического вала (термовала), нагретого до температуры 200 °С, при линейных давлениях 200...250 кН/м оказалось возможным получить, например, для писче-печатных видов бумаги гладкость до 300 с.

Открывшиеся возможности позволили создать принципиально новые отделочные каландры, по работоспособности отвечающие требованиям режимов использования их непосредственно в потоках бумаго- и картоноделательных машин. Основными изготовителями «мягких» каландров в Европе являются фирмы «Voith», «Metso», «Beloit» (см. табл. 1.122) и «Küsters» (Германия).

Компоновочные решения по установке валов, механизмам их прижима, составу вспомогательных элементов, входящих в объем поставок каландров, выпускаемых этими фирмами, практически не отличаются друг от друга (рис. 1.227) [134].

Основными элементами конструкций современных каландров являются:

сварные или литые станины открытого типа;

«мягкие» валы с регулируемым прогибом; чугунные термовалы с поверхностным слоем из отбеленного чугуна;

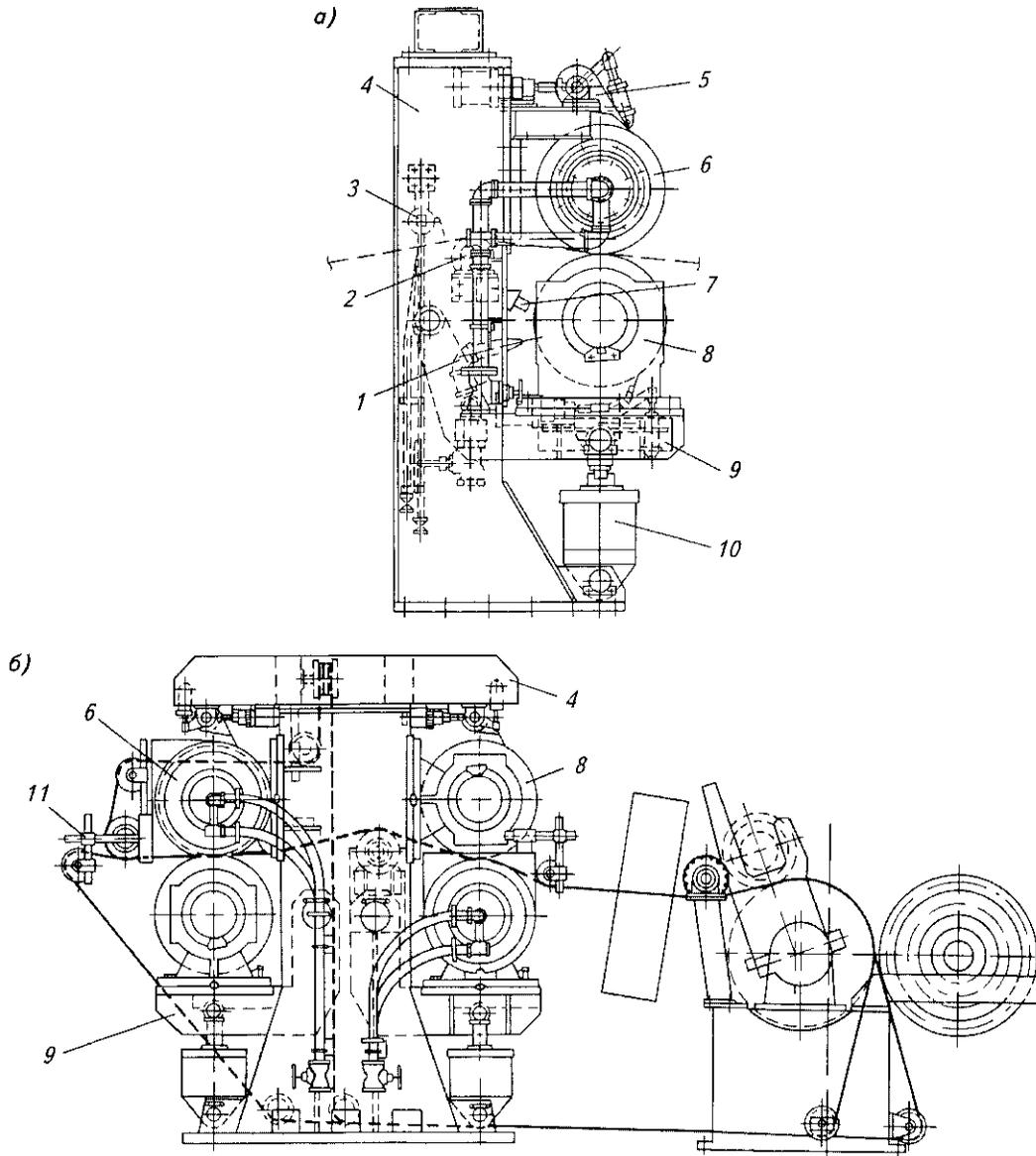


Рис. 1.227. Схемы «мягких» каландров: а — двухвального; б — четырехвального;

1 — воздушное охлаждение; 2 — расправляющий вал; 3 — пароувлажнитель; 4 — станина; 5 — шабер (осциллирующий), 6 — обогреваемый вал; 7 — датчики температуры; 8 — вал с регулируемым прогибом; 9 — рычаг; 10 — гидроцилиндр, 11 — канатиковая заправка

регулируемые электроприводы «мягких» и термовалов;

гидравлические системы управления прижимом валов и регулирования прогиба «мягких» валов;

осциллирующие шаберы «мягких» и термовалов;

автоматические системы технологического контроля и управления;

теплоцентр с системой подачи и регулирования нагрева теплоносителя термовала;

система воздушного охлаждения кромок «мягких» валов.

Станины, осциллирующие шаберы, электропривод, гидравлические системы управле-

ния, системы автоматики и воздушного охлаждения «мягких» каландров не отличаются от обычно используемых для бумагоделательного оборудования.

Наиболее сложными и дорогостоящими элементами конструкций являются «мягкие» валы с регулируемым прогибом и термовалы (рис. 1.228 и рис. 1.229). В «мягких» каландрах используются валы с регулируемым прогибом как типа «Küstera» с одной зоной регулирования, так и валы типа «Nipko» с гидравлическими опорами [132, 134].

В мировой практике для «мягких» каландров применяются термовалы двух основных конструкций. В одной из них на стальной сер-

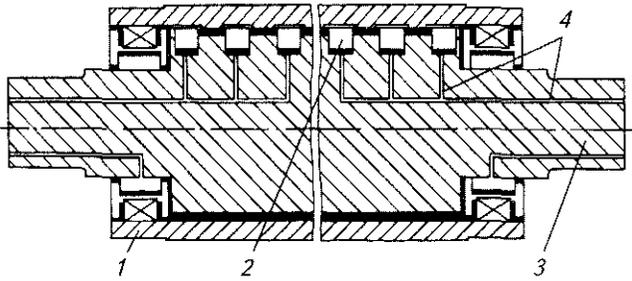


Рис. 1.228. «Мягкий» вал с регулируемым прогибом.

1 — рубашка вала, 2 — гидравлический цилиндр с башмаком, 3 — сердечник, 4 — каналы для подвода жидкости

дечник с выфрезерованными на нем каналами для теплоносителя устанавливается чугунная рубашка с отбеленным слоем, а в другой — параллельно образующей вала на всю длину его бочки высверливаются отверстия, как показано на рис. 1.229, которые сообщаются между собой сверлениями в цапфах. Обе конструкции для изготовления требуют специального оборудования, поэтому изготавливаются по кооперации с фирмами, располагающими таким оборудованием (например, сверления бочки валов для всех зарубежных изготовителей делаются одной машиностроительной фирмой в Германии).

«Мягкий» каландр обладает широкими технологическими возможностями и может быть

использован для повышения гладкости любых видов бумаги и картона при условии выбора соответствующего покрытия «мягкого» вала и режима каландрирования (поверхностной влажности полотна, усилия прижима валов и температуры термовала) (табл. 1.123). Так, для видов бумаги, требующих повышения поверхностной гладкости с сохранением впитываемости (текстурной, обойной), используются более мягкие валы и более высокие температуры. Писче-печатные бумаги во избежание увеличения прозрачности каландрируются при средней влажности 5...6 % и допускают только поверхностное увлажнение, если требуются высокие показатели гладкости.

На результаты каландрирования влияют также композиционный состав бумаги, поверхностные покрытия, вид и количество наполнителей, проклейка, механические свойства полотна, т. е. свойства самой бумаги.

Сегодня накоплен большой опыт в области каландрирования на «мягких» каландрах, особенно массовых видов продукции, но во избежание ошибок при выборе материала покрытия «мягкого» вала существует практика проведения предварительных экспериментальных испытаний по каландрированию продукции заказчика. После испытаний выбираются материал покрытия и режим каландрирования,

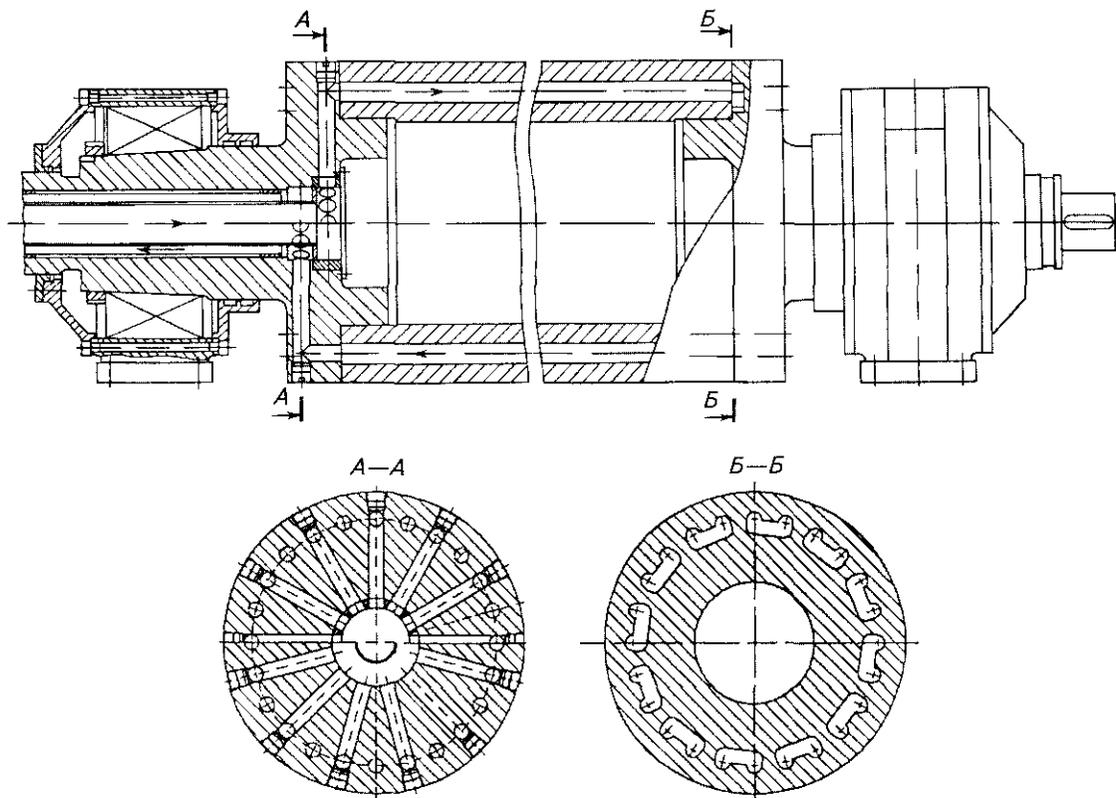


Рис. 1.229. Термовал «мягкого» каландра

Таблица 1.123

Техническая характеристика «мягких» каландров

Фирма-производитель	Конфигурация каландра	Ширина, м	Линейное давление, кН/м	Скорость, м/мин	Область применения
«Voith» (Германия)	Двухвальный	4,70	120	460	Мелованный картон
	Два двухвальных	4,13	350	900	Бумага для печати
	Два двухвальных	4,60	150	600	Мелованный картон
	Трехвальный	2,53	150	700	Специальные виды бумаги
	Два трехвальных	3,27	434	1067	Мелованная бумага
«Metso»* (Финляндия)	Двухвальный	4,50	150	1000	Мелованная чистоцеллюлозная бумага
	Два двухвальных	7,70	350	1200	Легкомелованная бумага
	Два двухвальных	4,80	150	800	Мелованный картон
	Два двухвальных	6,80	250	1100	Мелованная и с поверхностной проклейкой бумага
	Два трехвальных	3,40	250	1000	Мелованная бумага
«Beloit» (США)	Двухвальный	3,66	350	1000	Легкомелованная и мелованная бумага
	Два двухвальных	4,78	385	762	Суперкаландрированная бумага
	Два двухвальных	7,32	440	914	Мелованная бумага

* Подробнее о «мягких» каландрах фирмы «Metso» см. п. 2.1.2.

которые и определяют параметры «мягкого» каландра.

Для каландрирования картона в настоящее время все больше начинают использоваться «термокаландры». Они предназначены для поверхностной отделки и калибровки бумаги и картона с целью повышения гладкости и равномерности толщины полотна. Термокаландры конструктивно отличаются от «мягких» каландров тем, что вместо «мягкого» вала в них используется вал с регулируемым прогибом с твердой рубашкой из отбеленного чугуна. Термокаландры обычно оснащены устройствами для регулирования температуры поверхности термовала по ширине полотна. Это может быть термообдув или индукционный нагрев.

1.12.2.7. Накат

На конце бумагоделательной машины располагается накат, осуществляющий наматывание бумаги в рулоны. Основным требованием к накату является равномерная и достаточно плотная намотка бумаги, необходимая для ее резки, транспортировки, хранения, обработки и переработки. Рулоны слабо и неравномерно намотанной бумаги теряют свою

цилиндрическую форму, что вызывает обрывы при ее переработке, а в слишком тугонамотанных рулонах возникают внутренние напряжения, которые также влекут частые обрывы бумаги при дальнейшей переработке.

Виды, устройство и работа наката. По принципу наматывания бумаги различают два типа наката: 1) осевой (центральный); 2) периферический (барабанный).

Осевые наматы требуют ручной заправки и поэтому могут применяться только на тихоходных машинах со скоростью 180...200 м/мин. Определенным их достоинством является возможность разрезания полотна бумаги и намотка нескольких рулонов требуемого формата. Это исключает необходимость применения дорогого и энергоемкого продольно-резательного станка.

Окружная скорость при наматывании бумаги на гильзу осевого наката равна

$$V = r\omega = D\omega/2, \text{ м/мин}, \quad (1.203)$$

где r и D — радиус и диаметр наматываемого рулона бумаги соответственно, м; ω — частота вращения рулона, мин^{-1} .

Согласно этому выражению, если скорость машины сохраняется постоянной, то при увеличении диаметра наматываемого рулона частота вращения должна соответственно умень-

шаться. Это достигается при помощи фрикционной или гидравлической муфты, а также применением электродвигателя с регулируемой частотой вращения (электронаката), который обеспечивает получение равномерной и плотной намотки бумаги, тогда как осевой накат с фрикционной или гидравлической муфтой такую намотку обеспечить не может и требует постоянного контроля со стороны обслуживающего накат персонала.

Периферический накат (рис. 1.230) применяется во всех современных скоростных и широких бумагоделательных машинах. Основным достоинством является возможность равномерной и плотной намотки практически при любой скорости и ширине машины, а также при меньшем напряжении бумажного полотна, чем требуется при использовании осевого наката. Периферический накат создает возможность быстрой воздушной или канатиковой заправки бумаги.

Возможность снижения натяжения полотна перед накатом приводит к сокращению его обрывов не только при наматывании на накат, но и при всех последующих операциях переработки бумаги на фабрике и у потребителей.

Между каландром и накатом устанавливаются неподвижная расправляющая дуга, бомбированный обрешиненный валик, или, наиболее часто, валик типа Mount-Nore для расправления бумажного полотна и предотвращения образования складок.

При заправке на накат (см. рис. 1.230) узкая полоса бумаги (до 200 мм) передается на цилиндр наката 3 с помощью канатиковой 8

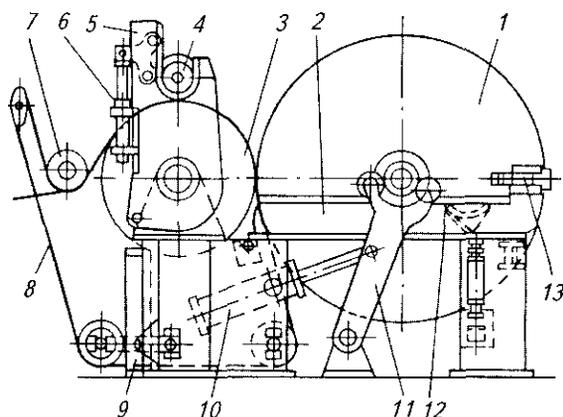


Рис. 1.230. Схема периферического наката:

1 — наматываемый рулон; 2 — станина; 3 — цилиндр наката; 4 — тамбурный валик; 5 — приемные рычаги; 6 — пневмоцилиндр прижима тамбура; 7 — расправляющий валик; 8 — канатик заправочный; 9 — цилиндр привода поворота приемных рычагов; 10 — цилиндр привода основных (рабочих) рычагов; 11 — основные рычаги; 12 — тормозное устройство рулона; 13 — демпфер

или воздушной системы заправки. Затем плотно сжатым воздухом, поступающим из сопел, установленных на корпусе шабера, забрасывается на тамбурный валик 4 наката, который вначале устанавливается в приемные рычаги 5, переводящие после предварительной намотки (50...70 мм) на направляющие станин 2 и автоматически на основные рычаги 11, которые служат для прижима наматываемого рулона к цилиндру наката 3 и для отвода готового рулона 1. Синхронизация движения приемных 5 и основных 11 рычагов осуществляется валом, соединяющим оба рычага. Необходимое линейное давление между наматываемым рулоном и цилиндром наката поддерживается с помощью автоматического регулятора движения. Цилиндр наката 3 внутри охлаждается проточной водой. Он изготавливается из чугуна и имеет диаметр до 1,5 м. Приемные рычаги 5 крепятся эксцентрично на корпусах подшипников наката, поэтому в верхнем положении тамбурный валик 4 не касается цилиндра наката 3. По мере поворота приемных рычагов тамбурный валик приближается к барабану наката и соприкасается с ним. Для прижима бумаги к накату на приемных и основных рычагах устанавливаются пневмоцилиндры 6 и 10. Пока ведется намотка бумаги на тамбурный валик, установленный в приемных рычагах, намотанный рулон диаметром до 2400 мм и более, находящийся на рабочих рычагах, снимают с машины специальным краном. Для быстрой остановки отведенного рулона предусмотрен тормоз 12. Наматываемый рулон переводят с приемных рычагов на освободившиеся рабочие рычаги, где продолжается его намотка [123, 129].

Длину бумаги в рулоне L и продолжительность намотки рулона t можно определить по формулам:

$$L = \frac{\pi(D^2 - D_0^2)}{4\tau \cdot 1000}, \text{ м}; \quad (1.204)$$

$$t = \frac{\pi(D^2 - D_0^2)}{4\sigma v \cdot 1000}, \text{ мин}, \quad (1.205)$$

где D — диаметр рулона, мм; D_0 — диаметр тамбурного валика, мм; σ — толщина бумаги, мм; v — скорость машины, м/мин.

Плотность намотки бумаги лучше всего характеризует давление между слоями намотанной в рулоне бумаги. Различают внутреннюю плотность — установившееся радиальное давление между слоями бумаги в толще рулона и периферическую плотность — радиальное давление в момент наматывания верхнего слоя

на предыдущий. Показателем качества намотки является внутренняя плотность.

Плотность намотки (радиальное давление) в рассматриваемом слое зависит только от небольшого числа (10...60) намотанных после него витков. Число витков зависит от способа наматывания: для периферической намотки оно больше, чем для осевой, и возрастает по мере увеличения диаметра рулона.

Плотность намотки на осевых накатах (центральном и электронакате) определяется главным образом натяжением бумаги перед накатом. Повышение натяжения (до определенного предела) увеличивает плотность намотки.

Плотность намотки на периферическом накате зависит от линейного давления между рулоном бумаги и цилиндром наката (для тонкой бумаги обычно 50...80 кПа) и в меньшей степени — от натяжения бумаги перед накатом (обычно для газетной бумаги — 2,5...3,0 кН/м, мешочной 4...6 кН/м).

Равномерная плотность намотки по ширине наката зависит не от конструкции и работы наката, а от равномерности бумаги по толщине.

Между сушильной частью и каландром и между каландром и накатом устанавливают датчики обрыва полотна. Кроме того, перед накатом устанавливают сканирующие устройства для перемещения в поперечном направлении первичных преобразователей (датчиков) показателей качества бумаги и картона. Для всех видов бумаги и картона устанавли-

вают датчики массы 1 м^2 и влажности полотна. В зависимости от вида продукции контролируют просвет, воздухопроницаемость, оптические свойства (непрозрачность, светопрозрачность, гладкость, лоск, сорность, белизну и цвет), число токопроводящих включений и др.

Результаты измерения этих параметров используются в АСУТП производства бумаги и картона. Управление различными параметрами осуществляют с помощью ЭВМ по специальным алгоритмам.

Управление механизмами наката включает следующие основные операции: дистанционное управление зажимом корпусов подшипников тамбурного валика, отводом и прижимом шабера к барабану наката, разгоном тамбурного валика, поворотом приемных рычагов из вертикального положения в позицию соприкосновения тамбурного валика с барабаном наката (обычно на современных машинах выполняется автоматически). Предусмотрены сигнализация зажима подшипников тамбурного валика и окончания намотки рулона, а также автоматические блокировки [123, 135].

При увеличении скоростей бумагоделательных машин и сокращении продолжительности намотки рулона на накате смена тамбурных валиков на многих бумажных фабриках стала затруднительна. Особенно это касается производственных линий, оснащенных суперкаландрами и меловальными установками. В связи с этим фирмой «Valmet» разработан

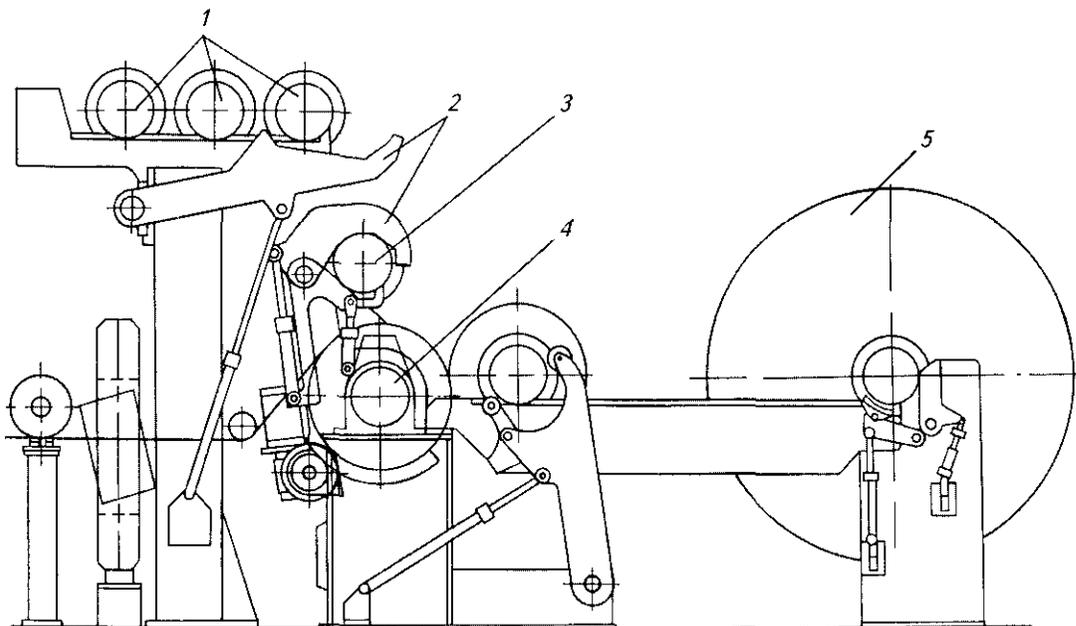


Рис. 1.231. Накат с устройством автоматической подачи тамбурных валиков:

1 — запасные тамбурные валики; 2 — система рычагов; 3 — рабочий тамбурный валик; 4 — барабан наката; 5 — снятый рулон бумаги

накат с устройством автоматической подачи тамбурных валиков (рис. 1.231). Над направляющими намотки установлена стойка для хранения трех-четырёх запасных тамбурных валиков. Тамбурные валики могут быть поставлены на стойки независимо от цикла работы наката в удобное для процесса время. Со стойки тамбурный валик автоматически (от гидропривода) опускается на заправочные рычаги с помощью передаточных рычагов.

Смена тамбурного валика осуществляется продувочной трубой типа «лебединой шеи» с дистанционным пневмоуправлением. Как и другие операции на накате, эта операция может быть осуществлена автоматически логической системой управления. В случае оснащения наката прибором для постоянного измерения метража работа всего наката может осуществляться полностью автоматически. Смена тамбурного валика происходит сама собой, после достижения валиком заранее установленного размера. При желании можно предусмотреть направляющие для подачи полных тамбурных валиков от наката к продольно-резательному станку, причем для возврата пустых тамбурных валиков кран не требуется.

Благодаря размещению направляющих над накатом конструкция устройства автоматической подачи тамбурных валиков компактна и не требует много места. Таким образом, перед накатом появляется свободная площадь для обслуживания измерительных приборов и других устройств. Это особенно важно при проведении модернизаций, когда существующее место не позволяет увеличить габаритные размеры бумагоделательной машины.

В отличие от всего процесса производства бумаги и картона на машинах процесс намотки полотна на накате не является непрерывным. Каждые 60...90 мин происходит съём рулона и начинается заправка и намотка на новый тамбурный валик. При этом внутренние

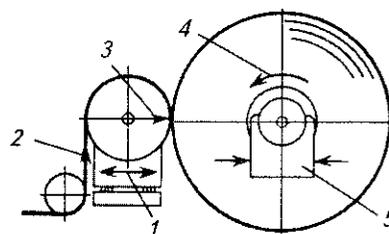


Рис. 1.232. Принцип действия наката Sirius:
1 — система регулирования прижима; 2 — натяжение; 3 — прижим; 4 — момент вращения; 5 — контроль перемещения рулона

слои бумаги и картона, прилегающие к тамбурному валику, подвержены значительным деформациям, которые приводят к повреждениям полотна — складкам, морщинкам, разрывам. С увеличением скорости бумагоделательных машин количество некондиционной бумаги в слоях, прилегающих к тамбурному валику, по некоторым данным, может составлять 1,0...1,5 % всего выпуска. Основной причиной этого являются колебания тамбурных валиков периферического наката. Указанные недостатки ликвидируются в новом накате системы Sirius, разработанном фирмой «Voith». Накат Sirius конструктивно напоминает осевой накат, однако он снабжен устройствами, позволяющими регулировать натяжение полотна и плотность намотки, а также интенсифицировать процесс намотки (рис. 1.232). Регулирование осуществляется путем стабилизации момента вращения рулона бумаги за счет перемещения прижимного вала [131].

Исключительно стабильные параметры намотки бумаги на накате системы Sirius позволяют минимизировать потери бумаги на накате и значительно увеличить массу рулона (до 120 т) и его диаметр (до 4 м). Таким образом, помимо сокращения потерь бумаги на накате значительно снижается время на заправку рулонов, поскольку уменьшается число самих заправок.

1.13. БАЛАНС ВОДЫ И ВОЛОКНА НА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ (РАЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА МАШИНЕ)

1.13.1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ БАЛАНСА ВОДЫ И ВОЛОКНА

Баланс воды и волокна составляется для определения количественных оценок потока волокнистых материалов и воды на всех стадиях производства бумаги, определения расхода свежих волокон и воды на 1 т бумаги, оценки существующей и правильного выбора рациональной схемы водооборота с максимальной возможной степенью замкнутости, выявления безвозвратных потерь волокна (промой).

Составлению баланса на вновь проектируемых предприятиях обычно предшествует анализ характеристики вырабатываемой продукции, на основе результатов которого выбирается технологическая схема производства бумаги, включающая рациональный водооборот на бумагоделательной машине. На этой схеме должны быть указаны пункты отбора и поступления свежей, осветленной и оборотной воды, а также отвода сточной воды.

Необходимые для расчета сведения о концентрации массы и оборотной воды на разных стадиях технологического процесса изготовления бумаги собирают из всех доступных источников: практических данных предприятий, выпускающих подобную бумагу, результатов предварительных научно-исследовательских разработок, сведений, содержащихся в научно-технической литературе, и норм технологического проектирования, разработанных Гипробумом [18, 136].

Расчет материальных балансов принято проводить на 1 т готовой продукции (нетто) или часовую производительность (нетто) с учетом брака в отделке и на машине.

Первый метод расчета предпочтительнее, так как позволяет характеризовать и сопоставлять между собой балансы для одинакового вида продукции, изготавливаемой на разных предприятиях по отличающимся технологическим схемам. Кроме того, это дает возможность получать непосредственно из расчета удельные расходные технико-экономические показатели, которые, зная производительность машины, легко пересчитать на любой промежуток времени [18, 137].

Расчет баланса принято проводить от готовой продукции против хода технологического потока. Целесообразность этого очевидна, поскольку уже известны конечные величины расхода волокна и воды, тогда как в большин-

стве случаев нельзя заранее определить концентрацию массы и количество оборотной воды, циркулирующей в технологическом потоке.

Для каждой ступени технологического процесса проводят расчет количества массы, сухого вещества и воды. Если бумагу изготавливают с наполнителями, то сухое вещество следует разделить на волокно и наполнитель. Для этого необходимо знать зольность сухого остатка оборотных вод. При точных расчетах

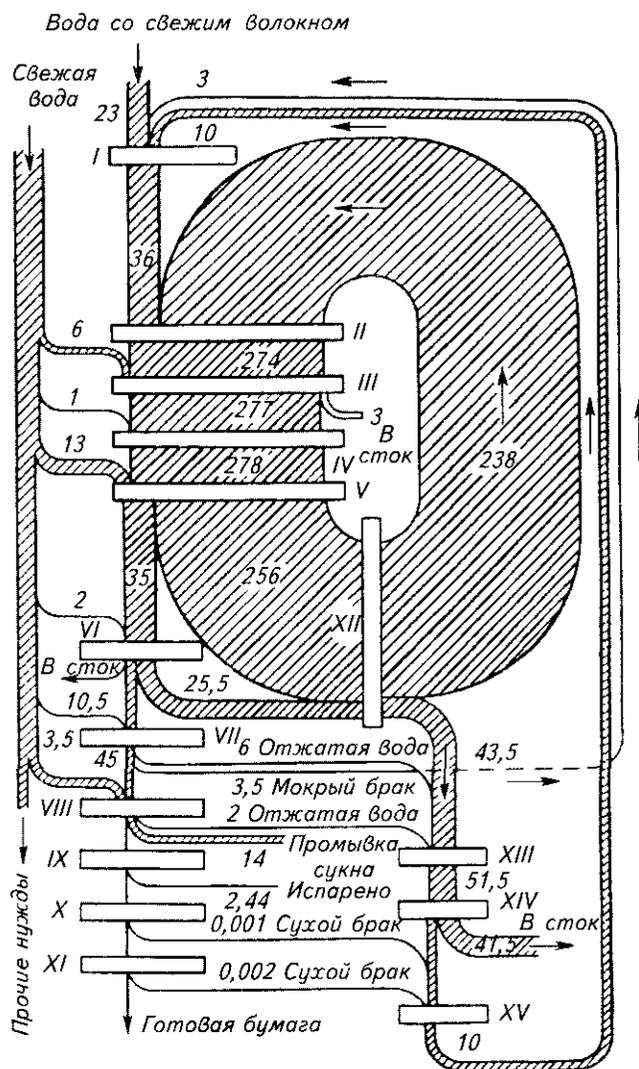


Рис. 1.233. Баланс воды на 1 т газетной бумаги, м³:

I — машинный бассейн; II — смесительный насос; III — узлоловители; IV — напорный ящик; V — регистровая часть; VI — отсасывающие ящики; VII — гауч-вал; VIII — прессовая часть; IX — сушильная часть; X — накат; XI — продольно-резательный станок; XII — сборник оборотной воды № 1; XIII — сборник оборотной воды № 2; XIV — аппаратура локальной очистки; XV — размалывающие брак аппараты

зольность следует пересчитывать на наполнитель с учетом его потерь при прокаливании и естественной зольности волокна.

В практических расчетах считают, что количество золы в бумажной массе равно содержанию наполнителя, полагая при этом, что естественная зольность волокна в какой-то мере компенсирует потерю при прокаливании наполнителя.

В том случае, когда не требуется определять степень удержания наполнителя на различных стадиях технологического процесса, а необходимо проанализировать в целом технологический поток или на основании расче-

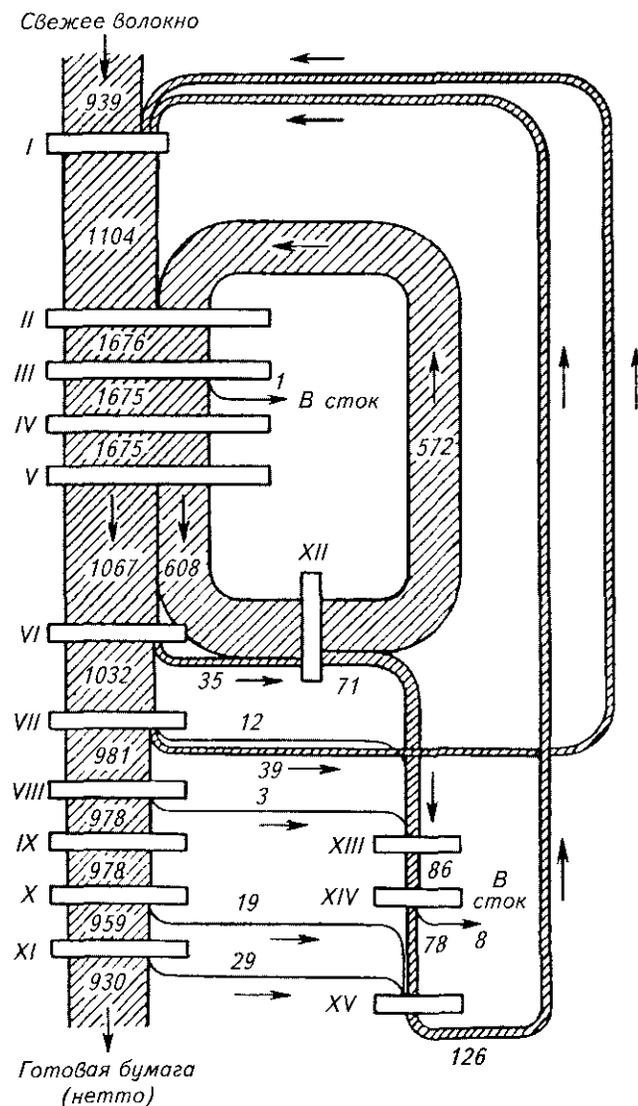


Рис. 1.234. Баланс волокна на 1 т газетной бумаги, кг:

I — машинный бассейн; II — смесительный насос; III — узлоловители; IV — напорный ящик; V — регистровая часть; VI — отсасывающие ящики; VII — гауч-вал; VIII — прессовая часть; IX — сушильная часть; X — накат; XI — продольно-резательный станок; XII — сборник оборотной воды № 1; XIII — сборник оборотной воды № 2; XIV — аппаратура локальной очистки; XV — аппараты, размалывающие брак

тов баланса подобрать соответствующую очистную аппаратуру, оборудование для системы локальной очистки оборотных вод, насосы, емкости для оборотных вод, расчет баланса допускается проводить без разделения сухого остатка на волокно и наполнитель. И в этом случае только на стадии «композиционный бассейн» при определении расхода полуфабрикатов для изготовления 1 т продукции учитывают содержание в сухом остатке проклеивающих и наполняющих веществ, принимая во внимание их удержание.

В расчете баланса условно принято не учитывать сухое вещество, содержащееся в сернокислом глиноземе или алюмокалиевых квасцах, красителях и флокулянтах, а канифольный клей считать вместе с волокнами.

По окончании расчета баланса воды и волокна результаты сводят в таблицу и определяют приход и расход сухого вещества и воды в процессе производства, а также потери волокна и наполнителя в сточных водах. Желательно результаты расчета оформить графически. При этом в случае единой технологической схемы на разных стадиях технологического процесса производства бумаги рекомендуется обозначать расход волокна и воды дробью: в числителе — абсолютно сухое волокно, в знаменателе — вода. Более наглядно результаты расчета следует представлять в виде двух схем: баланса воды и баланса волокна (рис. 1.233, 1.234) [18, 137]. Точность расчета баланса для сухого вещества — 0,01 кг с округлением до 0,1 кг, а бумажной массы и воды — до 0,001 м³ с округлением до 0,01 м³ (при больших количествах — до 0,1 м³).

1.13.2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА БАЛАНСА

В простых случаях, когда известны количество вещества, уходящего с рассматриваемой стадии производства, концентрация отходящих вод, начальная и конечная сухость бумаги или соответственно начальная и конечная концентрация сухого вещества в бумажной массе, количество сухого вещества, поступающего на данный участок, можно определить из уравнения И. И. Богоявленского

$$X = G + K \left(\frac{100 - T_{\text{н}}}{T_{\text{н}}} X - \frac{100 - T_{\text{к}}}{T_{\text{к}}} G \right), \text{ кг, (1.206)}$$

где X — количество сухого вещества, поступающего на данную стадию производства, кг;

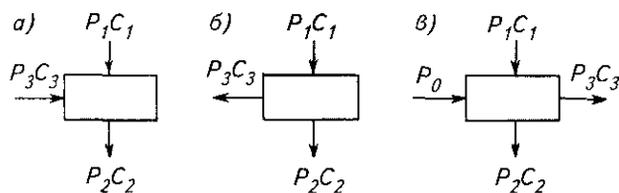


Рис. 1.235. Графическое изображение схем отдельных стадий технологического процесса при расчете материального баланса воды и волокна: а — разбавление потока оборотной водой; б — обезвоживание потока на сетке; в — разбавление потока свежей водой (P_0) и обезвоживание с удалением оборотной воды и бумажной массы

G — количество сухого вещества, выходящего с данной стадии производства, кг; K — концентрация отходящих вод, кг/л; T_n и T_k — начальная и конечная сухость бумаги, или начальная и конечная концентрация сухого вещества в бумажной массе соответственно, %.

В более сложных случаях для определения сухого вещества и воды в потоках отдельных стадий производства составляют уравнения с двумя неизвестными: одно из них отражает баланс объема массы, другое — баланс сухого вещества:

$$P_2 = P_1 + P_3; \quad (1.207)$$

$$P_2C_2 = P_1C_1 + P_3C_3, \quad (1.208)$$

где P_1, C_1 — объем и концентрация массы, поступающей на данной стадии соответственно, л, кг/л; P_2, C_2 — объем и концентрация массы, уходящей с данной стадии, л, кг/л; P_3, C_3 — объем и концентрация оборотной воды, поступающей на данную стадию производства для разбавления массы, л, кг/л.

Поскольку неизвестными могут быть только две величины, остальные должны быть заданы или взяты из практики.

Для наглядности и избежания ошибок при составлении уравнений балансов движения потоков через конкретный узел (стадию производства) рекомендуют применять графический метод. При этом на каждой стадии технологического процесса возможен один из трех случаев: либо поток разбавляется оборотной водой (рис. 1.235, а), либо поток обезвоживается (рис. 1.235, б), либо при обезвоживании разбавляется свежей водой (рис. 1.235, в).

Решая уравнения для узла, в котором производится разбавление потока оборотной водой (см. рис. 1.235, а), например, смесительного насоса, можно определить две неизвестные величины, в частности, P_1 и P_3 :

$$P_1 = P_2 \frac{C_2 - C_3}{C_1 - C_3}; \quad (1.209)$$

$$P_3 = P_2 \frac{C_1 - C_2}{C_1 - C_3}. \quad (1.210)$$

Согласно схеме обезвоживания потока (рис. 1.235, б), справедливыми будут равенства балансов:

$$P_1 = P_2 + P_3; \quad (1.211)$$

$$P_1C_1 = P_2C_2 + P_3C_3. \quad (1.212)$$

Решая эти уравнения, можно найти неизвестные значения P_1 по балансу, а P_3 — по уравнению

$$P_3 = P_2 \frac{C_2 - C_1}{C_1 - C_3}. \quad (1.213)$$

В тех случаях, когда при обезвоживании потока происходит добавка свежей воды P_0 , например, с отбойных sprays (рис. 1.235, в), уравнения имеют вид:

$$P_1 + P_0 = P_2 + P_3; \quad (1.214)$$

$$P_1C_1 = P_2C_2 + P_3C_3. \quad (1.215)$$

Расход свежей воды обычно известен, концентрация в ней сухих веществ принимается равной нулю. Тогда неизвестное значение P_1 равно

$$P_1 = \frac{P_2(C_2 - C_3) + P_0C_3}{C_1 - C_3}. \quad (1.216)$$

Аналогичным образом можно составить уравнения для любой стадии производства. Если баланс составлен правильно, то потери волокна (B) должны равняться разности между расходом свежего а. с. волокна на 1 т бумаги G_a и выходом бумаги B :

$$B = G_a - \Pi, \text{ кг/т.} \quad (1.217)$$

Безвозвратные потери, отнесенные к расходу свежего волокна G_a и выраженные в процентах от него, составляют промой волокна Π :

$$\Pi = \frac{B \cdot 100}{G_a}, \text{ \%}. \quad (1.218)$$

Расход свежего а. с. волокна на 1 т бумаги нетто составляет

$$G_a = \frac{(1000 - W - N_a - K)100}{100 - \Pi}, \text{ кг,} \quad (1.219)$$

где W — количество воды в бумаге, кг/т; N_a — количество а. с. наполнителя в бумаге, кг/т; K — количество клея в бумаге, кг/т; Π — промой волокна, %.

Количество канифоляного клея в бумаге (K) принимается условно равным его дозировке

(без потерь), хотя удержание его составляет обычно не более 60...75 %.

Расход свежего а. с. наполнителя N'_a определяют исходя из содержания N_a и удержания его в бумаге ϕ , выраженного в процентах:

$$N'_a = \frac{N_a \cdot 100}{\phi}, \text{ кг/т.} \quad (1.220)$$

Обычно товарная целлюлоза имеет влажность 12 %, а наполнитель 15 %, поэтому расход свежего в. с. волокна (G_b) и свежего, в. с. наполнителя (N'_b) составит:

$$G_b = \frac{G_a}{0,88}, \text{ кг/т;} \quad (1.221)$$

$$N'_b = \frac{N'_a}{0,85}, \text{ кг/т.} \quad (1.222)$$

Ориентировочный расчет расхода волокна на 1 т бумаги без расчета материального баланса воды и волокна можно провести по формуле

$$G_a = 1000 - W - \frac{1000 \cdot Z}{100} - 0,75K + P, \text{ кг/т,} \quad (1.223)$$

где G_a — расход а. с. волокна на 1 т бумаги, кг/т; W — содержание влаги в 1 т бумаги, кг; Z — зольность бумаги, %; K — расход канифоли на 1 т бумаги, кг; P — промой волокна, кг/т бумаги.

В настоящее время баланс воды и волокна осуществляют с помощью специальных программ на компьютерах [137].

1.13.3. ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ НА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

1.13.3.1. Виды свежей производственной воды и ее потребление

Требования к качеству производственной воды и технологическая схема водоподготовки для изготовления бумаги определяются как видом самой бумаги, так и свойствами исходной воды: составом растворенных в ней веществ, видом и количеством взвешенных примесей, цветом, значением рН и рядом других показателей [138, 139].

В порядке усложнения технологии водоподготовки виды потребляемой свежей воды на бумажных фабриках располагаются в следующем порядке:

механически очищенная — вода, забираемая из водоема с последующим удалением из нее крупных загрязнений, мусора, щепок и т. п.;

фильтрованная — вода, из которой полностью или частично удалены мелкодисперсные взвешенные загрязнения;

коагулированная — вода, из которой с помощью коагулянтов и флокулянтов, а также фильтрования частично или полностью удалены, помимо грубых и мелкодисперсных взвешенных веществ, также частицы коллоидных размеров и окрашивающие примеси;

химически очищенная — вода, из которой после коагулирования и фильтрования с помощью добавок соответствующих химикатов частично или полностью удалены также соединения кальция и магния, обуславливающие жесткость воды;

обессоленная — вода, из которой удалены не только взвешенные и окрашивающие вещества, но и с помощью катионных и анионных фильтров удалены соответствующие ионы растворенных в воде примесей;

питьевая — вода, очищенная до уровня требований соответствующего стандарта и пригодная для питья.

В связи с широким ассортиментом продукции требования к качеству воды принято группировать по нескольким видам бумаги и картона, свойства которых близки между собой. Эти требования могут разрабатываться как по лимитирующим показателям для производства той или иной бумаги в целом, так и для производства с учетом лимитирующих показателей для отдельных стадий производства. Такой подход, принятый в отечественной целлюлозно-бумажной промышленности, помимо сокращения водопотребления воды с очень жесткими требованиями к ее качеству одновременно позволяет определить возможность повторного использования воды [138].

Требования и номенклатура показателей качества свежей воды различаются между собой также по странам. Например, стандартом ТАРПИ предусмотрены показатели качества воды для четырех групп бумаги (табл. 1.124).

Согласно классификации, предложенной Б. М. Заморуевым, потребители свежей воды по одинаковым требованиям к ее свойствам разделены на семь групп [139].

Первая группа потребителей воды включает производство бумаги, картона и полуфабрикатов для них, к качеству которых не предъявляется жестких требований по цвету, сорности и зольности, в частности, производство мешочной, упаковочной, шпульной, патронной, для спичечных коробок синей, основы

Таблица 1.124

Показатели качества производственной воды по стандарту TAPPI

Показатель	Бумага			
	Высших сортов	Из сульфатной целлюлозы		С древесной массой
		беленой	небеленой	
Мутность (по SiO ₂), мг/л	10	40	100	50
Цветность (по °ПШК)	5	25	100	30
Общая жесткость (по CaCO ₃), мг-экв/л	100	100	200	200
Временная жесткость (по CaCO ₃), мг-экв/л	50	—	—	—
Щелочность по метилоранжу (по CaCO ₃), мг-экв/л	75	75	150	150
Железо (по Fe), мг/л	0,1	0,2	1,0	0,3
Марганец (по Mn), мг/л	0,05	0,10	0,50	0,10
Остаточный хлор (по Cl), мг/л	2,0	—	—	—
Кремний растворимый (по SiO ₂), мг/л	20	50	100	50
Общее содержание, мг/л	200	300	500	500
Свободная углекислота (по CO ₂), мг/л	10	10	10	10
Хлориды (по Cl), мг/л	—	200	200	75

абразивной, основы для гудронирования и гофрирования, а также производства картона (для плоских слоев гофрированного картона, серого макулатурного, переплетного, коробочно-го и аналогичных им) (табл. 1.125).

Вторая группа потребителей воды включает производство белых и светлоокрашенных (подцветенных) видов бумаги из небеленой сульфитной или слабо беленой сульфатной целлюлозы и древесной массы, в частности, газетной, обойной, мундштучной, обложечной, а также производство небеленой целлюлозы для этих

видов бумаги (и для последующей отбелики, если к целлюлозе после нее не предъявляют требования низкой зольности) и производство древесной массы с низкой белизной, а также внутренних слоев многослойных видов картона (табл. 1.126).

Третья группа потребителей воды включает производство бумаги и картона из беленых полуфабрикатов и беленой древесной массы, к которым предъявляют требования по белизне или чистоте тона светлой окраски, а также низкой сортности, без ограничения по зольности. Это, в частности, писчая и бумага для печати № 1 и № 2, чертежная бумага, этикеточная, папиросная, основа светочувствительной бумаги, санитарно-гигиенические виды бумаги, жиронепроницаемая, белые виды бумаги для расфасовки пищевых продуктов и близкие к ним. Сюда же относятся потоки массы из беленых полуфабрикатов для покровного слоя многослойных видов картона, а также производство беленой целлюлозы, древесной массы и других полуфабрикатов для вышеперечисленных видов бумаги (см. табл. 1.125).

Четвертая группа потребителей воды включает производство бумаги из высокобеленых полуфабрикатов, в частности, документальной и основы фотобумаги.

Пятая группа потребителей воды включает производство тех видов кабельной бумаги, для которых не нормируется цвет, но нормируются электроизоляционные свойства (табл. 1.127).

Шестая группа потребителей воды включает производство специальных видов технической бумаги с весьма ограниченной зольностью, в частности, фильтровальная беззольная, высокосортная кабельная и некоторые виды конденсаторной бумаги (см. табл. 1.127).

Таблица 1.125

Требования к качеству воды, используемой в производстве тарного картона и мешочной бумаги

Показатель	Норма
Температура, °С, не более	45
Крупные взвешенные вещества, мг/л	0
Мелкие взвешенные вещества, мг/л, не более	50
Цветность, по °ПШК	Не нормируется
Мутность, мг SiO ₂ /л, не более	100
Запах, баллов, не более	3
Значение pH	6,5...8,5
Жесткость общая, мг-экв/л, не более	7
Жесткость карбонатная, мг-экв/л, не более	3
Щелочность общая, мг-экв/л, не более	3
Общее содержание растворимых веществ, мг/л, не более	3500
Содержание катионов, мг/л, не более:	2500
Ca ⁺²	95
Mg ⁺²	30
Содержание анионов (по Cl ⁻), мг/л, не более	200
Свободный CO ₂ , мг/л, не более	25
XПК, мг O ₂ /л, не более	1000
Окисляемость перманганатная, мг O ₂ /л, не более	800
БПК ₅ , мг O ₂ /л, не более	70

Таблица 1.126

Требования к качеству воды, используемой в производстве различных видов бумаги

Показатель	Газетная бумага	Высокозольная		Средней зольности клееная: писчая, белая, цветная, обложечная, для обоев, светочувствительная	Низкозольная		Картон коробочный, переплетный, кровельный, бумага оберточная марки Д
		слабоклееная: типографская № 1 и № 2, для глубокой печати	клееная офсетная		слабоклееная: типографская № 1 и № 2, для глубокой печати	клееная офсетная	
Температура, °С, не более	50	30	25	30	30	30	45
Мелкие взвешенные вещества, мг/л, не более	50	50	50	50	50	50	60
Запах, баллов, не более	2,0	0	0	0	0	0	0
Цветность, °ПКШ, не более	50	50	50	50	50	50	н/н
Мутность, мг SiO ₂ /л, не более	50	40	40	40	40	40	100
Жесткость общая, мг-экв/л, не более	6,5...7,5	6,5...7,5	5,0	5,0...7,0	3,0...5,0	6,5...7,5	6,5...7,5
Общее содержание растворенных веществ, мг/л, не более	800	750	750	750	750	750	3000
Солесодержание, мг/л, не более	500	500	500	500	500	500	2000
Содержание катионов, мг/л, не более:							
Fe ³⁺ + Fe ²⁺	0,5	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	н/н
Mn ⁴⁺	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	н/н
Ca ²⁺	95	95	70	66	42-70	95	95
Mg ²⁺	27	27	18	21	11-18	27	27
Содержание анионов, мг/л, не более:							
Cl ⁻	200	200	200	200	200	200	н/н
SiO ₂ ⁻	50	50	100	50	10	10	н/н
ХПК, мг O ₂ /л, не более	300	120	120	120	120	120	1000
Окисляемость перманганатная, мг O ₂ /л, не более	150	80	80	80	80	80	800
БПК ₅ , мг O ₂ /л, не более	30	20	20	20	20	20	70

Примечания. 1. н/н — не нормируется. 2. Содержание поверхностно-активных веществ в воде при производстве картона не нормируется, а при производстве бумаги не должно превышать 1 мг/л. 3. Содержание свободной углекислоты при выработке бумаги не должно быть более 25 мг/л (при выработке гигиенической бумаги — до 15 мг/л).

Таблица 1.127

Требования к качеству воды, используемой в производстве различных электроизоляционных видов бумаги

Показатель	Кабельная бумага на напряжение, кВ		Конденсаторная обычная бумага	Бумага для электролитических конденсаторов с малым значением диэлектрических потерь
	до 35	до 110		
Температура, °С, не более	35	35	35	35
Запах, баллов, не более	3	2	2	2
Значение pH	6,5...7,5	6,5...7,5	6,5...7,5	5,5...7,0
Удельная электрическая проводимость, Ом/см, не более	Не нормируется			1,106
Жесткость, мг-экв/л, не более:				
общая	1,3	0,1	0,01	0
карбонатная	0,30	0,020	0,003	0
Щелочность общая, мг-экв/л, не более	0,30	0,020	0,003	0
Содержание катионов, мг/л, не более:				
Fe ³⁺ + Fe ²⁺	0,10	0,10	0,04	0,04
Ca ²⁺	18,0	1,40	0,14	0
Mg ²⁺	5,0	0,40	0,04	0
Mn ⁴⁺	0,05	0,05	0,05	0
Na ⁺ и K ⁺	Не нормируется			0
Cu ²⁺	0,05	Не нормируется		0
Al ³⁺	2,5	1,0	0,5	0
Содержание анионов, мг/л, не более:				
Cl ⁻	10	1,0	0,3	0
SO ₄ ²⁻	20,0	15,0	0,5	0
Si ²⁺	—	0,10	0,10	0,02
свободная CO ₂ ⁻	10	4	0	0

Таблица 1.128

Требования к качеству воды, используемой в производстве конденсаторной бумаги

Показатель	Норма для конденсаторной бумаги		
	обычной	с очень низкими диэлектрическими потерями	с высокой электрической прочностью и средними значениями диэлектрических потерь
Внешний вид	Чистая, без осадка, бесцветная и без особого запаха		
Значение pH	6,0...8,5	5,5...7,0	6,6...7,5
Содержание CO ₂ , мг/л	~40	~10	~10
Содержание SiO ₂ , мг/л, не более	15,0	0,10	0,25
Потребление KMnO ₄ , мг/л, не более	10,0	3,0	3,5
Общая жесткость, °Н	4...10	0	0
Удельная электропроводность, мкОм/см, не более	190	2,5	8
Содержание ионов, мг/л, не более:			
одновалентных катионов	0,50	0,015	0,05
многовалентных »	2,00	0,01	0,02
одновалентных анионов	1,60	0,05	0,06
многовалентных »	1,90	0,05	0,05

Седьмая группа потребителей воды включает производство конденсаторной бумаги. Для изготовления такой бумаги требуется вода, почти не содержащая растворимых веществ (табл. 1.128).

1.13.3.2. Основные принципы использования оборотной воды

В процессе производства бумаги на машине происходит непрерывное удаление воды, вначале из бумажной массы в регистражной части сеточного стола, а затем из бумажного полотна в прессовой и сушильной частях [41].

Количество воды, содержащейся в бумаге на 1 кг абсолютно сухого волокна, в любой стадии процесса ее изготовления можно определить по формуле

$$V = \frac{100 - C}{C}, \text{ кг}, \quad (1.224)$$

где C — концентрация бумажной массы, %.

Количество воды, удаляемой из бумаги в процессе ее производства, можно найти по формуле:

$$V_{уд} = \frac{(C_k - C_n)100}{C_k C_n}, \text{ кг}, \quad (1.225)$$

где C_н, C_к — содержание сухого вещества в бумаге в начале и в конце стадии обезвоживания соответственно, %.

Содержание в бумаге взвешенных и растворенных веществ может существенно различаться в зависимости от места образования

оборотных вод, вида изготавливаемой бумаги, концентрации массы при напуске на сетку, конструкции машины, режима работы, а также других факторов. Наименьшая концентрация взвешенных веществ в отходящей воде составляет 5...20 % при выработке бумаги из одной целлюлозы без наполнителей. При изготовлении, например, газетной бумаги из коротковолокнистой древесной массы «провал» под сетку может достигать 40...50 % от поступающей на нее бумажной массы.

Совершенно очевидно, что необходимо добиваться максимально возможного использования оборотных вод с целью экономии волокна и других компонентов бумажной массы, сокращения расхода свежей воды и воды, сбрасываемой в сток. Количество отходящей воды и концентрация в ней взвешенных веществ по ходу изготовления бумаги на машине весьма различаются между собой. Примерная характеристика отходящих вод при изготовлении некоторых видов бумаги приведена в табл. 1.129.

В зависимости от места образования и содержания взвешенных и растворенных веществ оборотную воду подразделяют на три потока (разбора) и используют по-разному.

Первый поток образует регистражная вода. Он наиболее мощный — до 140...160 м³ на 1 т бумаги и содержит до 3...4 г/л взвешенных веществ. Эта вода без осветления (локальной очистки) направляется на разбавление массы в размольно-подготовительном отделе и смешительном насосе. Обычно она не смешивается с водой других потоков, и только при ее недостатке к ней добавляют воду второго разбора.

Вода второго разбора (из отсасывающих ящиков, гауч-вала, промывки сетки) содер-

Таблица 1.129

Характеристика оборотной воды при выработке разных видов бумаги

Вид бумаги	Масса бумаги, г/м ²	Зольность бумаги, %	Концентрация массы в напорном ящике, г/л	Концентрация волокна в воде, г/л		
				регистравой	от отсасы- вающих ящиков	от прессов
Без применения флокулянтов						
Конденсаторная 8 мкм	10	Естественная	3,0	0,35	0,10	0,10
Основа для парафинирования	20	»	2,1	0,47	0,25	0,20
Телефонная (две сетки)	36	»	2,0	0,55	0,34	0,10
Пропиточная	55	»	2,3	0,35	0,20	0,10
Основа пергаменты и фибры	55...65	»	5,5	0,50	0,25	0,31
Мешочная	80	»	4,0	0,40	0,12	0,15
Кабельная (две сетки)	100	»	3,5	0,30	0,20	0,10
Перфокарточная	175	»	9,2	0,28	0,19	0,30
Подпергамент	55	»	4,8	0,10	0,06	0,07
Газетная	52	»	7,2	3,46	0,78	4,0
Мундштучная	100	4	10,0	2,0	0,60	1,20
Основа светочувствительной	70	5	7,0	2,0	0,60	2,0
Писчая № 1	70	6	8,5	1,80	0,90	2,10
Писчая № 2	65	6	7,2	3,0	1,0	3,0
Типографская № 1	70	15	9,5	5,40	2,80	6,0
Типографская № 2	65	14	10,2	5,20	2,40	6,0
Для глубокой печати № 1	90	18	13,0	6,20	0	7,0
Офсетная	100	14	12,2	3,0	1,30	5,0
С применением флокулянта (полиакриламида)						
Писчая № 1	70	8	7,0	1,60	0	2,0
Типографская № 1	70	18-20	7,8	3,20	1,20	5,0
Офсетная	100	14	9,5	2,00	0,60	3,50
Для глубокой печати	80-100	22	10,0	3,50	2,0	4,50

жит в два-три раза меньше взвешенных веществ, чем регистравая вода, и составляет около 10 % от ее количества. Вода второго потока без очистки может направляться в размольно-подготовительный отдел для подготовки массы. Избыток обычно направляют на локальную очистку, после чего используют вместо свежей воды в самоочищающихся спрысках и других местах на машине (смыв полов, растворение химикатов, промывка оборудования). Уловленный скоп вновь используют совместно с оборотным браком в композиции того же вида бумаги. Если это ухудшает ее свойства, то скоп направляют на производство менее ответственных видов бумаги или для изготовления древесно-волоконистых плит.

Вода, отбираемая из узловловителей, последней ступени вихревых очистителей (центриклинеров) и мокрых прессов, образует третий поток и обычно направляется в сток. Количество ее не велико — 2...3 м³/т, содержание взвешенных веществ также относительно низкое.

Водопотребление на различных предприятиях сравнивают по показателю степени водооборота, выражающему в процентах отношение количества оборотной и повторно используемой воды в системе к общей сумме расхода

свежей, оборотной и повторно используемой воды. Повторно может быть использована так называемая условно чистая вода от холодильных цилиндров, наката, холодильников масляных систем, теплообменников и другого оборудования, в котором вода не загрязняется. О совершенстве схемы водопотребления судят также по расходу свежей воды, количеству сточных вод и промоя (безвозвратным потерям) волокна. Снижение расхода свежей воды уменьшает количество сточных вод и промой волокна.

В связи с этим свежая вода должна потребляться только там, где не может быть использована оборотная вода. Для экономии свежей воды рекомендуются следующие мероприятия:

организация замкнутого водооборота уплотнителей вакуум-насосов путем автоматического поддержания требуемой температуры водяного кольца; применение водяных спрысков с малым расходом воды и незасоряющихся спрысков различных конструкций, работающих на осветленной воде;

замена проклейки и крашения в массе на поверхностную;

сбор условно чистой воды (холодильных цилиндров, наката, теплообменников) и использование ее для промывки одежды машины;

очистка вод третьего разбора от ворса и других загрязнений путем совершенствования систем локальной очистки и использование ее для промывки оборудования.

Эти и другие мероприятия должны обеспечивать степень водооборота не менее 80...90 %, снижать расход свежей воды до 5...25 м³/т бумаги, промой менее 0,5 %.

При степени водооборота ниже 70 % требуется его совершенствование. Современный подход к созданию технологических схем с оптимальным водооборотом исключает разделение их на системы производства продукции и системы очистки сточных вод. Рационализация водопотребления предусматривает совместное совершенствование этих систем с созданием между ними обратных связей.

1.13.3.3. Замыкание водооборота и локальная очистка оборотных вод

В настоящее время существуют технологии и оборудование, позволяющие полностью исключить использование свежей воды в производстве бумаги, за исключением восполнения потерь на испарение, т. е. замыкать водооборот по машине на 97...99 %.

Помимо исключения сточных вод и резкого сокращения потребления свежей воды замыкание водооборота ведет к экономии энергозатрат на прогрев воды, сокращение потерь волокна и химикатов. Эти факторы наряду с возможным ужесточением норм сброса промышленных стоков, а также возможной нехваткой воды в источниках водоснабжения при значительном расширении производства продукции являются экономическим обоснованием серьезных затрат, связанных с замыканием водооборота [140, 141].

В общем случае можно считать оправданным замыкание водооборота, если предприятие

- использует пар для подогрева свежей или оборотной воды;
- намечает расширение производства или ожидает резкого ужесточения норм сброса промстоков;
- планирует расширение установок водоподготовки или очистки промстоков.

Помимо преимуществ замыкание водооборота вызывает много затруднений технологического характера: накопление в оборотной воде растворенных веществ, в частности сульфатов и хлоридов, отрицательно влияет на качество проклейки, наполнение; за счет

накопления взвешенных веществ замыкание водооборота вызывает повышенное загрязнение одежды машин, прежде всего прессовых сукон, создает благоприятные условия для развития микроорганизмов, ведущих к появлению слизи, засоряющей одежду машин и ухудшающей качество бумаги (пятна, обрывы).

В связи с этим повышение водооборота на машине невозможно без эффективных методов локальной очистки оборотных вод, как традиционных — отстаивания, фильтрования, флотации, коагулирования, так и современных — мембранной очистки, выпаривания и некоторых других.

В качестве наиболее эффективного улавливающего оборудования для очистки оборотных вод рекомендуют применять дисковые вакуум-фильтры, флотационные ловушки, осветлители со взвешенным слоем осадка.

Дисковые вакуум-фильтры (рис. 1.236) эффективно работают только с намывным слоем волокна, подаваемого на сетку с концентрацией 5...8 г/л.

Процесс улавливания волокна и других взвешенных в оборотной воде волокон ускоряется за счет вакуума (30...40 Па), создаваемого в полости диска. Эффективность очистки достигает 80...90 %, а удельная масса уловленного осадка на фильтре может составлять до 12 % от массы выпускаемой продукции, что значительно выше, чем у широко известных, но устаревших фильтров типа Wako, Kinzle и др.

Достоинствами флотационного способа очистки, в частности, ловушки Sven-Pedersen, являются небольшие капитальные и эксплуата-

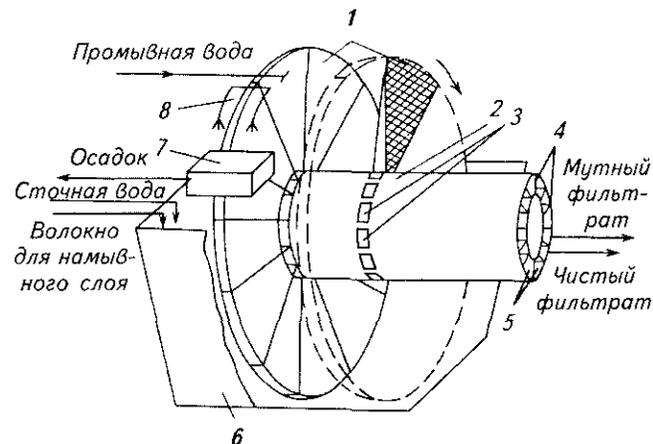


Рис. 1.236. Схема дискового фильтра:

1 — секторы дисков; 2 — горизонтальный вал; 3 — окна для установки секторов; 4 — продольные перегородки; 5 — зоны; 6 — ванна; 7 — желоб для осадка; 8 — спрыски для смыва осадка

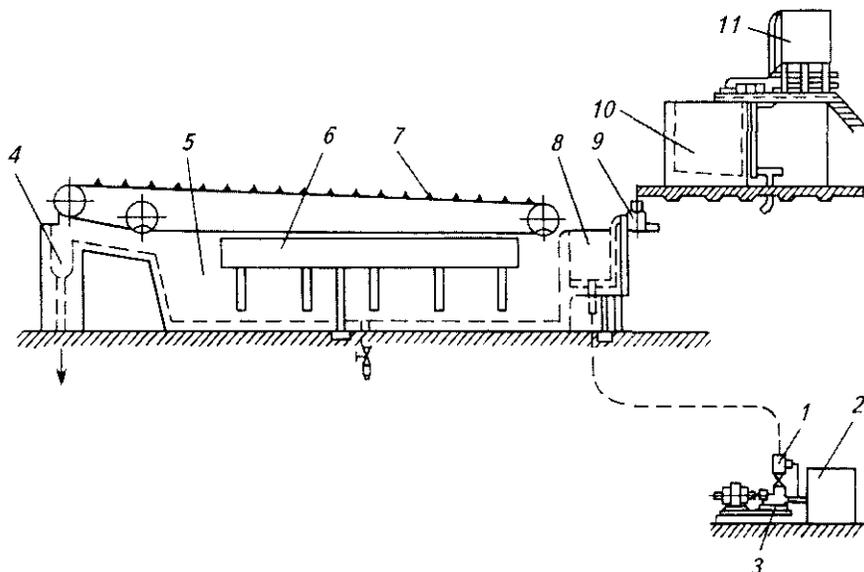


Рис. 1.237. Флотационная ловушка Sven-Pedersen:

1 — инжектор; 2 — сборник избыточной отходящей воды; 3 — насос; 4 — карман для выхода скопа; 5 — ванна; 6 — желоб осветленной воды; 7 — скребковый конвейер; 8 — приемная камера; 9 — дозатор для клея; 10 — бак для клея; 11 — котел для варки клея

ционные затраты при высокой степени очистки и концентрации скопа (до 1,5...4,0 %). Эти ловушки хорошо работают (эффект очистки 96...97 %) при изготовлении бумаги со средними значениями зольностью (до 10 %). При зольности выше 12 % степень улавливания волокна снижается до 90 %, а наполнителя — до 60 %. Принцип работы и устройство указанной ловушки достаточно просты (рис. 1.237). Она представляет собой открытый бассейн с тремя отделениями: приемной камерой 8, ванной и карманом для отвода скопа 4.

Оборотная вода насыщается воздухом с помощью инжектора 1 и подается в приемную камеру флотоловушки 8, куда поступают коагулянты (клей, глинозем, активированный силикат натрия) для улучшения процесса осаждения взвешенных частиц. В приемной камере под действием поднимающихся пузырьков воздуха на поверхность всплывают волокна и частицы наполнителя, которые скребковым конвейером 7 отводятся в карман для скопа.

Весьма эффективным является применение осветителя со взвешенным слоем осадка для очистки оборотных вод картонно-бумажного производства, содержащих от 150 до 2500 мг/л взвешенных веществ, в том числе — 30...50 % наполнителя (рис. 1.238).

Эффект очистки без добавления коагулянтов составляет 65...85 % при остаточном содержании взвешенных веществ 100...200 мг/л. Добав-

ка сернокислого алюминия в количестве 35 мг/л повышает эффект очистки до 98,0...99,5 % при остаточном содержании взвешенных веществ всего 2...10 мг/л, что позволяет использовать эти аппараты для создания систем замкнутого водопользования.

При очистке оборотных вод на улавливающем оборудовании задерживается как круп-

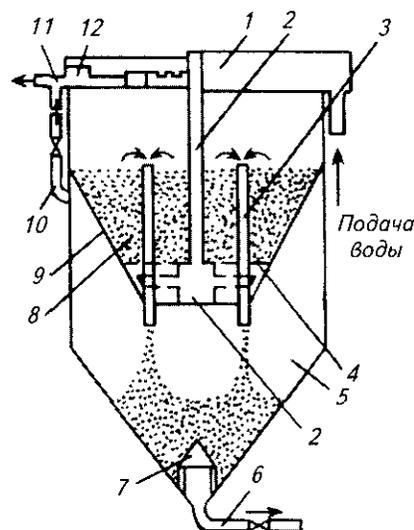


Рис. 1.238. Схема промышленного осветителя со взвешенным слоем осадка:

1 — воздухоотделитель; 2 — распределительное устройство; 3 — шламоотводящие трубы; 4 — перфорированное дно; 5 — корпус; 6 — выпуск осадка; 7 — конический щиток; 8 — взвешенный слой осадка; 9 — герметичное чашеобразное дно; 10 — система трубопроводов принудительного отвода воды; 11 — отвод осветленной воды; 12 — сборные желоба

ное, так и мелкое волокно с примесями неволоконистого характера, которые вызывают забивание одежды машин, снижают скорость обезвоживания массы на сетке и эффективность очистки на дисковом фильтре с 96...97 % до 80...90 %. Для их удаления служит струйный фракционер (рис. 1.239).

В струйном фракционаторе типа ФСВ, разработанном УкрНИИБом, оборотная вода через коллектор и сопла под давлением 0,04...0,10 МПа подается на фракционирующие сетки, на которых крупное волокно задерживается и направляется на повторное использование в производстве, а прошедшая через сетку тонкодисперсная фракция направляется на доочистку (например, в вертикальный отстойник). Эффект очистки оборотной воды по волокну достигает 95...99 % в широком диапазоне концентраций взвешенных веществ от 200 до 1000 мг/л. Производительность фракционаторов колеблется от 1400 до 14 400 м³/сут при соотношении качественного волокна к мелкой фракции 1:4–1:6.

Аналогичные показатели по очистке имеют зарубежные фильтры с дуговыми ситами.

Рассмотренные выше аппараты для очистки оборотных вод при замкнутой схеме водопользования обычно применяют на 1-й ступени системы локальной очистки. На 2-й ступени необходимо иметь аппаратуру, очищающую оборотную воду до показателей применяемой свежей воды [141].

Для решения этой задачи в системах локальной очистки оборотной воды используют методы и аппараты, ранее применявшиеся только для очистки сточных вод на внеплощадочных сооружениях.

Например, во Франции применяются анаэробные реакторы кипящего слоя. Анаэробные методы внутрицеховой очистки оборотной воды обладают явными преимуществами по сравнению с аэробными методами благодаря их компактности и низкому эксплуатационным расходам.

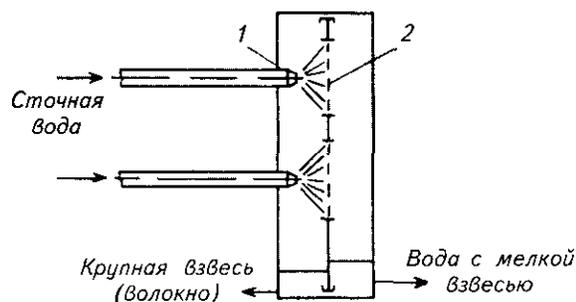


Рис. 1.239. Схема работы струйного фракционатора:
1 — форсунка, 2 — сетчатый фильтрующий элемент

Бумажные фабрики, интегрированные с производством современных видов древесной массы, производят стоков больше, чем целлюлозные заводы, из-за отсутствия систем регенерации химикатов. Для замыкания водооборота на одном из таких предприятий Финляндии на 1-й ступени очистки оборотной воды установлен дисковый вакуум-фильтр, а на 2-й ступени — внутрицеховая биологическая очистка и мембранная фильтрация, предназначенные для удаления солей и других растворенных веществ во избежание их накопления до критического уровня. В цехе производства ТММ для выпаривания фильтратов с 1-й ступени очистки был установлен аппарат, использующий в качестве теплоносителя вторичный пар пятиступенчатого аппарата для выпарки черного щелока. Фильтрат цеха ТММ с концентрации 0,3 % упаривается до 8 %, а затем смешивается с черным щелоком в содо-регенерационном котле. Конденсат используется на машине, имеющей замкнутый водооборот.

С технологической точки зрения, выпарка является идеальным методом очистки промышленных стоков, так как позволяет полностью отделить все нелетучие вещества, получить чистую воду для замены свежей, регенерировать ценные сухие вещества и удалить вредные.

Недостатки обычных систем выпарки при обработке промстоков общеизвестны: это высокие капитало- и энергоемкость и эксплуатационные расходы; необходимость применения дорогих коррозионно-стойких материалов; проблемы, связанные с образованием отложений на поверхности оборудования; большой расход воды на охлаждение.

Финская фирма «Hadwako» разработала принципиально новую технологию выпарки, основанную на применении полимерных материалов для изготовления поверхностей теплопередачи в выпарных аппаратах компрессионного типа. Предметом изобретения является новый метод сварки и применения полимерной пленки в сочетании с распределителями выпариваемой жидкости и сборниками конденсата, также изготовленными из полимерного материала.

Процесс выпаривания стоков ведут при низкой температуре (50...60 °С), под вакуумом (12...25 кПа) и при низких значениях перепада давления (1,5...2,7 кПа) и температуры (2...3 °С).

Благодаря тонкой (0,02...0,04 мм) полимерной пленке поверхность теплопередачи в заданном объеме может быть увеличена в два

раза по сравнению с обычной компрессионной выпаркой. Это, в свою очередь, сокращает расход энергии примерно на 50 % при одновременном снижении капитальных затрат, а также позволяет применить простой вентилятор вместо дорогостоящего компрессора.

Американская фирма «Krofta» выпускает весьма эффективные ловушки флотационного

и флотационно-фильтрующего типов. Они могут эффективно защищать более дорогие мембранные и выпарные системы, а также использоваться самостоятельно в замкнутых системах водопользования в качестве 3-й ступени очистки для получения очищенной воды с концентрацией взвешенных веществ менее 10 мг/л и высоким БПК₅.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беркман Е. М., Вишневецкий С. М., Иоффе Л. О. Словарь целлюлозно-бумажного производства. — М.: Лесная пром-сть, 1969. — 300 с.
2. ISO/CD 4046-4 Paper, board, pulps and related terms — Vocabulare- Paper and board grades and converted produc/ISO/TC6 Paper, board and pulps Secretariat: CANADA (SCC) 1998-04.
3. Общероссийский классификатор продукции. ОК 005-93. Т. 2. Дата введения 1994-07-01. — М.: Изд-во стандартов, 1994. — С. 33-42.
4. Бартенев Г. М., Френкель С. Я. Физика полимеров. — Л.: Химия, 1990. — 432 с.
5. Фудзин Т., Дзако М. Механика разрушения композитных материалов. — М.: Мир, 1982. — 232 с.
6. Козлов П. В. Межволоконные силы связи в целлюлозе: Обзор докладов всесоюзного научного семинара // Химия древесины. — 1990. — № 5. — С. 113-116.
7. Папков С. П. Полимерные волокнистые материалы. — М.: Химия, 1986. — 220 с.
8. Ван Флект Л. Теоретическое и прикладное материаловедение. — М.: Атомиздат, 1975. — 472 с.
9. Комаров В. И. «Критическая» длина волокна — фактор, определяющий деформативность и прочность целлюлозно-бумажных материалов // Изв. вузов. Лесной журнал. — 1993. — № 4 — С. 79-83
10. Комаров В. И., Казаков Я. В. Расчет коэффициента Пуассона при испытании на растяжение целлюлозно-бумажных материалов // Изв. вузов. Лесной журнал. — 1993. — № 5-6. — С. 133-136.
11. Комаров В. И., Казаков Я. В. Определение времени релаксации напряжения в целлюлозно-бумажных материалах из статических кривых « σ - ϵ » при деформировании и нагружении с постоянной скоростью // Изв. вузов. Лесной журнал. — 1993. — № 5-6. — С. 130-133.
12. Комаров В. И. I-интеграл — характеристика структуры целлюлозно-бумажных материалов // Целлюлоза. Бумага. Картон. — 1997. — № 5-6. — С. 26-29.
13. Комаров В. И. Применение статической теории прочности при испытании целлюлозных материалов // Бумажная пром-сть. — 1987. — № 3. — С. 13-14.
14. Атлас древесины и волокон для бумаги / Е. С. Ч а в ч а в а д з е, З. Е. Б р я н ц е в а, Е. В. Г о н ч а р о в а и др. — М.: Ключ, 1992. — 336 с.
15. Smook G. A. Handbook for Pulp and Paper Technologists. — TAPPI. — 1989. — 395 p.
16. Бывшев А. В., Савицкий Е. Е. Механическое диспергирование целлюлозных материалов. — Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1991. — 216 с.
17. Кларк Дж. Технология целлюлозы. — М.: Лесная пром-сть, 1983. — 456 с.
18. Иванов С. Н. Технология бумаги. — М.: Лесная пром-сть, 1970. — 695 с.
19. Богомол Г. М., Лучинкина А. Ф. Влияние удельной поверхности волокон на их бумагообразующие свойства // Бумажная пром-сть. — 1975. — № 1. — С. 10-11.
20. Комаров В. И., Казаков Я. В. Использование феноменологической модели деформации для прогнозирования деформативности сульфатной небеленой целлюлозы // Целлюлоза. Бумага. Картон. — 2000. — № 9-10. — С. 38.
21. Производство лиственных полуфабрикатов из лиственной древесины / А. И. Б о б р о в, М. Г. М у т о в и н а, Т. А. Б о н д а р е в а, В. К. М а л ы ш к и н а. — М.: Лесная пром-сть. — 1984. — 248 с.
22. Hietanen S., Ebeling K. Fundamental aspects of beating process // Paperi ja Puu. — 1990. — 72. — N 2. — P. 156-169.
23. Савицкий Е. Е. Изыскание оптимальных направлений развития подготовительных отделов бумажного производства: Отчет по теме 27-76, разд. XXII. — Л.: ВНИИБ, 1976. — 229 с.
24. Проспект фирмы «Mitsubishi Beloit», Япония— США. «Оборудование для подготовки массы», 1995.
25. Проспект фирмы «Sunds», Швеция, 1993.
26. Легоцкий С. С., Лагтев Л. Н. Размол бумажной массы. — М.: Лесная пром-сть, 1981. — 93 с.
27. Легоцкий С. С., Гончаров В. Н. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы. — М.: Лесная промышленность, 1990. — 220 с.
28. Проспект фирмы «Voith-Andritz», 1994.
29. Бывшев А. В., Савицкий Е. Е. Механическое диспергирование волокнистых материалов. — Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1991. — 210 с.
30. Чичаев В. А., Васильев А. А., Васильев И. А. и др. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. Т. 1. — М.: Лесная пром-сть, 1981. — 386 с.
31. Лагтев Л. Н., Рюхин С. Н., Нефедов Ю. Е. Состояние и тенденции развития производства мешочной бумаги. — М.: ВНИПИЭИлеспром, 1990. — 40 с.
32. Литвинов А. Б. и др. Эффективно ли применение вибрационных мельниц? // Бумажная пром-сть. — 1988. — № 3. — С. 20-21.
33. Савицкий Е. Е., Кудряшов В. Н. О перспективе совершенствования размалывающего оборудования // Сб. тр. СПб ГГУРП. «Машины и аппараты ЦБП». — СПб, 2001. С. 36-40.
34. Смолин А. С. и др. Использование гидротропных веществ для улучшения потребительских свойств подпергамента // Целлюлоза. Бумага. Картон. — 1975. — № 28. — С. 10.
35. Перекальский Н. П., Филатенков В. Ф. Влияние электролитов на процесс размола // Тр. ЛТИ ЦБП. — 1961. — Вып. 8. — С. 46-52.
36. Lengyel P. Chemie und technologie der Zellstoff herstellung // Allgemeine Papier Rundschau. — 1972. — N 7. — S. 154-157.
37. Астахов Ю. С. Влияние основных факторов процесса размола бисульфитной полуцеллюлозы при производстве бумаги для гофрирования: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. — Л., 1979.
38. Крылатов Ю. А., Ковернинский И. Н. Проклейка бумаги. — М.: Лесная пром-сть, 1987. — 228 с.
39. Крылатов Ю. А., Ковернинский И. Н. Материалы для проклейки бумаги и картона. — М.: Лесная пром-сть, 1982. — 81 с.
40. Энгельгардт Г., Гранич К., Риттер К. Проклейка бумаги. — М.: Лесная пром-сть, 1975. — 225 с.
41. Фляте Д. М. Свойства бумаги. Изд. 4-е. — СПб.: НПО «Мир и семья», ООО «Интерлайн», 1999. — 384 с.
42. Пузырев С. А. Некоторые вопросы теории и практики проклейки бумаги канифольным клеем // Бумажная пром-сть. — 1978. — № 1. — С. 19-21.
43. Крылатов Ю. А., Калиманов А. Н., Остащенко М. И. Новые проклеивающие материалы в целлюлозно-бумажной промышленности. — М.: ВНИПИЭИлеспром, 1979. — 29 с.
44. Чижов Г. И. Новые направления в использовании соединений алюминия при производстве бумаги. — М.: ВНИПИЭИлеспром, 1984. — 48 с.
45. Ковернинский И. Н., Крылатов Ю. А., Гусюмян А. М. Регулирование уровня общей кислотности бумажной массы // Бумажная пром-сть. — 1980. — № 11. — С. 19-20.

46. **Новый способ регулирования расхода коагулянта при производстве проклеенной бумаги** / Ю. А. Крылатов, И. Н. Ковернинский, А. М. Идиатуллин, А. М. Гюсюмян // Бумажная пром-сть — 1978 — № 9. — С. 24–25.
47. **Влияние качества канифоляного клея на белизну бумаги** / Б. П. Исаев, Ю. А. Крылатов, А. К. Страх, М. Ф. Красиева // Бумажная пром-сть. — 1980. — № 6. — С. 14.
48. **Волков В. А., Крылатов Ю. А.** К методике анализа канифоляного клея // Бумажная пром-сть. — 1975. — № 10. — С. 17–18.
49. **Махонин А. Г., Чижов Г. И., Демченков П. А.** Технология бумаги: Пособие по лабораторному практикуму для студентов химико-технологического факультета. — Л.: ЛТА, 1977. — 384 с.
50. **Исаев Б. П., Крылатов Ю. А., Лихтман М. И.** Совершенствование методики определения штриховой проклейки бумаги // Исследования по использованию достижений химии в ЦБП: Сб. тр. ЦНИИБ. — М., 1979. — № 18. — С. 23–26.
51. **Нейтральное производство бумаги** // Матер. фирмы «HERCULES» (США) / Пер. с англ. — М.: МГУЛ, 2000.
52. **Ковернинский И. Н., Азаров В. И.** Производство бумаги в нейтральной и слабощелочной среде // Науч. тр. МГУЛ. — М., 1995. — Вып. 277. — С. 24–30.
53. **Ковернинский И. Н., Азаров В. И., Кулюкин Н. Н.** Технологические аспекты промышленного производства дисперсий димеровалкилкетенов для проклейки целлюлозных композиционных материалов в слабощелочной среде // Матер. 3-го междунар. симпозиума «Строение, свойства и качество древесины». — Петрозаводск, 2000. — С. 234–236.
54. **Тарасов С. М., Ковернинский И. Н.** Роль новых гидрофобизирующих материалов в производстве бумаги и картона / Науч. тр. МГУЛ. — М., 2002. — Вып. 319. — С. 83–88.
55. **Новое в технологии удержания, обезвоживания, формования бумаги и картона** / Ю. А. Крылатов, Н. И. Афанасьев, А. Ю. Крылатов, А. А. Дикунец // Целлюлоза. Бумага. Картон. — М., 2003. — № 7–8. — С. 26–30.
56. **Фляте Д. М.** Технология бумаги. — М.: Лесная пром-сть, 1988. — 440 с.
57. **Фляте Д. М.** Свойства бумаги. — Изд. 3-е. — М.: Лесная пром-сть, 1986. — 680 с.
58. **Лапин В. В., Данилова Д. А.** Каолин и оптические свойства бумаги. — М.: Лесная пром-сть, 1978. — 120 с.
59. **Лапин В. В.** Актуальные аспекты мокрой технологии: роль химических процессов // Сб. тр. ЦНИИБ. — М., 1988. — С. 4–14.
60. **Терентьев О. А.** Массоподача и равномерность бумажного полотна. — М.: Лесная пром-сть, 1984. — 264 с.
61. **Информационные материалы** фирмы «GL&V Pulp and Paper Group».
62. **Смолин А. С., Аксельрод Г. З.** Технология формования бумаги и картона. — М.: Лесная пром-сть, 1984. — 120 с.
63. **Комаров В. И.** Деформация и разрушение волокнистых целлюлозно-бумажных материалов. — Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. — 440 с.
64. **Кугушев И. Д., Слущкий А. Е.** Расчет обезвоживания в мокрой части бумагоделательных машин. — Л.: ЛТА, 1982. — 102 с.
65. **Сеточные части бумаго- и картоноделательных машин** / И. Д. Кугушев, О. А. Терентьев, Н. Н. Кокوشин, Ю. Н. Швецов. — СПб.: СПбГТУРП, 2000. — 98 с.
66. **Toward a unified theory of pressing** / DeCrossta E. F. // Pulp and Paper Canada. — 1982. — V. 83. — N 1. — P. 65–68.
67. **Busker L. H., Cronin D. C.** The relative importance of wet press variables in water removal // Pulp and Paper Canada. — 1984. — V. 85. — N 6. — P. 87–101.
68. **Springer A., Nabors L. A., Bhatia O.** The influence of fiber, sheets structural properties and chemical additives on wet pressing // TAPPI Journal. — 1991. — V. 74. — N 4. — P. 221–228.
69. **Пшибыш К.** Эффективность обезвоживания бумажного полотна в процессе прессования // Бумажная пром-сть. — 1991. — N 10. — С. 19.
70. **Penniman J. G.** Water retention value (WRV) — an old parameter takes on new significance // Paper Trade Journal. — 1981. — V. 30. — N 5. — P. 44.
71. **Laiwins G. V., Scallan A. M.** Removal of water from pulps by pressing. Part 1: Inter- and intra-wall water // TAPPI Journal. — 1994. — V. 77. — N 3. — P. 125–131.
72. **Walker K., Foulger M. F.** Press section performance // TAPPI Journal. — 1996. — V. 79. — N 11. — P. 125–128.
73. **Busker L. H.** Wet press water removal over a wide parameter range // Paper Technology and Industry. — 1980. — V. 20. — N 3. — P. 91–96, 109.
74. **Renard J.** Section presses. Evolution recente et development // Revue ATIP. — 1983. — V. 37. — N 4. — P. 38–45.
75. **Grant R.** Towards the more efficient press // PPI. — 1985. — N 3. — P. 38–41.
76. **Francik C. J., Busker L. H.** A laboratory study of the effects of sheet temperature on wet press dewatering // Journal of pulp and paper science. — 1986. — V. 12. — N 3. — P. J89–J94.
77. **Pierce W. C.** Effective water cooling systems extend roll covering performance // TAPPI Journal. — 1993. — V. 76. — N 10. — P. 198–200.
78. **Higashitani H.** Water removal mechanism of HTG roll // Japan Pulp and Paper. — 1974. — V. 12. — N 2. — P. 39–47.
79. **Liu Th.** Analyzing press section clothing for maximum machine performance // Paper Trade Journal. — 1979. — V. 163. — N 7. — P. 25–28, 36.
80. **Roussie O.** Réalisée avec des revêtements spéciaux, la presse a trous borgnes offer des avantages certains par rapport aux autres types de presses // Papier, Carton et Cellulose. — 1983. — N 3. — P. 36–39.
81. **Press á haute pression Overpress HL a la Cartiera Momo** // Papier, Carton et Cellulose. — 1985. — N 11. — P. 32.
82. **Rubenis D.** High-impulse pressing // TAPPI Journal. — 1984. — V. 67. — N 11. — P. 78–80.
83. **Beloit Extended Nip Press** // Pima. — 1981. — V. 63. — N 12. — P. 9–12.
84. **Smith K. E., Cody H. M.** Extended Nip Press operating at liner mills in U. S., Sweden, Japan // Pulp and Paper. — 1983. — N 10. — P. 114–117.
85. **Schuwert W.** «Pole position» for Voith Sulzer shoe presses // Twogether. — N 4. — P. 34–40.
86. **Haider P.** Web and tail transfer systems in board and packaging paper machines // Twogether. — N 4. — P. 41–48.
87. **Brendel B.** Die Hydro-Vario-Walse Kusters — ein neues wirkungsvolles werkzeug für den papiermacher // Papier. — 1988. — V. 42. — N 7. — S. 325–336.

88. Weiss H. G. Escher Wyss Nipco roll // *Appita*. — 1976. — V. 30. — N 1. — P. 73–77.
89. Stotz W. G. An analysis of energy-saving design factors in press section technology // *Paper Trade Journal*. — 1980. — N 9. — P. 47–53.
90. Hessler W. Wodurch wird die Qualität von Walzenbezügen beeinflusst? // *Wochenblatt für Papierfabrikation*. — 1975. — V. 103. — N 6. — S. 239–242.
91. Gudehus T. Polyurethan — Wolzenbezüge in der Papierindustrie // *Wochenblatt für Papierfabrikation*. — 1986. — N 18. — S. 746–751.
92. Лаптанович И. В. Современные покрытия валов бумагоделательных машин // *Целлюлоза. Бумага. Картон*. — М.: ВНИПИЭИлеспром. — 1984. — Вып. 5. — С. 1–13.
93. Moore R. R. Synthetic resin cover for granite roll substitutes // *Paper age*. — 1980. — N 11. — P. 14.
94. Юнгклаус Х. Семейство покрытий «Сера» // *Целлюлоза. Бумага. Картон*. — 2002. — № 7–8. — С. 32–35.
95. Lewyta J., Geoghegan P. Recent developments in paper machine clothing: wet felts // *TAPPI journal*. — 1987. — V. 70. — N 4. — P. 57–62.
96. Jackson G. W. Press felt characterization and sheet dewatering // *TAPPI Journal*. — 1989. — V. 72. — N 9. — P. 103–107.
97. Lasinsky E. D. Engineering the evolution: laminated press fabrics // *TAPPI Journal*. — 1997. — V. 80. — N 3. — P. 63–66.
98. Sweet D. F. A systems approach to felt conditioning // *TAPPI Journal*. — 1997. — V. 80. — N 7. — P. 103–108.
99. DeCrosta E. F., Bolton J. A. Suction pipe felt conditioning: Past and future. // *Pulp and Paper Canada*. — 1987. — V. 88. — N 4. — P. 72–76.
100. DeCrosta E. F. Air flow requirements for conditioning press felts at suction pipes // *TAPPI*. — 1980. — V. 63. — N 5. — P. 97–101.
101. Лыков А. В. Теория сушки. — М.: Энергия, 1968. — 470 с.
102. Жучков П. А. Тепловые процессы в целлюлозно-бумажном производстве. — М.: Лесная пром-сть, 1978. — 406 с.
103. Жучков П. А. Процессы сушки в целлюлозно-бумажном производстве. — М.: Лесная пром-сть, 1965. — 250 с.
104. Фляте Д. М. Свойства бумаги. — М.: Лесная пром-сть, 1976. — 648 с.
105. Бельский А. П. Проектирование и расчет теплообменных (сушильных) установок: Учеб. пособие. — Л.: ЛТА, 1992. — 115 с.
106. Справочник механика целлюлозно-бумажного предприятия. — М.: Лесная пром-сть, 1983. — 550 с.
107. Старец И. С. Подшипники качения в оборудовании целлюлозно-бумажного производства. — М.: Лесная пром-сть, 1985. — 308 с.
108. Справочник бумажника. Т. II. — М.: Лесная пром-сть, 1965. — 852 с.
109. Зингер Г. С. Разработка эффективных шаберов бумагоделательных машин: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. — Л.: ЛТИ ЦБП, 1986. — 218 с.
110. Жучков П. А., Саунин В. И. Тепловой и гидравлический режимы бумагоделательных и картоноделательных машин. — М.: Лесная пром-сть, 1972. — 152 с.
111. Чичаев В. А., Глезин М. Л., Екимова В. А. и др. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. Т. 2. Бумагоделательные машины. — М.: Лесная пром-сть, 1981. — 262 с.
112. Мовсесян В. Л., Гусев Е. К., Мурзич А. Ф., Сулов В. А. Теплообменные процессы и установки ЦВП: Учеб. пособие. — Л.: ЛТИ ЦВП, 1989. — 80 с.
113. Ершов Ю. Г., Санников В. А. Конденсатное хозяйство целлюлозно-бумажных предприятий. — М.: Лесная пром-сть, 1989. — 263 с.
114. Якадин И. Я. Конденсатное хозяйство промышленных предприятий. — М.: Энергия, 1973. — 229 с.
115. Нестеренко А. В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. — М.: Выш. школа, 1971. — 459 с.
116. Бельский А. П., Лотвинов М. Д. Вентиляция бумагоделательных машин. — М.: Лесная пром-сть. — 1990. — 215 с.
117. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. — М.: Энергия, 1977. — 342 с.
118. Бельский А. П., Мольво Л. В. Кондуктивно-конвективные сушильные установки: проблемы и расчет. — Минск: ИФЖ. — Т. 71. — № 6 (ноябрь–декабрь). — 1998. — С. 1000–1005.
119. Лыков А. В. Теоретические основы строительной теплофизики. — Минск: Изд-во АН БССР, 1961. — 519 с.
120. Красников В. В. Кондуктивная сушка. — М.: Энергия, 1978. — 50 с.
121. Бельский А. П., Лакомкин В. Ю., Мольво Л. В. КПД сушильной части бумагоделательной машины и способы экономии тепловой энергии // *Межвуз. сб. науч. тр. «Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на предприятиях и ТЭС»*. — СПб., 1999. — С. 74–86.
122. Лебедев П. Д. Расчет и проектирование сушильных установок. — М.; Л.: ГЭИ, 1963. — 317 с.
123. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. Т. 2. Бумагоделательные машины; Под ред. В. А. Чичаева. — М.: Лесная пром-сть, 1981. — 263 с.
124. Лыков А. В. Тепло- и массообмен в процессах сушки. — М.; Л.: ГЭИ, 1956. — 464 с.
125. Минаковский В. М., Царенко Н. В. Дизлектрическая сушка картона и бумаги // *Бумажная пром-сть*. — 1975. — № 7. — С. 20–21.
126. Горбушин В. А. Производство санитарно-бытовых видов бумаги. — М.: Лесная пром-сть, 1986. — 233 с.
127. Лебедев П. Д. Сушка инфракрасными лучами. — М.; Л.: Энергия, 1955. — 288 с.
128. Бельский А. П., Лакомкин В. Ю. и др. Применение ИК-излучателей в целлюлозно-бумажной промышленности // *Межвуз. сб. науч. тр. «Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на предприятиях и ТЭС»*. — СПб., 1997. — С. 35–46.
129. Эйдлин И. Я. Бумагоделательные и отделочные машины. — М.: Гослесбумиздат, 1962. — 687 с.
130. Ершов В. А., Ершов А. В., Гурьянов В. Е. Обслуживание бумагоделательных машин. — М.: Лесная пром-сть, 1984. — 161 с.
131. International Conference Voith Paper — Graphic Papers. September, 4–6, 2002. — Salzburg. Austria. — P. 23–42.
132. Семинар Metso Paper Inc. Современное оборудование и требования к технологическому процессу для производства мелованной бумаги высокого качества // *PAPFOR 2002*. — СПб., 20 ноября 2002 г.
133. Смирнов Ю. Н., Фейгин В. Б., Чичаев В. А. Оборудование для отделки и резки бумаги. — М.: Лесная пром-сть, 1986. — 197 с.
134. Семинар фирмы Kusters, Technology by Kusters. — СПб., 2002.
135. Семинар фирмы АО «Валмет буммашины» Финтехнология-87. — М., 21–28 октября 1987 г.

136. **Примаков С. Ф.** и др. Технология бумаги и картона: Учеб. пособие. — М.: Экология, 1996. — 304 с.

137. **Рябченко С. В.** Расчет материальных балансов производства бумаги и картона на ЭВМ ЕС-1020: Методич. указания. — Л.: ЛТИ ЦБП, 1988. — 20 с.

138. **Никитин Я. В., Поляков С. И.** Использование воды на целлюлозно-бумажных предприятиях. — М.: Лесная пром-сть, 1985. — 208 с.

139. **Заморуев Б. М.** Использование воды в целлюлозно-бумажном производстве. — М.: Лесная пром-сть, 1969. — 216 с.

140. **Зорин И. Ф., Григорьева Н. К., Никитин Я. В.** Создание технологических схем с оптимальным водооборотом // Целлюлоза. Бумага. Картон. — 1998. — № 9–10. — С. 44–46.

141. **Завод с минимальным сбросом стоков** // Сб. докл. семинара ТАРПИ. — Нью-Йорк, 1996 г.

2. ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ БУМАГИ И КАРТОНА

Обработка бумаги и картона проводится в целях направленного улучшения их потребительских свойств при сохранении важнейших функциональных свойств и областей применения.

Переработка бумаги и картона осуществляется в целях получения новых материалов с новым комплексом эксплуатационных свойств и самостоятельными областями применения.

В результате процессов обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона получают целлюлозные композиционные материалы (ЦКМ).

Композиционными называются материалы, состоящие из двух и более компонентов, каждый из которых представляет собой самостоятельную фазу и выполняет в материале свои самостоятельные функции. Природа взаимодействия между компонентами может быть различна, но нарушение связи между ними вызывает резкое изменение всех свойств материала, приводит к нарушению композиционной устойчивости и, как правило, к резкому изменению всех свойств материала и изделий из него.

Композиционные материалы состоят из следующих основных компонентов: армирующего, связующего, создающего непрерывную матрицу, наполнителя, специальных модифицирующих добавок.

Целлюлозные композиционные материалы (ЦКМ) — это материалы, которые получают путем сочетания целлюлозного компонента (целлюлозы, бумаги, картона) с природными, искусственными или синтетическими полимерами [1]. Целлюлозный компонент выполняет армирующие функции, причем армирующим элементом могут являться целлюлозные фибриллы, волокна или сформированные из фибрилл и волокон бумага и картон. Достоинствами целлюлозного компонента являются высокая прочность целлюлозных фибрилл, большая гидрофильность и впитывающая способность, отсутствие у целлюлозы термопластичности, практическая неисчерпаемость сырьевой базы благодаря постоянно происходящему в природе биосинтезу целлюлозы и способности легко подвергаться вторичной переработке, легкая биоразрушаемость использованных изделий.

Полимер, выполняющий роль связующего, устраняет недостатки целлюлозного компонента: увеличивает механические и эластические свойства, снижает падение прочности во влажном состоянии, придает специальные свойства и т. д.

В настоящее время большинство видов бумаги и картона представляет собой целлюлозные композиционные материалы, на долю которых приходится более половины общемирового производства бумаги и картона. Более

Таблица 2.1

Классификация процессов обработки и переработки

Процесс	Технология	Примеры технологических процессов		
		для целлюлозы	для бумаги	для картона
Обработка	Механическая	Распушивание сухой листовой целлюлозы (перед ацетилированием)	Крепирование, тиснение, каландрирование	Гофрирование
	Физико-химическая	Химическая модификация бумагообразующих волокон (частичное оксигетилирование)	Химическая модификация, нанесение покрытий, пропитка, металлизация, печать	Химическая модификация, нанесение полимерных покрытий, пропитка
Переработка	Механическая	—	Резка на формат (А4, А3), переработка в мешки, конверты, тетради, блокноты, гильзы, шпули	Переработка в ящики, коробки, комбиблоки
	Физико-химическая	Получение эфиров целлюлозы, порошковой целлюлозы	Получение пергамента, слоистых пластиков	—

600 видов производимых ЦКМ используются в различных отраслях экономики.

Технологию обработки и переработки бумаги и картона можно подразделить на механическую и физико-химическую (табл. 2.1). К механической технологии относятся процессы, в которых изменяются форма, внешний

вид или физические свойства материалов без изменения состава и надмолекулярной структуры материала. К физико-химической технологии относятся процессы коренного изменения состава, свойств структуры, т. е. внутреннего строения вещества, его надмолекулярной структуры.

2.1. МЕХАНИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ БУМАГИ И КАРТОНА

К механической технологии обработки бумаги и картона относятся процессы каландрирования, мягкого каландрирования, лощения, тиснения, крепирования и т. д. В результате этих процессов повышаются прочность, гладкость, лоск, появляется дополнительный художественный эффект и т. д. [2].

2.1.1. ОБРАБОТКА НА СУПЕРКАЛАНДРЕ

В процессе сушки в бумаге или картоне с покрытием возникают значительные усадочные напряжения, вызывающие усадку основы и покрытия. Это приводит к изменению геометрических размеров, появлению неровностей и шероховатости на покрытии.

Для придания поверхности гладкости, лоска, сомкнутости, а также выравнивания толщины бумагу или картон подвергают обработке на суперкаландре.

Полотно бумаги на суперкаландре обрабатывается между металлическим и эластичным валами. Эластичные валы под действием приложенной нагрузки сжимаются, при этом образуется площадь контакта и выделяется тепло, необходимое для выравнивания поверхности. При равных значениях линейных давлений ширина зоны контакта эластичного вала с бумагой в 4–5 раз больше, чем на машинном каландре, поэтому удельное давление в зазоре суперкаландра меньше в соответствующее число раз, а время воздействия больше. Эластичность вала позволяет воздействовать одновременно на рыхлые и плотные элементы структуры листа, не опасаясь чрезмерных локальных сжатий при больших значениях давления.

Суперкаландр состоит из массивной станины, в которой друг над другом расположе-

ны от 6 до 20 валов. Приблизительный диаметр валов каландра: нижнего опорного — 350...450, средних металлических — 200...250, бумажных 300...400 мм.

Для получения бумаги с одинаковой гладкостью обеих сторон посередине каландра устанавливаются два набивных вала, нижний и верхний металлические валы делаются большего диаметра и имеют бомбировки. Валы с бумажной набивкой для каландрирования тонкой мелованной и некоторых технических бумаг набиваются бумагой, содержащей волокна шерсти, а для каландрирования высокосортной мелованной бумаги — специальными сортами хлопка. Суперкаландр имеет раскат для установки рулонов каландрируемой бумаги, накат для наматывания бумаги и тормозное устройство для осуществления натяжения бумажного полотна. Суперкаландр приводится в движение от нижнего вала, а при большом числе валов — от третьего или пятого вала, соединенных с электродвигателем через редуктор. Заправочная скорость — 10...20 м/мин, рабочая скорость для отделки высококачественной бумаги большой массы — 100...400 м/мин, для отделки тонкой мелованной бумаги — до 1000...1500 м/мин [3].

2.1.2. ОБРАБОТКА НА МЯГКИХ КАЛАНДРАХ

Мягкий каландр устанавливают на бумагоделательной машине. Он служит для придания бумажному полотну отделки, сопоставимой с отделкой на суперкаландре. Наиболее важным преимуществом мягкого каландрирования является возможность компенсации неравномерной массы 1 м^2 бумаги. «Мяг-

кий» захват обеспечивает равномерную плотность бумажного полотна, в то время как «жесткий» обеспечивает равномерную толщину. Особенно хорошо мягкий захват работает в сочетании с повышенной температурой и влажностью. Горячее мягкое каландрирование снижает пылимость бумаги и лучше сохраняет механические свойства в сравнении с обычным каландрированием. Непрозрачность бумаги снижается всего на 0...1 %, а белизна на 0...5 %. При мягком каландрировании достигается высокая степень отделки поверхности бумажного полотна без существенного снижения его пухлости, что имеет особое значение при производстве газетной бумаги, печатных, мелованных видов бумаги и картона.

Для облицовки валов мягких каландров используют композиционный материал, состоящий из армирующих волокон и синтетических полимеров. Материал отличается высокой твердостью и высокой гладкостью поверхности. Он способен выдерживать давление до 47,5 МПа и температуру до 121 °С. Твердость валов — 75...95 ед. по Шору.

Ведущими производителями мягких каландров являются фирмы: «Voith» (Германия), «Metso» (Финляндия) и «Beloit» (США) [4]. Техническая характеристика мягких каландров, выпускаемых этими фирмами, приводилась выше, в п. 1.12.2.6 (см. табл. 1.123).

Фирма «Metso» разработала несколько видов мягких каландров:

OptiSoft — двухвальный, оба вала имеют мягкие покрытия; применяется для каландрирования бумаги с матовой поверхностью (мелованных);

OptiNit — двухвальный, один вал имеет мягкое покрытие, второй — жесткое с подогревом; каландрируется поверхность, прилегающая к твердому горячему валу (200...250 °С и выше); применяется в производстве бумаги и картона односторонней гладкости;

OptiGloss — четырехзахватный каландр заменяет два-три суперкаландра; применяется при производстве мелованных каландрированных видов бумаги; выпускается в двух видах: OptiGloss H с горизонтальным расположением валов и OptiGloss V с вертикальным расположением валов; обеспечивает бумаге лоск более 75 %.

Параметры процесса каландрирования: линейное давление более 350 кН/м; скорость более 1500 м/мин; температура поверхности более 200 °С. Твердость облицовки валов 75...95 ед. по Шору.

2.1.3. ЛОЩЕНИЕ БУМАГИ

Под лощением понимают обработку бумаги (картона) на фрикционном или лощильном каландре с целью придания поверхности бумаги (картона) высокого лоска¹.

Фрикционный каландр применяют при выработке бумаги и картона с особо высоким лоском (например, для цветных глянцевого вида бумаги). Если у обычного суперкаландра степень гладкости бумаги зависит в основном от линейного давления и лишь в небольшой степени от трения, то у фрикционного каландра этот фактор является определяющим. Валы фрикционного каландра вращаются с различной скоростью, вследствие чего между ними создается большое трение. Чем больше разность в скорости вращения валов, тем больше трение и тем выше гладкость и лоск бумаги. Степень гладкости бумаги в данном случае зависит в основном не от линейного давления, а от величины трения (фрикции) между валами. Фрикционные каландры могут быть двух-, трех- и четырехвальные.

При производстве некоторых видов бумаги и картона (например, мелованной бумаги), многослойного картона, для придания высокого лоска поверхности применяются лощильные каландры (рис. 2.1). Лощильный каландр состоит из хромированного цилиндра 1 с полированной поверхностью (диаметр цилиндра 1...4 м) и одного или двух при-

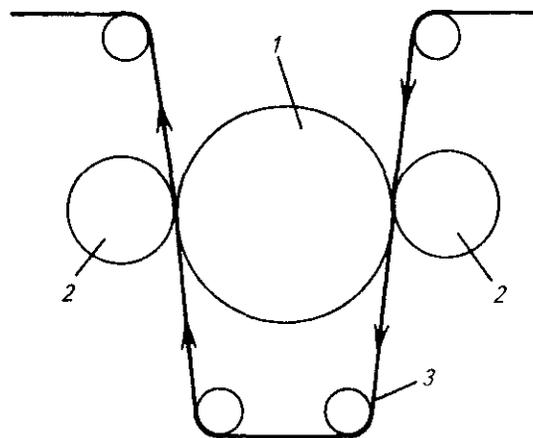


Рис. 2.1. Схема лощильного каландра:
1 — хромированный цилиндр; 2 — прижимные валы; 3 — бумаговедущий валик

¹ Процесс лощения на лощильном цилиндре подробно описан в п. 1.12.2.2.

жимных стальных валов меньшего диаметра 2. Прижимные валы позволяют регулировать давление в зазорах в зависимости от вида бумаги и картона с последующим сохранением постоянного давления по всей ширине цилиндра. Цилиндр и валы нагреваются до температуры 150...300 °С. Для покрытия прижимных валов используется полимерный материал, обеспечивающий упругую деформацию вала, что способствует плавному изменению давления в зазорах.

2.1.4 ТИСНЕНИЕ БУМАГИ

Тиснение — это способ обработки бумаги посредством нанесения на ее поверхность тисненого рисунка в виде сплошных углублений или штрихов для изменения ее фактуры. Тиснению подвергают обычно декоративные виды бумаги, а также обои. Это связано с тем, что цветные поверхности, имеющие хорошо видимую фактуру, лучше

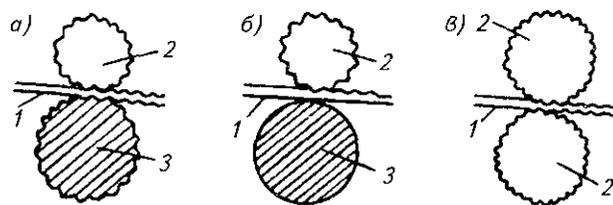


Рис. 2.2. Схема основных способов тиснения: а — сквозное; б — поверхностное; в — креповое;

1 — бумага, 2 — гравировальный стальной вал, 3 — набивной бумажный вал

воспринимаются человеческим глазом благодаря наличию цветных неровностей. В результате такой обработки как бы увеличивается насыщенность цвета фона и отпечатанного рисунка. Физическая сущность увеличения насыщенности цвета окрашенной поверхности бумаги за счет образования на ней мелких углублений основана на законах отражения и поглощения телом падающего на него света.

Существует три основных способа тиснения (рис. 2.2): сквозное, поверхностное (одностороннее) и креповое (двухстороннее).

2.2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ БУМАГИ И КАРТОНА

К физико-химической технологии обработки бумаги и картона относятся процессы нанесения покрытий, пропитки, склеивания, металлизации, печати и т. п. (технологии металлизации и печати описаны в ч. 2 настоящего тома).

При обработке бумаги и картона физико-химическими методами получают композиционные материалы, обладающие новой надмолекулярной структурой. Однако получение ЦКМ и сохранение армирующей роли целлюлозных фибрилл и волокон на всех стадиях перехода от древесины к бумаге, а затем — к целлюлозным композиционным материалам при получении бумаги, ее обработки и переработки возможно лишь благодаря направленному изменению физического (релаксационного) состояния полимеров. Лишь перевод аморфных областей целлюлозы в высокоэластическое состояние и неизменность ее кристаллических областей позволяет обеспечить межмолекулярное взаимодействие между целлюлозой и другими полимерными компонентами.

2.2.1 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В ПРОЦЕССЕ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ И ПРОПИТКИ БУМАГИ И КАРТОНА

На рис. 2.3, а, б представлена упрощенная схема процесса нанесения покрытия. На движущееся полотно бумаги наносится покровная композиция, представляющая собой многокомпонентную систему, состоящую из полимеров, пигментов, специальных технологических (модифицирующих) добавок.

Для того чтобы нанести на целлюлозный материал полимерное покрытие или пропитать его, покровная или пропитывающая композиция должна представлять собой вязкотекучую систему, для которой характерна способность к пластическим деформациям. Вязкотекучую систему можно получить за счет растворения, плавления полимеров или использования латексов или дисперсий.

Прочное сцепление с основой или композиционная устойчивость материала может быть обеспечена путем реализации различных видов адгезии:

механической адгезии за счет затекания в поры бумаги полимера, находящегося в вяз-

котекучем состоянии, с последующим его отверждением;

специфической адгезии за счет реализации процесса межмолекулярного взаимодействия между функциональными группами наносимого полимера и функциональными группами, находящимися на поверхности фибриллярных элементов бумажного листа (путем образования физических и водородных связей);

адгезии за счет сегментальной совместности макромолекул наносимого полимера и макромолекул полимерных компонентов бумажного листа.

Вопрос о том, какой вид адгезии будет реализован, связан с природой наносимого полимера, условиями нанесения, наличием предварительной обработки поверхности бумаги, осуществлением перевода полимерных компонентов бумаги из стеклообразного в высокоэластичное состояние (рис. 2.4).

При проведении процесса растекловывания (перевода полимера из стеклообразного состояния в высокоэластичное) начинаются колебательные движения не только атомов,

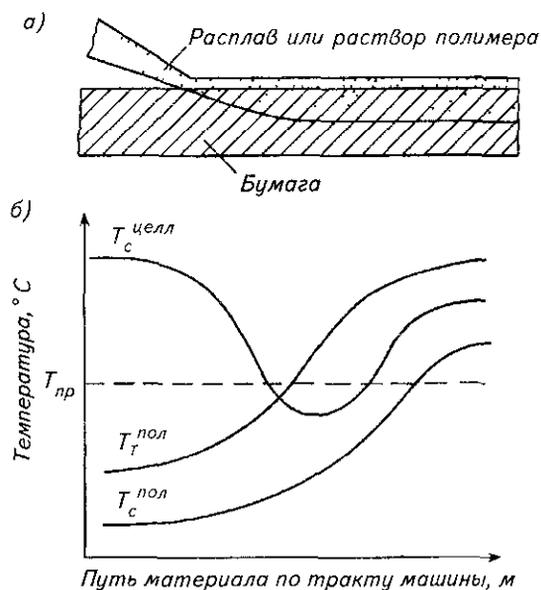


Рис. 2.3. Изменение физического (релаксационного) состояния целлюлозы и полимера при нанесении покрытия на бумагу: а — схема нанесения покрытия на бумагу; б — кривые изменения параметров физического состояния целлюлозы и полимера ($T_{целл}^c$ — температура стеклования целлюлозы; $T_{пол}^c$, $T_{пол}^c$ — температуры стеклования и текучести полимера соответственно; $T_{пр}$ — температура процесса (процесс условно рассматривается как изотермический))

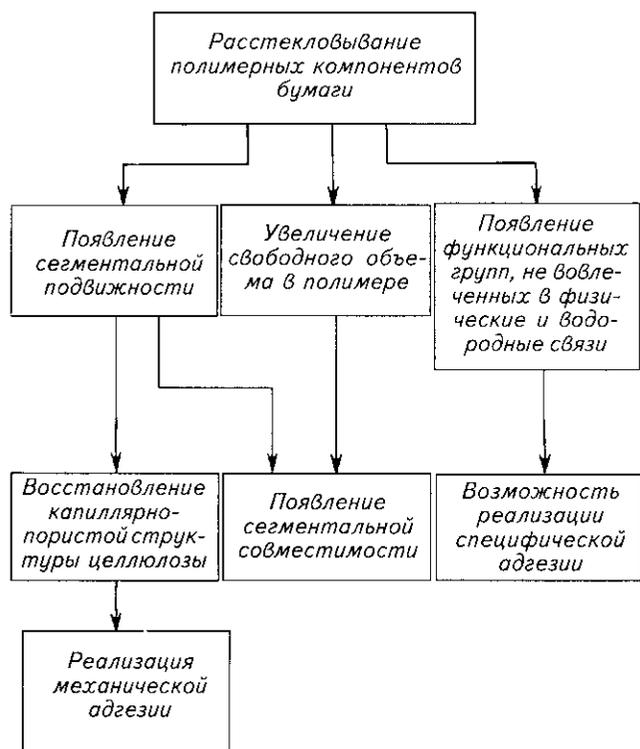


Рис. 2.4. Влияние перевода полимера из стеклообразного в высокоэластичное состояние на возможность реализации различных механизмов адгезии

но звеньев и сегментов. Повышается сегментальная подвижность, увеличивается свободный объем в полимере, появляются свободные функциональные группы, не вовлеченные в водородные и физические связи. Каждый из этих факторов оказывает влияние на реализацию того или иного механизма адгезии. Так, повышение сегментальной подвижности приводит к восстановлению капиллярно-пористой структуры целлюлозы. Благодаря раскрытию сети капилляров появляется возможность введения в них другого компонента за счет процессов течения по капиллярам. Реализуется механическая адгезия — затекание полимера, находящегося в вязкотекучем состоянии, в поры целлюлозы, бумаги и картона.

Увеличение свободного объема приводит к возможности проникновения наносимого полимера внутрь аморфных областей целлюлозы. Это создает предпосылки для реализации сегментальной совместимости — одного из наиболее эффективных путей обеспечения адгезии. Однако для реализации сегментальной совместимости необходимо не только наличие одного полимера в вязкотекучем, а другого в высокоэластичном состоянии, но и близость их химического строения, обуславливающая их совместимость.

Появление функциональных групп, не вовлеченных в физические и водородные связи, способствует межмолекулярному взаимодействию при формировании адгезионного шва. Реализуется специфическая адгезия за счет образования физических и водородных связей между свободными функциональными группами наносимого и бумагообразующих полимеров. При этом обязательным условием является не только наличие свободных групп, но и то, что они обладают определенным сродством друг к другу, т. е. способностью к проявлению достаточно выраженного межмолекулярного взаимодействия.

На практике могут быть реализованы различные пути перевода полимерных компонентов бумаги в высокоэластичное состояние. Изменение физического состояния полимера можно проследить на диаграмме состояний системы «полимер—растворитель» (рис. 2.5).

Анализ этой диаграммы для линейного аморфного полимера в области неограниченного смешения с низкомолекулярной жидкостью показывает, что перевод из стеклообразного в высокоэластичное, а затем в вязкотекучее состояние можно осуществлять как за счет его нагревания выше температуры стеклования (путь $A-B-C$), так и изо-

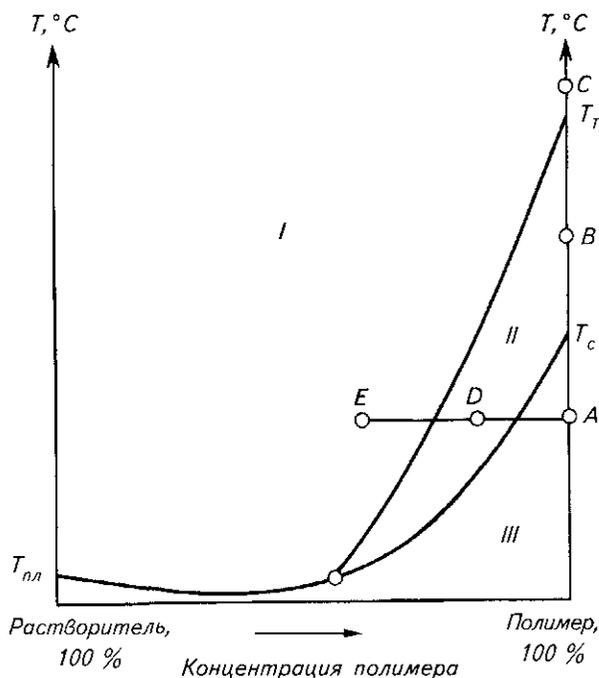


Рис. 2.5. Диаграмма физических состояний бинарной системы «полимер-растворитель» в области неограниченного смешения ($T_{пл}$ — температура плавления; T_c — температура стеклования; T_r — температура текучести): I — вязкотекучее; II — высокоэластичное; III — стеклообразное

термически, за счет повышения содержания низкомолекулярной жидкости (путь $A-D-E$). Это путь пластификации полимеров, неограниченно совмещающихся с пластификаторами.

Целлюлоза — кристаллизующийся полимер, имеющий четко выраженные кристаллические и аморфные области. Наличие аморфных областей позволяет говорить о температуре стеклования и релаксационных переходах в целлюлозе. Сухая целлюлоза при комнатной температуре находится в стеклообразном состоянии [1]. Температура стеклования целлюлозы составляет $220\text{ }^{\circ}\text{C}$, т. е. лежит несколько выше, чем температура начала ее термического разложения, поэтому релаксационные переходы для целлюлозы при нагревании, на первый взгляд, кажутся невозможными. Однако реакция термического разложения является типичной химической реакцией, скорость которой плавно увеличивается с температурой, в то время как при расстекловывании полимера происходит скачкообразное ускорение релаксационных процессов (в тысячи и десятки тысяч раз). Поэтому возможно кратковременное нагревание бумаги до температуры выше температуры стеклования целлюлозы, т. е. выше $220\text{ }^{\circ}\text{C}$, без существенной деструкции. Такое нагревание может осуществляться при горячем каландрировании бумаги (при температурах $240\text{...}260\text{ }^{\circ}\text{C}$), а также при нанесении на бумагу расплавов полимеров при высокой скорости движения бумажного полотна (путь $A-B$).

Под влиянием ряда жидких сред (воды, глицерина, уксусной кислоты) температура стеклования целлюлозы снижается весьма значительно (путь $A-D$), в частности в воде — ниже комнатной температуры (температура стеклования в воде составляет для нативной целлюлозы $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для гидратцеллюлозы $20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Таким образом, при комнатной температуре мокрая целлюлоза находится в высокоэластичном состоянии.

Расстекловывание целлюлозы под действием воды, уксусной кислоты и других низкомолекулярных жидкостей можно рассматривать как пластификацию полимера ограничено совмещающимся пластификатором. Пластификатор проникает лишь в аморфные области, доказательством чего является неизменность рентгенограммы целлюлозы. Полярные группы аморфных областей полимера сольватируются полярными группами пластификатора. Плотность и энергия межмолекулярного взаимодействия значительно

снижаются, соответственно снижается температура стеклования. Происходит замена межмолекулярных водородных связей на более слабые водородные связи между гидроксильными группами целлюлозы и воды или другой низкомолекулярной жидкости. Такая замена влечет за собой снижение межмолекулярного взаимодействия, увеличение сегментальной подвижности и свободного объема, т. е. перевод целлюлозы в высокоэластичное состояние.

При нанесении покрытия на бумагу или картон из суспензии, где полимер находится в виде раствора, латекса (дисперсии), перевод полимерных компонентов бумаги из стеклообразного состояния в высокоэластичное осуществляется за счет взаимодействия с низкомолекулярной жидкостью из жидкой фазы покровной композиции (путь $A-D$).

Температура стеклования гемиллюлозы намного ниже, чем целлюлозы, кроме того, их большая гидрофильность приводит к тому, что низкомолекулярные фракции в воде переходят не только в высокоэластичное (как у целлюлозы), но и в вязкотекучее состояние.

Природный лигнин в древесине имеет структуру трехмерной сетки. При получении волокнистых полуфабрикатов в результате процессов механодеструкции, хемодеструкции или их сочетания происходит разрушение трехмерной сетки нативного лигнина. Поэтому в волокнистых полуфабрикатах, особенно на их поверхности, находятся аморфные линейные продукты деструкции трехмерного нативного лигнина. Температура стеклования их в сухом виде составляет $130\text{...}190\text{ }^{\circ}\text{C}$, во влажном — $70\text{...}120\text{ }^{\circ}\text{C}$ (большой интервал в температурах объясняется большой полидисперсностью лигнина).

Расстекловывание полимерных компонентов бумаги приводит к одновременному ослаблению межфибриллярных и межволоконных связей в бумаге, к снижению ее физико-механических свойств и механической прочности. Поэтому при разработке технологии ЦКМ необходимо выбирать такие условия, при которых осуществляется лишь частичное расстекловывание полимерных компонентов бумаги, не приводящее к разрыву бумажного полотна, но достаточное для реализации того или иного механизма адгезии. Параметры технологического процесса должны обеспечивать поверхностное воздействие жидкой фазы на бумагу, а удаление жидкости должно происходить раньше, чем пропитается вся толща бумажного полотна.

2.2.2. ПОЛИМЕРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ БУМАГИ И КАРТОНА

Полимеры являются основным компонентом в покровных и пропитывающих композициях и могут выполнять роль пленкообразующих, связующих или клеящих веществ. Полимеры при обработке бумаги и картона применяются в виде растворов, дисперсий, латексов, эмульсий, расплавов, пленок, волокон, порошков, микрокапсул [5].

К *пленкообразующим* относятся полимеры, способные образовывать на поверхности бумаги или картона непрерывные, прочные, эластичные пленки, придающие ЦКМ защитные и барьерные свойства, такие как жиро-, газо-, воздухо-, водо-, паронепроницаемость, стойкость к атмосферным и химическим воздействиям, способность к склеиванию с целью герметизации упаковки.

К *связующим* относятся полимеры, которые вводят в состав композиции для связи частиц пигмента в сухом покровном слое и для обеспечения их прочного соединения с поверхностью бумаги или картона. Связующее обеспечивает необходимую вязкость и другие реологические свойства покровной суспензии, оказывает влияние на физико-механические, оптические и печатные свойства ЦКМ.

К *связующим* предъявляются следующие требования:

высокая клеящая способность к частицам пигмента;

высокая адгезионная способность к бумаге-основе;

оптимальное водоудержание — для предотвращения чрезмерного проникновения покровной суспензии в основу;

хорошая диспергирующая способность;

совместимость со всеми компонентами меловальной суспензии;

оптимальные вязкость и реологические свойства;

отсутствие пены;

устойчивость к механическим и температурным воздействиям;

светоустойчивость и сохранение высокой белизны;

биологическая устойчивость;

обеспечение высоких физико-механических, печатных и оптических свойств;

низкая цена.

Высокие требования, которые предъявляют к полимерам-связующим, легче обеспечить при использовании сочетания гидрофильных

и гидрофобных, натуральных и синтетических полимеров-связующих.

Ниже, по данным фирмы «BASF», приведены значения связующей способности различных полимеров по сравнению со связующей способностью казеина, которая условно принята равной единице:

Казеин	1,0
Крахмал	0,5...0,7
Карбоксиметилцеллюлоза	1,0...1,5
Поливиниловый спирт	1,2...2,0
Латексы	1,0...1,6
Синтетические связующие	1,0...1,5

К *клеящим, или адгезивам* относятся полимеры, которые используются для соединения двух или более однородных или разнородных материалов.

2.2.2.1. Водорастворимые полимеры [6]

Казеин (ГОСТ 17626–81) — один из традиционных полимеров, который используется в качестве связующего и клеящего вещества при производстве мелованной бумаги, обоев, декоративной бумаги. Однако в последнее время казеин используют все реже.

Казеин относится к фосфоропотеинам, химическая формула $C_{172}H_{274}N_{44}SPO_{55}$. Получают казеин из молока. Казеин набухает в воде, но растворяется только в сильнощелочной или сильнокислой среде. Обычно его растворяют в щелочной среде, добавляя 25%-ный раствор аммиака. Расход аммиака составляет 12...15 % от массы казеина, продолжительность растворения казеина при горячем (55...60 °С) способе составляет 30 мин, при холодном — 3 ч (при непрерывном перемешивании). Более длительный холодный способ позволяет получить раствор казеина менее гидролизованый, обладающий более высокой клеящей способностью.

Казеин обладает следующими достоинствами: высокой адгезионной способностью, хорошей пленкообразующей способностью, оказывает диспергирующее действие на пигменты, мало влияет на цвет пигмента в покрытии. Покрытия на его основе обладают прозрачностью, легко подвергаются шивке, отделке.

К недостаткам казеина следует отнести биологическую неустойчивость как в сухом виде, так и в растворе, неприятный запах, кроме того, растворы и суспензии легко вспениваются. Покрытие на его основе хрупкое, поэтому требуется введение пластификатора.

Костный клей (ГОСТ 2067–93), **желатин** (ГОСТ 11293–89) получают из обезжиренных костей животных (костный клей, желатин) или мездры (мездровый клей). Растворяются костный клей и желатин в горячей (50...60 °С) воде после предварительного набухания. Костный клей в настоящее время используется в качестве клеящего вещества (адгезива) при производстве гуммированной бумаги и клеевых лент. Технический желатин используется в качестве связующего при производстве бумаги-основы для фотобумаги.

Основными недостатками костного клея являются его повышенная биологическая неустойчивость, загнивание при влажности больше 16 % и температуре свыше 15 °С, склонность растворов к пенообразованию. Покрытия на его основе не прочные, очень хрупкие, при сушке возникают большие усадочные напряжения, приводящие к короблению бумаги.

Крахмал и его модификации (ГОСТ 10163–76) в настоящее время является одним из наиболее широко используемых полимеров как пленкообразующее при поверхностной проклейке бумаги для офсетной печати, офисной техники, как связующее при производстве пигментированной, мелованной бумаги, как клеящее вещество при производстве мешков, гофрокартона, коробок [7].

Крахмал представляет собой углевод, имеющийся в некоторых растениях. Природный крахмал получают из клубней картофеля, зерен пшеницы, кукурузы, риса, тапиоки в виде мелких гранул (зерен), различающихся по форме и размерам (табл. 2.2).

В состав зерен крахмала входят два полисахарида — амилоза и амилопектин с различной степенью полимеризации и характером связей элементарных звеньев. Полисахариды состоят из α -D-ангидроглюкопиранозных остатков [общая формула $(C_6H_{10}O_5)_n$].

Таблица 2.2
Характеристика гранул различных видов крахмала

Параметр	Вид крахмала				
	Картофельный	Кукурузный	Пшеничный	Тапиоковый	Ячменный
Вид сырья	Клубень	Зерно	Зерно	Клубень	Зерно
Диаметр гранулы, мкм	5...100	2...30	1...45	4...35	2...30
Температура клейстеризации, °С	56...59	62...64	52...64	60...72	58...63

Амилоза имеет линейные макромолекулы, содержащие 200...4000 остатков D-глюкозы, связанных между собой 1,4- α -глюкозидными связями, а в местах ветвления образуют 1,6-связи. Макромолекулы амилопектина сильно разветвлены, содержат 600...10 000 остатков глюкозы, связанных между собой 1,4- α -глюкозидными связями, а в местах ветвления образуют 1,6-связи. Амилоза и амилопектин отличаются друг от друга по своим физико-химическим свойствам, что обусловлено их различием в строении.

Крахмалы, полученные из различных видов природного сырья, имеют различное содержание амилозы и амилопектина. Основным компонентом является амилопектин, содержание которого достигает 83 % (табл. 2.3). В холодной воде природный крахмал не растворяется, образуя суспензии, склонные к осаждению. При нагревании водных суспензий крахмала ослабляются межмолекулярные связи, молекулы воды проникают между мицеллами, что приводит к изменению структуры крахмала.

При достижении температуры клейстеризации зерна начинают набухать, резко увеличиваются в размере и лопаются. Происходит клейстеризация, и крахмал переходит в золь. Клейстеризация различных видов крахмала зависит от химического состава и происходит при температуре 52...72 °С (см. табл. 2.2).

Крахмальный клейстер, полученный из немодифицированных крахмалов, имеет два ярко выраженных недостатка, ограничивающих его применение: сравнительно высокую вязкость при очень низкой концентрации и высокую термодинамическую неустойчивость. При понижении температуры происходит его ретроградация, проявляющаяся в частичной кристаллизации и агрегатировании

Таблица 2.3
Характеристика различных видов крахмала

Параметр	Вид крахмала			
	Картофельный	Кукурузный	Пшеничный	Тапиоковый
Содержание амилозы, %	21	28	28	17
Содержание амилопектина, %	79	72	72	83
Степень полимеризации амилозы	3000	800	800	3000
Степень полимеризации амилопектина ($\times 10^6$)	2	2	2	2

нии амилозной фракции и выпадении ее из раствора в виде мелкодисперсного гранулированного осадка. Результатом процесса ретроградации является постепенное помутнение раствора и увеличение вязкости. Если концентрация амилозной фракции высокая, то крахмальный клейстер превращается в непрозрачную гелеобразную массу. Ретроградация растворов крахмала вызывает ряд трудностей при поверхностной обработке и ухудшает связующие и пленкообразующие свойства крахмала.

Все эти недостатки устраняются в процессе модификации крахмала. Процессы модификации в зависимости от условий обработки сопровождаются окислением, деполимеризацией, этерификацией гидроксильных групп, а также частичным разрушением амилопектина с образованием амилозы. Это приводит к изменению химических и физических свойств крахмала, изменению реологических свойств, снижению вязкости и увеличению стабильности растворов, снижению склонности к ретроградации и др. Основными методами являются термическая и химическая модификации.

Термическая модификация в основном приводит к улучшению качества крахмальных растворов. Этот метод заключается в нагревании концентрированных суспензий крахмала до температуры, заведомо большей температуры клейстеризации (например, выше 100 °С), обеспечивающей практически полное диспергирование молекул крахмала в воде, а при температуре 120 °С удается получить растворы крахмала. После термической модификации значительно снижается скорость ретроградации, крахмал растворяется в холодной воде.

Химическая модификация улучшает многие характеристики крахмальных растворов и покрытий, получаемых на основе такого крахмала. Снижается вязкость, улучшаются реологические свойства и стабильность растворов, увеличиваются адгезионная способность крахмала и эластичность покрытия. Метод химической модификации основан на обработке крахмалов различными химическими реагентами. В зависимости от вида используемых химикатов получают несколько видов химически модифицированных крахмалов.

Оксидированный (окисленный) крахмал чаще всего получают с использованием гипохлоритов в качестве модифицирующих агентов. Степень окисления крахмала регулируется в зависимости от цели применения. Чем выше степень окисления крахмала, тем

меньше вязкость раствора, и наоборот. Высоковязкие растворы окисленного крахмала для поверхностной проклейки используются при концентрации 4...8 %, низковязкие — при концентрации 6...15 %. При окислении повышаются анионные свойства крахмала. Окисленный крахмал при нанесении на поверхность глубже проникает в толщу листа, чему способствует относительно небольшой размер молекул и их анионный характер. Это положительно сказывается на поверхностной и внутренней прочности бумажного листа.

Кислотно-модифицированный крахмал (декстрин) получается при обработке водной суспензии нативного крахмала в кислой среде при температуре ниже температуры клейстеризации, которая приводит к расщеплению цепи крахмала, преимущественно по связям 1–6, т. е. отщепляются удлиненные цепи амилопектина, вследствие чего доля линейной фракции возрастает с 25 до 35 %. Такой крахмал легче диспергируется в воде, клейстеризуется при более низкой температуре. Растворы имеют низкую вязкость, но склонны к ретроградации.

Катионный крахмал в последние годы получил широкое распространение. Его модификация заключается во введении в молекулу крахмала функциональных групп, несущих положительный заряд (например, четвертичный аммоний и фосфор, третичные amino-, сульфо- и другие группы). Введение групп в молекулу происходит в результате обменной реакции.

В водной среде четвертичные аммониевые группы несут положительный заряд, обуславливающий катионные свойства крахмалов. Третичные аммониевые группы снижают температуру клейстеризации крахмала, причем наблюдается прямо пропорциональная зависимость между содержанием групп и снижением температуры. Растворы крахмала имеют низкую вязкость, являются стабильными даже при низких значениях pH, не подвержены ретроградации. Объясняется это возникающими силами отталкивания между группами третичного аммония, которые полностью ионизированы при низких значениях pH. Катионный крахмал применяют для увеличения прочности бумаги, повышения удержания наполнителей, для поверхностной проклейки и в качестве связующего при меловании.

В табл. 2.4 и 2.5 приведены характеристики модифицированных крахмалов для обработки бумаги и картона фирм «Raisio» (Финляндия) и «Lysckeby» (Швеция).

Таблица 2.4

Характеристика крахмалов, применяемых для поверхностной проклейки и мелования фирмы «Raisio» (Финляндия)

Марка	Вид крахмала после модификации	Вязкость 20%-ного раствора при 80 °С, мПа·с (Брукфильд, 100 мин ⁻¹)
Raisamy! 304	Окисленный	180 ±20
» 310	»	360±40
» 800	Нативный, для термической конверсии	—
» 825	То же	—
» 850	»	—

Простые эфиры целлюлозы относятся к искусственным полимерам, обладают связующими, пленкообразующими и клеящими свойствами. Они широко применяются при поверхностной проклейке, в процессах мелования, при производстве обоев и т. д.

Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) [7] — продукт реакции щелочной целлюлозы с монохлоруксусной кислотой и метилцеллюлоза (МЦ) — продукт реакции щелочной целлюлозы с диметилсульфатом — нашли наибольшее применение в процессах обработки и переработки бумаги и картона.

Таблица 2.5

Характеристика модифицированных крахмалов фирмы «Lyskeby» (Швеция)

Марка	Вид крахмала после модификации	Степень замещения	Концентрация, %	Вязкость при 50 °С, мПа·с (Брукфильд, 100 мин ⁻¹)
Для поверхностной проклейки				
Perlsize K68P	Катионный	0,007	8	40
» K78	»	0,013	—	—
» K92	»	0,030	8	40
» K 95	»	0,018	5	80
» K96	»	0,018	8	70
» K98	»	0,018	8	40
» 158	Окисленный	—	20	70
» 170	»	—	20	100
» 180	»	—	8	100
Для мелования				
Perlcoat 1350	Катионный	—	35	50
» 158	Окисленный	—	20	70
» PAP158	»	—	20	70
» 170	»	—	20	110

К основным показателям, характеризующим простые эфиры целлюлозы, относят степень этерификации (или степень замещения) гидроксильных групп в элементарных ангидроглюкозных звеньях целлюлозы, степень полимеризации, растворимость в воде и чистоту. Хорошо растворимы в воде продукты со степенью этерификации 0,3...0,8. Показатель степени этерификации, например 0,5, следует понимать так, что у каждого второго элементарного звена этерифицирован один гидроксил. Для поверхностной проклейки применяются продукты, имеющие показатель 0,6...0,8.

Чистый продукт Na-КМЦ — это волокнистые или порошкообразные материалы белого цвета, хорошо растворимые в воде. Важнейшим их свойством является вязкость растворов, которая определяет технологичность применения этих материалов для поверхностной проклейки. Максимальная вязкость растворов наблюдается при значениях pH 6...9. Высокие значения вязкости Na-КМЦ в концентрированном растворе способствуют образованию жиронепроницаемых пленок, а растворы с низкой вязкостью применяют в целях снижения пыления и выщипывания. В табл. 2.6 представлены характеристики Na-КМЦ марки Finnfix (Финляндия).

Метилцеллюлоза (МЦ) в основном используется в качестве добавки для стабилизации и регулирования вязкости латексов и других компонентов покровных суспензий. Введение МЦ в меловальные суспензии позволяет обеспечить однородность и постоянство их качественных показателей. МЦ является защит-

Таблица 2.6

Свойства Na-КМЦ торговой марки Finnfix (Финляндия)

Марка	Содержание Na-КМЦ, %	Влажность, %	Степень замещения	Растворимость, %	Вязкость 2%-ного раствора при 20 °С, мПа·с (Брукфильд, 100 мин ⁻¹)
Для поверхностной проклейки					
Finnfix 150	98	7	0,60...0,65	95	80...140
» 300	98	7	0,60...0,65	94	160...260
Для поверхностной проклейки и легкого мелования					
Finnfix 10	98	7	0,60...0,65	98...99	14...18
Для мелования					
Finnfix 30	98	7	0,60...0,65	98...99	28...45

ным коллоидом и позволяет регулировать водоудержание меловальных суспензий.

КМЦ марки *Niklacell* фирмы «ОМУА» применяется в качестве добавки при меловании бумаги и картона. *Niklacell* обладает следующими качествами:

является хорошим регулятором вязкости в области высоких концентраций сухих веществ;

повышает удержание воды в меловальной пасте;

равномерно распределяет меловальную суспензию в течение всего процесса мелования;

сокращает миграцию связующего на бумаге-основе;

обладает превосходной фиксацией оптического отбеливателя.

Свойства *Niklacell* СН 10 F:

Форма	Белые, тонко измельченные гранулы
Содержание сухих веществ, %	92...95
Значение рН (1%-ный раствор)	9,5...10,5
Вязкость, 10%-ный раствор, мПа·с (Брукфильд, 100 мин ⁻¹)	1,5...2,5

Поливиниловый спирт (ПВС) (ГОСТ 10779-78) — синтетический полимер, который получают гидролизом поливинилацетата в присутствии щелочи. Лучшими пленкообразующими и клеящими свойствами обладает ПВС со степенью полимериза-

ции 60...90 и содержанием ПВА 20%. Растворяется ПВС в горячей воде при температуре 80...90 °С.

ПВС обладает хорошими пленкообразующими свойствами, образует при поверхностной обработке бумаги прозрачные, прочные, эластичные пленки с высоким сопротивлением разрыву. Покрытия на основе ПВС бактериостойкие, масло-, жиро- и газонепроницаемые [7]. Обладая высокой адгезионной способностью, ПВС является хорошим связующим при производстве мелованных бумаг, улучшает гладкость, эластичность и печатные свойства бумаги. Характеристика ПВС зарубежных марок приведена в табл. 2.7.

Полиакриламид (ПАА) широко используется в производстве бумаги для повышения прочности и удержания наполнителей. Получают ПАА сополимеризацией акриламида и акриловой кислоты. ПАА хорошо растворим в воде при температуре 75...80 °С. Наличие в ПАА двух функциональных групп обуславливает его высокую ценность в качестве проклеивающего материала для поверхностной обработки бумаги.

2.2.2.2. Латексы

Латексы — это коллоидные водные дисперсии полимеров с диаметром частиц 50...300 нм, стабилизированные, содержащие гидратирующие группы поверхностно-активных веществ [7, 8].

Состоят латексы из дисперсной фазы, которая представляет собой большое число макромолекул полимера: от нескольких десятков до нескольких сотен и более в зависимости от размера глобул, дисперсионной среды — воды и от 10 до 20 специальных компонентов-добавок. Добавками могут быть стабилизаторы, эмульгаторы, пеногасители, красители, антиоксиданты, пластификаторы, наполнители и т. д.

Размер частиц дисперсной фазы — основное свойство коллоидной системы — определяет такие свойства латекса, как реологические, оптические и многие другие. Диаметр частиц большинства синтетических латексов в зависимости от их технологии обычно составляет от 30...40 до 200...300 нм. Для искусственных латексов максимальный размер частиц достигает 500 нм, а в натуральном латексе встречаются частицы диаметром 10³ нм и более.

Таблица 2.7
Характеристика ПВС зарубежных марок

Название и фирма-производитель	Марка	Степень гидролиза	Вязкость 4%-ного раствора при 20 °С, мПа·с (Брукфильд, мин ⁻¹)
Elvanol («DuPont»)	HV	99,0...99,8	55...65
	H-30	99,0...99,8	28...32
	90-50	99,0...99,8	13...15
	T-25	99,0...99,8	25...31
	85-82	98,0...99,8	25...31
	T-66	98,0...99,8	13...15
Chang Chun («ОМУА»)	75-15	98,0...99,8	13...15
	BF-17H	99,4...99,8	25...30
	BF-24	98,5...99,2	58...68
	BF-20	98,5...99,4	35...43
	BF-17	98,5...99,2	25...30
	BF-14	98,5...99,2	13...16
	BF-05	98,5...99,2	5...6
	BF-20W	95,5...96,5	37...43
BP-24	86,0...89,0	44...50	
BP-05	86,0...89,0	5...6	

Содержимое твердого вещества в товарном продукте в современных латексах составляет 25...70 %, вязкость — 500...1000 мПа·с, плотность — 1 кг/дм³, если латекс не содержит наполнителей. Срок хранения — от нескольких недель до нескольких месяцев в зависимости от добавок и наполнителей. Латексы чувствительны к низким температурам и их надо предохранять от замерзания.

Классифицируют латексы в зависимости от их происхождения: натуральные, синтетические, искусственные и модифицированные.

Натуральный латекс представляет собой млечный сок каучуконосного растения бразильской гевеи. Каучук, находящийся в латексе, представляет собой 1,4-цис-полиизопрен. Содержание его достигает 30...40 %.

Синтетические латексы (ГОСТ 24920–81) получают методом эмульсионной полимеризации. Синтетические латексы являются основным и самым многочисленным классом. Их классифицируют по химическому составу полимера или исходных мономеров. В соответствии с этим признаком синтетические латексы подразделяют на бутадиен-стирольные, карбоксилсодержащие, бутадиен-нитрильные, акрилатные, винилацетатные (ГОСТ 18992–80), на основе винил- и винилиденхлоридов, на основе фторированных мономеров и т. д.

Латексы на основе *бутадиен стирола* — это синтетические латексы, которые получают методом эмульсионной полимеризации. Основным параметром, определяющим пленкообразующие свойства, — соотношение звеньев стирола и бутадиена в составе сополимера. С увеличением содержания стирольных звеньев повышаются температура стеклования сополимера и его жесткость. При содержании 30...50 % стирольных звеньев — это типичный эластомер, при содержании 65 % стирольных звеньев сополимер обладает заметным удлинением и пленкообразующими свойствами, при содержании 85 % звеньев — это типичная смола, образующая порошок при высыхании латекса. В ЦБП в основном используются карбоксилированные бутадиен-стирольные латексы с содержанием стирола 65...75 %. В качестве примера в табл. 2.8 приведены свойства карбоксилированных бутадиен-стирольных латексов фирмы «Akzo Nobel-Eka Polymer Latex».

Латексы на основе *акрилатов* — это целый ряд синтетических латексов, которые получают методом эмульсионной полимеризации сополимеров акрилатов, метакрилатов и

Таблица 2.8
Характеристика карбоксилированных бутадиен-стирольных латексов

Марка	Концентрация, %	Значение pH	Вязкость, мПа·с (Брукфильд, 100 мин ⁻¹)	Температура стеклования, С
Baystal P5100	50,0	6,7	240	-6
» P6200	50,0	6,5	100	+10
» P7100	50,0	6,7	250	+12
» P7105	50,0	7,0	100	+16
» P7110	50,0	6,5	150	+18
» P7200	50,0	6,8	200	+16
» P8100	50,0	6,7	250	+24

винилацетата (ДММА-65ГП, ГОСТ 13522–78), акрилонитрила, метилового, этилового или бутилового акрилата. Полиакрилаты — это низкомолекулярные эластомеры, полиметакрилаты — типичные стекла с высокой прочностью и практически нулевым удлинением.

Сополимеризацией этил- или бутилакрилата с метилмет- или метилакрилатом можно получить продукты с промежуточными свойствами, которые используются в основном как связующие и пленкообразующие и дают прочные эластичные покрытия с хорошими барьерными свойствами, такими как водостойкость, жаростойкость, стойкость к растворителям. Главные их преимущества — высокая стойкость к световому и окислительному старению, высокая адгезия, блеск поверхности покрытия.

Латексы на основе *сополимеров винилацетата* — это синтетические латексы, которые традиционно называют поливинилацетатные дисперсии. Их в основном используют как связующие и пленкообразующие в покровных и пропитывающих композициях и как клеящие вещества.

Каждый из перечисленных синтетических латексов отличается соотношением звеньев мономеров. Например, в бутадиен-стирольных латексах соотношение мономеров бутадиен : стирол при синтезе может изменяться от 90 : 10 (низкостирольные латексы) до 10 : 90 (высокостирольные латексы); в бутадиен-нитрильных латексах соотношение мономеров бутадиен : нитрил акриловой кислоты обычно изменяется от 90 : 10 до 60 : 40.

Искусственные латексы представляют собой латексы на основе каучуков (СКС-65ГП, ГОСТ 10564–75; СКС-50ГПС, ГОСТ 14053–78; СКС-30, ГОСТ 23492–83Е). Их получают диспергированием в воде предварительно син-

тезированных полимеров в присутствии поверхностно-активных веществ (эмульгаторов) с последующей отгонкой из эмульсии растворителя и концентрированием полученной дисперсии. Размер частиц в искусственных латексах больше, чем в синтетических.

Модифицированные латексы — это латексы, подвергнутые химической модификации, например, вулканизированные латексы, галогенированные и гидрогалогенированные, латексно-смоляные композиции.

В процессах обработки и переработки бумаги и картона используют также и другие латексы на основе сополимеров полиолефинов и метакриловой кислоты, бутилкаучука и т. д.

В последние годы во всем мире ведется интенсивная разработка латексов на основе натуральных полимеров. Биополимерные латексы дают покрытия с худшими пленкообразующими и барьерными свойствами, однако основным достоинством является их полная биоразлагаемость.

В процессах обработки и переработки бумаги и картона чаще всего используют синтетические латексы на основе полиакрилатов, полиметакрилатов, полистирола, полибутиadiens, поливинилацетата, полиолефинов и их сополимеров, реже — искусственные латексы на основе бутилкаучука, сополимера этилена с пропиленом и т. д. Латексы используются как пленкообразующие, связующие и клеящие вещества.

Как пленкообразующие латексы используются при производстве бумаги и картона для упаковки, для производства ЦКМ декоративного назначения и т. д. Как связующие латексы используют при производстве мелованной бумаги и картона, для грунтования обоев. Введение латексов в меловальные суспензии позволяет увеличить содержание сухого остатка до 70 %, при этом сохраняются необходимые реологические свойства, низкая вязкость и высокая текучесть суспензии, что позволяет наносить ее на современных установках.

Синтетические полимеры, на основе которых изготавливают латексы, термопластичны, поэтому в процессе сушки и горячего каландрирования происходит растекание покровного слоя и покрытие получается сомкнутым, гладким, с высоким лоском, хорошо воспринимающим печатные краски, и столь эластичным, что отпадает надобность в пластификаторах. Введение латекса уменьшает пыльность и придает покрытию водостойкость.

К недостаткам латексов следует отнести пенистость, запахи. При введении пигментов

и механическом воздействии могут нарушаться адсорбционные слои эмульгатора на поверхности глобул полимера, и тогда система может коагулировать. Поэтому перед введением латекса в покровную суспензию для его стабилизации необходимо добавить защитный коллоид, в качестве которого выступают водорастворимые полимеры.

2.2.2.3. Дисперсии полимеров для поверхностной проклейки бумаги и картона

Поверхностная проклейка — это обработка на клеильном прессе бумаги-основы с целью создания оптимальной впитывающей способности к различным жидкостям (воде, чернилам, печатной краске, тонерам, маслам, жирам). Кроме того, поверхностная проклейка улучшает структурно-механические, печатные и оптические свойства.

Традиционно при производстве бумаги или картона используют проклеивающие композиции на основе водорастворимых полимеров — чаще всего окисленного катионного крахмала или карбоксиметилцеллюлозы. Однако при использовании современных методов цифровой печати у такой бумаги или картона наблюдаются плохое качество печати и повышенная пыльность. Это связано с тем, что сформированная на поверхности бумажного полотна пленка из водорастворимых полимеров в процессе сушки начинает сжиматься в ХУ-направлении. Поскольку крахмал и карбоксиметилцеллюлоза являются жесткоцепными полимерами, в полимерной сетке возникают значительные усадочные напряжения, приводящие к появлению микротрещин, по которым при печати происходит расплывание краски, чернил и проникновение их в толщу листа.

В настоящее время при разработке композиционных составов для поверхностной проклейки используют систему на основе смеси гидрофильных и гидрофобных полимеров. В качестве гидрофильного полимера чаще всего выступают различные модификации крахмала, в качестве гидрофобного полимера — сополимеры стирола с акрилатом, полиуретаны и т. д. в виде дисперсий [9].

Дисперсии состоят из гидрофобного полимерного ядра — сферических частиц синтетических полимеров (размер частиц 70...200 нм) и защитного коллоида. В процессе поверх-

Таблица 2.9

Характеристика дисперсий *Jetsize* фирмы «Akzo Nobel-Eka Chemicals»

Марка	Химический состав	Содержание сухого вещества, %	Вязкость, мПа·с (Брукфильд, 100 мин ⁻¹)	Значение pH	Заряд
Jetsize AE-75	Сополимер стирола с акрилатом	34±1	200	3,0...5,0	Анионный
» AE-76	То же	36±1	100	3,0...5,0	»
» SE-420	»	25±1	50	2,5...4,5	Катионный
» SE-141	»	35±1	200	2,0...3,0	»
» AP-1626	Полиуретан	15±1	15...50	7,5...9,0	Анионный
» CP-116	»	15±0,5	15...30	3,5...4,5	Катионный

ностной проклейки капиллярно-пористая структура бумаги заполняется, а поверхность покрывается смесью крахмала и дисперсии синтетического полимера. В процессе сушки на волокнах целлюлозы и наполнителя формируется пленка, имеющая структуру взаимопроникающей полимерной сетки (ВПС). Такая структура состоит из гидрофильной крахмальной матрицы с гидрофобными полимерными частицами, равномерно распределенными в ней. Температура сушки бумаги значительно превышает температуру стеклования синтетических полимеров, поэтому, когда в крахмальной матрице начинают возникать усадочные напряжения, синтетические полимеры, сохраняя свою пластичность, придают эластичность крахмально-полимерной пленке и снимают возникающие усадочные напряжения, предотвращая тем самым появление микротрещин.

В качестве примера в табл. 2.9 приведена характеристика некоторых марок дисперсий *Jetsize* фирмы «Akzo Nobel-Eka Chemicals», используемых для поверхностной проклейки бумаги и картона.

Представленные в табл. 2.9 продукты могут использоваться в чистом виде или в сочетании с крахмалом для нанесения на непроклеенную или проклеенную в массе бумагу или картон.

Таблица 2.10

Область применения синтетических дисперсий для поверхностной проклейки

Вид бумаги или картона	Использование для поверхностной проклейки, %
Офисная бумага	50
Мелованная бумага и картон	20
Картон из вторичного волокна для упаковки	15
Carbonless copy	8
Специальные виды бумаги	7

Дисперсия *Jetsize* в сочетании с крахмалом дает синергический эффект. Совместное добавление данных продуктов повышает проклейку, печатные свойства бумаги и стабильность самого клеевого раствора. *Jetsize* AE-76 стабилен в широком диапазоне значений pH. Данный синтетический клей совместим с анионными веществами, такими как оптические отбеливатели и красители, карбоксиметилцеллюлоза. *Jetsize* AE-76 может добавляться в систему короткой циркуляции клеильного пресса порционно или непрерывно.

Использование дисперсий приводит к увеличению прочности покрытия, снижению пылимости, улучшает печатные свойства, качество струйной печати, увеличивает адгезию тонера при печати на лазерном принтере.

Дисперсии имеют широкие области применения (табл. 2.10).

2.2.2.4. Кремнийорганические полимеры

Кремнийорганические полимеры — это элементоорганические полимеры, содержащие кремний. В процессах обработки и переработки бумаги и картона используются полимеры, для которых характерна кремнийкислородная (силоксановая) связь. Они относятся к группе полиорганосилоксанов, называемых также силиконами, для которых характерна формула $\text{SiR}_2\text{—O—SiR}_2$. Силоксановые связи придают покрытию твердость, а углеродные группы полимеров способствуют образованию эластичного покрытия.

Силиконы растворяются в алифатических, ароматических и галогенопроизводных углеводородах, кетонах и эфирах. Силиконы химически устойчивы: Si—O—Si-связи разрушаются только концентрированными щелочами и кислотами.

Используют полиметилсилоксаны (ГОСТ 13031–77) при производстве силиконизированной бумаги для упаковки, антиадгезионной бумаги для упаковки липких материалов (пластырей, липких этикеток).

Силиконы характеризуются хорошей способностью к пленкообразованию, физиологической безвредностью, водо- и озоноустойчивостью, повышенной термостойкостью и антиадгезионными свойствами, т. е. неприлипаемостью к липким материалам. Это свойство силиконов объясняется тем, что атомы кислорода ориентируются к поверхности бумаги, образуя водородные мостики с гидроксильными группами целлюлозы, а в поверхностных слоях покрытия сосредоточиваются метильные группы.

Силиконовые покрытия наносятся из растворов (в толуоле, ксилоле) или из водных дисперсий. В состав покрытия входят отвердители и катализаторы.

2.2.2.5. Термопластичные полимеры

Термопластичными называют полимеры, которые при нагревании переходят из стеклообразного состояния в вязкотекучее, приобретая способность к пластическим (необратимым) деформациям. При охлаждении наблюдается обратная картина: происходит отверждение полимера — переход из вязкотекучего в стеклообразное состояние. При повторном нагреве и охлаждении процесс повторяется. Температура текучести термопластичных полимеров значительно ниже температуры разложения.

Термопластичные полимеры используются в виде расплавов, в основном как пленкообразующие при производстве бумаги и картона для упаковки, моющихся обоев, декоративных ЦКМ и как клеящие вещества в композиции клея-расплава.

В качестве термопластичных полимеров используют: полиолефины — полиэтилен и полипропилен, поливинилхлорид, полиэтилентерефталат, парафин, церезин, сополимеры — этиленвинилацетат, этиленбутилакрилат, этиленметилакрилат и др.

Полиэтилен — это термопластичный полимер белого цвета, выпускается в виде гранул. Получают полиэтилен полимеризацией этилена двумя способами:

- 1) при высоком давлении (ГОСТ 16337–77Е);
- 2) при низком давлении в присутствии катализаторов (ГОСТ 16338–85Е).

Для экструзионного нанесения покрытия чаще всего используется полиэтилен, получаемый при высоком давлении. Он имеет линейную структуру с небольшим количеством боковых ответвлений (20...50 на 1000 атомов углерода). Полиэтилен высокого давления характеризуется низкой плотностью (0,915...0,932 г/см³), степенью кристалличности от 40 до 60 %, небольшой, по сравнению с полиэтиленом низкого давления, молекулярной массой (18 000...35 000) и невысокой температурой плавления (108...112 °С). В табл. 2.11 приведена характеристика полиэтилена низкой плотности, получаемого при высоком давлении.

Полиэтилен низкой плотности образует прочные, эластичные даже при низких температурах, пленки и покрытия, которые легко и прочно склеиваются при температуре 110...140 °С). Пленки не имеют вкуса и запаха, отличаются хорошими диэлектрическими свойствами, высокой паро- и водонепроницаемостью, но пропускают углекислый газ и кислород. Полиэтилен обладает высокой стойкостью в отношении щелочей любых концентраций, органических растворителей и кислот.

К недостаткам полиэтилена низкой плотности можно отнести малую теплостойкость (+80 °С), не позволяющую использовать его при стерилизации продуктов, низкую адгезию к бумаге и картону. Под влиянием тепла, ультрафиолетовых лучей и кислорода воздуха происходит старение полиэтилена, при этом ухудшаются его механические свойства и уменьшается прозрачность пленки.

Полиэтилен низкой плотности применяется как пленкообразующее при производстве упаковочных видов бумаги и картона для жидкостей, пищевых и гигроскопических материалов (например, для изделий бытовой химии, замороженных продуктов, пищевых

Таблица 2.11
Характеристика полиэтилена низкой плотности

Вид	Основные свойства			
	Индекс расплава*, г/10 мин	Плотность, г/см ³	Температура плавления, °С	Температура размягчения, °С
А — твердый	4,0...5,0	0,920...0,925	108...112	92...95
В — мягкий	7,0...8,5	0,917...0,919	106...108	86...90
С — очень мягкий	12,0...15,0	0,915...0,918	104...106	80...85

* Индекс расплава — это количество граммов термопластичного полимера, вытекающего при 190 °С в течение 10 мин.

концентратов, молока, фруктов и овощей, меликаментов).

При полимеризации этилена при низком давлении в присутствии катализаторов получается полиэтилен высокой плотности — $0,96 \text{ г/м}^3$, имеющий неразветвленные полимерные цепи, со степенью кристалличности 80%. Такой полиэтилен не имеет широкого применения в процессах обработки и переработки бумаги и картона, так как высокая плотность затрудняет процесс экструдирования. Он используется в смеси с полиэтиленом низкой плотности в противоскручивающем слое полиэтиленированной фотобумаги и при производстве упаковки, требующей высокой стойкости к ударам.

Полипропилен (ГОСТ 26996–86) имеет сложную структуру с пространственным расположением метильных групп, большой молекулярной массой (80 000...20 000) и меньшей плотностью ($0,90...0,91 \text{ г/м}^3$). В зависимости от пространственного расположения метильных групп различают изотактический, атактический и синдиотактический полипропилен. Для нанесения покрытия экструзионным методом желательнее использовать изотактический полимер, у которого все метильные группы находятся на одной стороне полимерной цепи. Современные технологии позволяют получать в процессе полимеризации полипропилена до 94...98% изотактических макромолекул.

Полипропилен имеет ряд преимуществ перед полиэтиленом: у него более высокая термостойкость (температура плавления 160...170 °C), большие значения твердости, прочности и растяжимости, масло- и жиростойкости, значительно меньшие значения паро- и газопроницаемости. Полипропилен химически более устойчив и образует покрытие более прозрачное и с большим лоском.

К недостаткам полипропилена можно отнести меньшую морозостойкость и легкую окисляемость. Недостатки полипропилена в значительной степени устраняются при добавке к нему 5...10% полиэтилена.

Полипропиленовое покрытие наносится на бумагу и картон для упаковки продуктов и медицинских материалов, подвергающихся термической обработке.

Поливинилхлорид выпускается в виде белого аморфного порошка плотностью $1,4 \text{ г/см}^3$, отличается повышенной прочностью, высокой влагонепроницаемостью для воздуха, некоторых газов, водяных паров, масел и жиров. Основным недостатком является то, что при температуре выше 100 °C

поливинилхлорид разлагается с выделением хлористого водорода, а при температуре -10 °C становится хрупким.

Покрытия на основе поливинилхлорида применяются в основном как пленкообразующее при производстве бумаги для упаковки гигроскопичных материалов и продуктов, не требующих газообмена при хранении, и для производства влагонепроницаемых обоев.

Парафин представляет собой смесь насыщенных углеводородов ($\text{C}_{19}\text{H}_{40}—\text{C}_{35}\text{H}_{72}$) с молекулярной массой 300...600. Температура плавления парафина 50...54 °C. Парафин растворим в бензине, бензоле, скипидаре, но используется обычно в виде водных дисперсий или расплавов, характеризующихся низкой вязкостью. Характерной формой кристаллов парафина является игольчатая или пластинчатая. При быстром охлаждении образуется покрытие с мелкокристаллической структурой, которое со временем стареет, кристаллы укрупняются и выкрашиваются при перегибах.

Парафин применяется как пленкообразующее при производстве парафинированных упаковочных видов бумаги, отличающихся высокой водо-, газо- и паронепроницаемостью, повышенным блеском. Большим преимуществом парафиновых покрытий является способность легко подвергаться термосклеивке.

Основной недостаток парафина — его кристаллы довольно крупные и малоэластичные, со слабой адгезией к бумаге и картону. В результате покрытие получается с малым сопротивлением к истиранию и изгибу. При низких температурах парафиновое покрытие становится хрупким. В большой степени недостатки, свойственные парафиновому покрытию, уменьшаются при введении в его состав микрокристаллических восков — церезинов.

Церезины, или микрокристаллические воски, имеют сложный химический состав ($\text{C}_{37}\text{H}_{76}—\text{C}_{53}\text{H}_{108}$) из молекул разветвленного строения с наличием кольцевых структур; молекулярная масса их колеблется от 400 до 1000. Добавление церезина (5...30%) к парафину способствует образованию покрытия с микрокристаллической структурой. Церезин повышает эластичность покрытия, уменьшает усадку, усиливает способность к термическому склеиванию, но снижает твердость покрытия и увеличивает вязкость расплава.

Парафин и церезин применяются также как клеящие вещества в виде добавок к клеям-расплавам.

Сополимеры на основе этилена (этиленвинилацетат, этиленбутилакрилат, этиленметил-

акрилат), винилхлорида с винилацетатом (ГОСТ 12099-75) получили широкое распространение, так как имеют значительные преимущества по сравнению с полиэтиленом. Их используют при производстве эластичной упаковки — они образуют очень эластичные пленки и покрытия, с высокой адгезией к бумаге и картону, легко подвергаются термосвариванию.

2.2.3. ПИГМЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ БУМАГИ И КАРТОНА

Пигменты — это мелкодисперсные, нерастворимые неорганические или органические вещества (ГОСТ 19487-74). Они являются одним из основных компонентов покровного слоя при производстве мелованных видов бумаги и картона, декоративной бумаги, обоев и специальных видов бумаги [10-12].

Основное назначение пигментов — улучшать оптические и печатные свойства, а также внешний вид бумаги и картона. Кроме того, они придают продукции специальные свойства, например токопроводимость (металлические пигменты, сажа). По назначению пигменты подразделяются на белые, цветные, люминесцентные, металлические, слюдяные, силикатные, синтетические, по происхождению — на естественные и искусственные.

Естественные пигменты производят из мягких горных пород или их вторичных отложений путем измельчения, размола с последующей очисткой от песка и посторонних включений и фракционированием частиц по размерам сухим или мокрым способом в классификаторах различных типов. Искусственные пигменты чаще всего получают в результате химического осаждения, сжигания, плавления или возгонки.

К пигментам предъявляются следующие требования:

высокая степень белизны, так как именно она определяет белизну продукции;

красочная интенсивность, или красочная насыщенность, — способность пигмента при смешивании с другими пигментами влиять на цвет покрытия;

высокое значение коэффициента преломления света, обуславливающего кроющую способность (укрывистость) состава, т. е. способность придавать основе непрозрачность; чем больше разница показателей преломления света между пигментом и связующим и

чем больше пигмент поглощает света, тем выше укрывистость состава;

оптимальный размер частиц пигмента, который определяется толщиной покровного слоя; размер частиц оказывает влияние на укрывистость, лоск и матовость покрытия; для получения максимальной непрозрачности оптимальным является размер частиц 0,2...0,3 мкм, соответствующий половине длины волны видимого света; расслаивание суспензии и скорость оседания пигментов, вязкость, химическое и физическое взаимодействие со связующими веществами определяется размером частиц;

определенная форма частиц пигмента, так как она оказывает влияние на структуру покрытия, причем слой получается более равномерным, если в композиции используется несколько пигментов, отличающихся формой;

низкая активность адсорбционных процессов на границе «пигмент—связующее»; если пигменты обладают повышенной поверхностной активностью, они в большей степени гидратируются, их поверхность модифицируется ионами или ПАВ из жидкой фазы и требуется повышенное количество связующих веществ;

низкая абразивность.

Основные свойства пигментов, используемых в целлюлозно-бумажной промышленности, приведены в табл. 2.12.

Каолин (ГОСТ 19285-73). Основным компонентом каолина является каолинит, кристаллы которого представляют собой пластинки гексагональной формы с диаметром около 2 мкм и отношением диаметра к толщине от 10:1 до 10:3. По химическому составу очищенный каолин представляет собой комплексную алюмокремниевую кислоту состава $AlO_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ и содержит 39,6 % оксида алюминия, 46,5 % оксида кремния и 13,9 % гидратной воды.

Каолин образуется из горных пород — гранита и полевого шпата в результате выветривания и разрушения их водой. Имеются месторождения так называемых первичных (на месте залегания материнской породы) и вторичных каолинов, т. е. образовавшихся в результате разрушения горных пород, взмучивания водой и отложения на новом месте.

На технологические свойства каолинов оказывают влияние их генезис и технология обогащения. На месте добычи каолина имеются обогатительные фабрики, где сырцовый каолин подвергают отмучиванию, очищают от песка и прочих загрязнений, обезвоживают и сушат.

Таблица 2.12

Основные свойства пигментов, используемых в целлюлозно-бумажной промышленности

Пигмент	Плотность, г/см ³	Коэффициент преломления	Белизна, % ISO	Жесткость по Моссу, мг	Средний размер частиц, мкм
Каолин	2,58	1,56	80...90	1,0...3,0	1,0...2,0
Карбонат кальция (мел, GCC)	2,80	1,56	84...97	1,0...3,0	0,7...2,0
Карбонат кальция осажденный (PCC)	2,70	1,59	96...99	3,0...4,0	0,1...1,0
Тальк	2,72	1,57	85...90	1,0...1,5	0,3...5,0
Диоксид титана:					
анатаз	3,90	2,55	98...99	5,0...6,0	0,2...0,5
рутил	4,20	2,70	97...98	6,0	0,2...0,5
Кальцинированный каолин	2,69	1,56	93	1,0...3,0	0,5...1,0
Сульфат бария	4,30	1,64	98	3,0...3,5	0,5...1,0
Натуральный гипс	2,30	1,52	93...97	2,0	2,0...10,0
Обожженный гипс	2,30	1,58	95...98	2,0	1,0...5,0
Гидроксид алюминия	2,40	1,57	98...99	2,0...3,0	0,2...2,0
Синтетический силикат кальция	2,10	1,47	95	2,0...2,5	0,03
Полимерные пигменты	0,60...1,0	1,59	93...94	—	0,0...1,0

Технический каолин имеет сложный химический состав: диоксид кремния — 45...74 %, содержание алюминия колеблется от 16 до 40 %, что связано с изменением кристаллической структуры. Содержание железа, титана, магния, кальция, натрия, калия, фосфора, серы, ванадия, хрома и других элементов редко превышает 2 %. Несмотря на небольшое количество этих примесей, они оказывают большое влияние на свойства каолина. Присутствие соединений железа определяет оттенок и белизну, титана — повышение кроющей способности каолина и белизну.

Гранулометрический состав каолина различных месторождений неодинаков. Размер частиц колеблется обычно от 0,1 до 40,0 мкм. Преобладающие фракции каолина содержат частицы размером 0,5...1,0 мкм.

Белизна лучших сортов каолина может достигать 94,5%. Отечественный каолин отличается высоким содержанием тонкодисперсных фракций, мягкостью, легкостью диспергирования, белизна его составляет 84–87 %.

Каолин обладает поверхностной активностью, так как содержит ионы, адсорбированные частицами каолина, а также соли, смешанные с ними, которые могут взаимодействовать с ионами окружающей среды. Поверхностная активность каолина обуславливается также наличием на поверхности частиц каолина свободных связей, образовавшихся в результате химического или механического разрушения исходного каолина. Каолин

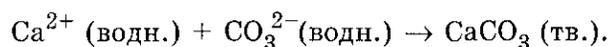
с большой реакционной способностью дает высоковязкие суспензии и прочно удерживает связующее в покровном слое, препятствуя его проникновению в основу. Это делает покрытие очень плотным, монолитным.

Кальцинированный каолин получают в результате обжига каолина при температуре 550...1100 °С. Он обладает высокой пористостью, белизной.

Кальцинированный каолин HUBERTEX™, представленный на российском рынке фирмой «ОМУА», имеет следующие свойства:

Вид	Сухой, суспензия
Белизна, % ISO	92,0...93,5
Остаток на сетке-325 (max), %	0,01
Значение pH (28%-ной концентрации)	5,5...7,0
Влажность сухого, %	1,0
Концентрация суспензии, %	50...52

Карбонат кальция. Карбонат кальция — это средняя соль оксида кальция и угольной кислоты, образующаяся по реакции:



В целлюлозно-бумажной промышленности применяются различные виды карбоната кальция: природный карбонат кальция [13], который получают путем дробления мрамора, известняка или мела, и синтетический химически осажденный карбонат кальция, получаемый путем химической переработки известняка или мела [14].

Природный карбонат кальция распространен по всему миру и относится к известково-карбонатным породам. Его содержание в земной коре составляет около 2 %. Основное его происхождение — это окаменелости, образовавшиеся из раковин и скелетов животных, переносимых течениями, и откладывающиеся в океанских лагунах. Многократные циклы растворения и осаждения, рекристаллизации в условиях колебаний температуры и давления в широком диапазоне привели к образованию трех основных форм карбоната кальция — мела, известняка и мрамора. Породообразующим минералом у всех трех разновидностей карбоната кальция является кальцит (известковый шпат) — CaCO_3 тригональной структуры с ромбоэдрической формой частиц. Различают три разновидности пород карбоната кальция [15].

Мел — это слабо уплотненный минерал осадочной породы, переходной формы от органических известняков к известнякам химического происхождения. По своему внешнему виду и физическим свойствам мел легко отличается от других разновидностей известняка. Содержание CaCO_3 в меле достигает 95 %. Его возраст — примерно 80...110 млн лет.

Известняк — это более уплотненный минерал осадочной породы. Его возраст — примерно 110...150 млн лет. Большинство известняков образовалось в результате отложения кальциевых солей, карбонизованных раствором в воде диоксидом углерода. Имеются два основных химических типа известняка, определяемых как кальцит (95 % карбоната кальция) и доломит (30 % карбоната магния и 70 % карбоната кальция).

Мрамор — это плотно сцементированный перекристаллизовавшийся мел или известняк, сформированный под воздействием высоких давлений и температур. Его возраст — примерно 300...500 млн лет.

Важнейшими техническими свойствами природного карбоната кальция, на которых основывается его использование в целлюлозно-бумажной промышленности, являются: белый цвет, показатель преломления, удельный вес, небольшая твердость, природная дисперсность, форма частиц, легкая диспергируемость, малая гигроскопичность, слабая растворимость в воде, способность гидрофобизироваться, относительно небольшая маслосмолемкость, высокая химическая чистота и химическая устойчивость в нейтральной и щелочной средах. Получают природный карбонат кальция путем дробления и размола мела, известняка или мрамора. Наибо-

лее простым способом получения молотого карбоната кальция является сухой размол.

Карбонат кальция сухого размола по химическому составу не отличается от исходного комового карбоната кальция. В нем остаются все загрязняющие примеси, в частности, глина и песок. Гранулометрический состав его недостаточно равномерен, процент крупных частиц слишком высок. Наиболее эффективным способом получения качественного карбоната кальция в настоящее время является мокрый размол. Исходное сырье подвергают предварительному мокрому размолу с последующим отмучиванием или флотацией.

В России производят природный карбонат кальция на основе мела. Однако пигменты на основе мела имеют низкую белизну. В бумажной промышленности стран Европы используют природный карбонат кальция на основе мрамора.

Одним из ведущих производителей карбоната кальция является фирма «ОМУА». В настоящее время эта фирма производит пигменты на основе мрамора с белизной от 93 до 97 % и различной степенью помола. Среди его основных преимуществ можно назвать следующие: высокая белизна, обеспечение высоких оптических и печатных свойств мелованной продукции, хорошие реологические свойства суспензий, которые позволяют составлять на его основе композиции для нанесения покрытий с высоким содержанием сухих веществ. Кроме того, карбонат кальция на основе мрамора не снижает эффективность работы оптического отбеливателя. Характеристика лучших сортов карбонатных наполнителей и пигментов была приведена выше, в п. 1.6.1 (табл. 1.62).

Химически осажденный карбонат кальция (ГОСТ 8253-79) имеет частицы более чистые и химически активные, чем частицы природного карбоната, с более высокой белизной. Они характеризуются одинаковым размером и морфологией. Чтобы получить необходимые размеры и технические характеристики осадка, необходимо контролировать весь комплекс параметров, сопровождающих реакции, включая температуру, концентрацию растворов и скорость перемешивания. Контроль условий осаждения позволяет получать ромбоэдрический кальций, чешуйчатый кальций, орторомбический кальций или их смеси с заданным размером частиц.

Получение осажденного карбоната кальция основано на обменной реакции растворимых солей кальция и углекислых солей

Таблица 2.13

Характеристика различных видов карбоната кальция

Показатель	Синтетический (PCC)			Природный (GCC)	
	Ромбоэдрический (PCC-r)	Чешуйчатый (PCC-s)	Орторомбический (PCC-a)	Тонкого размола (FGL)	Ультратонкого размола (UFGL)
Коэффициент преломления	1,58	1,58	1,63	1,58	1,58
Удельный вес, г/см ³	2,71	2,71	2,92	2,71	2,71
Белизна, % ISO	99	99	99	95	95
Удельная поверхность, м ² /г	2...10	7...25	9...13	5...7	10...12
Абразивность, мг	3...6	3...5	4...8	8	4
Распределение частиц по размерам:					
> 5 мкм, %	—	2	3	20	3
< 2 мкм, %	50...99	45...80	75	70	90
среднее значение, мкм	0,5...2,0	1,0...3,0	0,5...1,0	2,0	0,8

натрия, калия или аммония или же на процессе сатурации гидрата оксида кальция углекислым газом. Процесс получения осажденного карбоната кальция независимо от последующих стадий включает базовые ступени обжига известняка и получение известкового молока.

В табл. 2.13 представлена характеристика различных видов карбоната кальция.

Тальк. Сведения о химическом составе, физико-химических свойствах и основных месторождениях талька были приведены выше, в п. 1.6.1. Там же указывалось, что тальк химически инертен, в воде нерастворим и отличается повышенной гидрофобностью, поэтому его трудно диспергировать. Процесс диспергирования проводят в специальной диспергирующей установке с использованием большого количества диспергатора. Однако добавка до 30 % талька в каолиновый состав не вызывает затруднений при диспергировании.

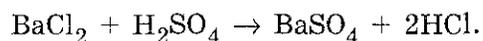
Как самостоятельный пигмент тальк применяется редко, обычно он используется для улучшения свойств продукции, предназначенной для глубокой и офсетной печати. Тальк добавляют к другим пигментам, прежде всего к каолину, для повышения гладкости покрытия при каландрировании, для регулиро-

вания впитываемости печатной краски, при этом поверхностная прочность покрытия повышается. Влияние талька на свойства бумаги и картона показано в табл. 2.14.

Добавление 40 частей талька уменьшает коэффициент трения бумаги с 0,38 до 0,32, что позволяет увеличить плотность намотки рулонов и уменьшить слипаемость листов мелованной бумаги.

При производстве бумаги для офсетной печати тальк позволяет получить матовую или полуматовую поверхность, что особенно важно в бумаге для рисования. Тальк помогает уменьшить абразивность поверхности бумаги и уменьшает тенденцию краски к выщипыванию.

Сернокислый барий (бланфикс). В процессах обработки бумаги и картона используют искусственный сернокислый барий — продукт бланфикс. Его получают осаждением бариевой соли серной кислотой:



Осадок BaSO_4 после отделения от него водного раствора соляной кислоты промывают, затем сгущают на фильтр-прессах и в виде пасты влажностью 35...40 % используют в производстве.

Бланфикс имеет высокую степень белизны — 98...99 %, повышенный коэффициент преломления, обладает высокой степенью дисперсности, однородностью гранулометрического состава, химической стойкостью.

В связи с этим он используется при производстве мелованной продукции, предназначенной для высокохудожественной печати, при производстве баритованной основы фотобумаги. Бланфикс придает покрытию не-

Таблица 2.14
Влияние талька на свойства бумаги и картона

Свойство	Влияние
Гладкость	Увеличивает
Коэффициент трения	Снижает
Лоск покрытия	»
Истирание краски	»
Белизна	Снижает незначительно

прозрачность, мягкость, повышенную сомкнутость и плотность, способствует высокой степени отделки.

Титановые пигменты (ГОСТ 9808–84). Титановые пигменты получают из титановых руд, рутила (TiO_2) и ильменита ($6\text{TiO}_3 \cdot \text{Fe} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$). Основу титановых пигментов составляет диоксид титана, который в чистом виде в природе не встречается. Из трех кристаллических модификаций, свойственных диоксиду титана, в качестве пигментов используют две — анатаз и рутил.

Как в рутиле, так и в анатазе каждый атом титана находится в центре октаэдра и окружен шестью атомами кислорода. Различие заключается в пространственном расположении октаэдров. В анатазе на один октаэдр приходится четыре общих ребра, в рутиле — два, т. е. элементарная ячейка анатаза состоит из четырех молекул TiO_2 , а рутила — из двух. Вследствие более плотной упаковки ионов в кристалле рутила увеличивается их взаимное притяжение, снижается фотохимическая активность, увеличиваются твердость и показатель преломления. Поэтому рутил отличается большей плотностью и большим значением коэффициента преломления, но имеет желтоватый оттенок. Средний размер частиц титановых наполнителей около 0,3 мкм. Значение коэффициента преломления света для различных титановых пигментов колеблется в пределах 2,55...2,70. Более подробные сведения о свойствах рутила и анатаза см. в табл. 1.60 (п. 1.6.1).

Диоксид титана получают двумя методами: хлоридным и сульфатным.

При хлоридном методе диоксид титана получают из рутила, превращая его в суспензию и подвергая ее в горячем состоянии коллоидному осаждению путем конденсации и окисления паров хлористого титана или способом варки в кислом или щелочном растворе. При сульфатном методе диоксид титана получают из ильменита, обрабатывая его для отделения железа (в виде сульфата) серной кислотой. Оставшиеся в растворе соединения подвергают гидролизу, при этом диоксид титана выпадает в осадок.

Титановые пигменты применяются в качестве пигмента благодаря их свойствам придавать материалу необычайно высокую непрозрачность и белизну; кроме того, они придают покрытию «бархатистость», повышают его водонепроницаемость, улучшают гладкость, лоск и печатные свойства. Титановые пигменты мало гидратируются и требуют небольшого количества связующих.

Цинковые пигменты. Цинковые пигменты в настоящее время используют в основном в качестве добавки к каолину при производстве мелованной бумаги, когда необходимо получить непрозрачное покрытие высокой степени белизны или при производстве специальных видов бумаги. К цинковым пигментам относятся оксид цинка и сульфид цинка. Их свойства приведены выше, в табл. 1.60 (п. 1.6.1).

Оксид цинка находит применение в производстве обоев, декоративных видов бумаги и электрофотографической бумаги в качестве фотополупроводникового материала. Недостатком оксида цинка является его растворимость в разбавленных кислотах.

Сульфид цинка обладает люминесцентными свойствами и поэтому используется при производстве декоративных видов бумаги.

Гидроксид алюминия. Гидроксид алюминия получают из боксита мокрым способом. Руду измельчают в шаровых мельницах, затем нагревают в растворе каустической соды (при температуре 200 °С и давлении 2,0 МПа). Гидроксид алюминия растворяется, а остальные компоненты боксита остаются нерастворенными и осаждаются в виде «красного шлама». Затем гидроксид алюминия осаждают и сушат.

Гидроксид алюминия имеет высокую степень белизны — 98...99 %, обеспечивает высокую непрозрачность, не снижает эффективность работы оптических отбеливателей, обладает высокой степенью дисперсности, однородностью гранулометрического состава, химической стойкостью. Его можно использовать как средство огнезащиты в бумагах и картоне (не содержит галогенов, не токсичен, почти без запаха). Имеет частицы пластинчатой формы, которые располагаются параллельно поверх бумаги, образуя прочное монолитное покрытие с высокой гладкостью. Каландрирование усиливает этот эффект.

Полимерные пигменты. Полимерные пигменты находят применение в производстве тонких видов бумаги с покрытием. Они представляют собой водные дисперсии полимеров (например, полистирола с размером частиц 0,5 мкм).

При нанесении равных по толщине покрытий масса покрытия с полимером составляет 7 г/м² (масса бумаги-основы должна быть не менее 45 г/м²), а с каолином — 15 г/м² (масса бумаги-основы не менее 53 г/м²).

Полимерный пигмент неабразивен и инертен; бумага с этим покрытием вследствие его термопластичности легко каландрируется

при пониженном давлении, при этом лоск повышается на 10 %.

Цветные пигменты. Цветные пигменты применяются при изготовлении декоративных видов бумаги и обоев [16]. По химическому составу они являются неорганическими, органическими или металлоорганическими соединениями.

Неорганические пигменты, в свою очередь, подразделяются на природные и синтетические.

Природные железоксидные пигменты (мумие, железный сурик, охры, сиены и др.) получают в результате механической обработки минералов и пород, окраска которых обусловлена присутствием в них оксидов железа. Разные сочетания этих оксидов и наличие примесей обуславливают разнообразие цвета этих пигментов.

Природные неорганические пигменты не растворимы в щелочах и слабой кислоте, отличаются высокой тепло- и светостойкостью, однако уступают синтетическим пигментам в отношении яркости тона и укрывистости.

Синтетические неорганические цветные пигменты — это главным образом пигменты на основе оксидов железа, кадмия и хрома. К ним относятся также берлинская лазурь — гексациано-феррат железа с хорошей светостойкостью, но высокой чувствительностью к щелочам, а также ультрамарин — микрокристаллический серосодержащий силикат натрия-аммония, имеющий хорошую светостойкость. Они находят широкое применение при изготовлении бумаги-основы декоративного слоя облицовочных материалов, обоев, декоративных бумаг. Наиболее широкое применение находят пигменты на основе оксидов железа. Их неяркие тона позволяют воспроизводить цвет фона различных древесных пород при крашении бумаги-основы.

Железоксидами называют пигменты, окраска которых обусловлена присутствием в них одного из оксидов железа. Почти все соединения железа окрашены: при наличии в них катиона Fe^{2+} , являющегося очень слабым хромофором, — в светлый зеленовато-желтый цвет, а при наличии катиона Fe^{3+} сильного хромофора — в буро-красный или желто-бурый цвет. Совместное присутствие ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} вызывает синее или черно-синее окрашивание.

Получают синтетические железоксидные пигменты из солей железа осаждением и прокаливанием, а из металлического железа — окислением.

Органические цветные пигменты представляют собой нерастворимые в воде высо-

кодисперсные окрашенные вещества, являющиеся соединениями различных классов. По химическому строению делятся на несколько групп: азоксипигменты, фталоцианиновые и полициклические пигменты.

Азоксипигменты являются самым многочисленным классом среди органических пигментов. В промышленности выпускаются главным образом желтые, оранжевые и красные моно- и диазоксипигменты с использованием в качестве азосоставляющих ариламинов 2-, 3-оксинафтойной и ацетоуксусной кислот и пиразолонов. Диазосоставляющими являются ароматические амины, содержащие, как правило, один или более заместителей в ядре (хлор, алкильные, метоксильные, нитрогруппы).

Фталоцианиновые пигменты отличаются универсальностью применения, высокой интенсивностью, яркостью, чистотой тона, высокой свето- и термостойкостью, прочностью к химическим реагентам и относительной дешевизной. Практическое значение имеют три основные группы этих красителей: 1) голубые на основе фталоцианина меди; 2) зеленовато-голубые на основе фталоцианина без металла; 3) зеленые на основе полигалодфталоцианина меди. Высокая стойкость и прочность фталоцианиновых пигментов объясняются симметричным строением молекул фталоцианинов.

К группе полициклических пигментов относятся:

1) диоксазиновые пигменты, наибольшее применение из которых находит пигмент фиолетовый, получаемый из хлоранила и 3-аминоэтилкарбозола; обладают высокой светопрочностью и исключительно высокой красящей способностью;

2) пигменты хинакридинового ряда — от розового до фиолетового тонов, обладающие высокими свето- и термостойкостью, миграционной устойчивостью, большой красящей силой и яркостью;

3) нитрозоксипигменты, в группу которых входит пигмент зеленый, представляющий собой железную комплексную соль нитрозобета-нафтола, не обладающий ярким оттенком, но имеющий хорошую устойчивость к свету, миграции и щелочам;

4) пигмент черный, получаемый окислением анилина, обладающий хорошей свето- и термостойкостью, а также миграционной устойчивостью; в ряде случаев с его помощью можно получать более глубокие черные тона, чем при использовании сажи.

Органические цветные пигменты выпускаются в промышленности в виде стабильных водных паст, представляющих собой дисперги-

рованные смеси пигментов и вспомогательных веществ с содержанием пигмента не менее 10...12 %, или высокодисперсных порошков.

Укрывистость органических пигментов повышается от желтых к красным, зеленым и синим и составляет 25...35 г/м² для желтых, 10...15 г/м² для красных, зеленых, синих. Органические цветные пигменты отличаются исключительным разнообразием цвета и оттенков, ярким и насыщенным цветом, очень высокой интенсивностью. Наибольшее применение нашли пигменты: алый 2СВ, желтый светопрозрачный 2ЗВ, голубой фталоцианиновый В, ярко-красный 4ЖВ, бордо ЖВ.

Люминесцентные пигменты. Люминесцентные пигменты обладают фотолюминесцентными свойствами, т. е. способны светиться после их облучения светом. Они подразделяются на флюоресцентные и фосфоресцентные: первые излучают видимый свет только во время воздействия возбуждающего источника, вторые — и после того, как источник света удален, причем период их свечения составляет от 2 до 25 ч.

Материалом для производства этих пигментов служат химически чистые сульфиды стронция и кальция (фосфоресцирующие пигменты с длинным периодом свечения) или сульфиды цинка и кадмия.

Люминесцентные пигменты находят применение для производства специальных картографических бумаг, декоративных циферблатов и др.

Металлические пигменты. Металлические пигменты представляют собой металлические порошки (пудру) с диаметром частиц от 1 до 5 мкм и толщиной 0,2...0,5 мкм. Они получают путем тонкого измельчения и полировки меди, серебра, алюминия, сплавов цинка и меди, а также путем распыления расплавленного металла. Для предохранения пудр от окисления и слипания к ним добавляют стеараты, парафин, стеариновую кислоту в количестве до 2 %.

Металлические пигменты характеризуются высокой стойкостью, укрывистостью, большой отражательной способностью и электропроводностью. Металлическое покрытие непроницаемо для ультрафиолетовых лучей и влаги, поэтому оно защищает связующее от разрушения, обеспечивая высокую прочность и сохранность покрытия во времени.

Металлические пигменты находят применение в производстве обоев, декоративных и упаковочных видов бумаги, этикеточной бумаги.

Слюдавые пигменты. Слюда — это водяные алюмосиликаты щелочных и щелочно-

земельных металлов с частичным их замещением на железо, хром и другие элементы. Применяют слюду в производстве обоев, декоративных бумаг, рубероида, электроизоляционных материалов.

Синтетические силикатные пигменты. Синтетические силикатные пигменты представляют собой осажденный пигментный натрийсодержащий алюминиевый силикат: $\text{Na}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13,6 \text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (SiO_2 — 75 %, Al_2O_3 — 9 %, Na_2O — 6 %).

В процессах обработки широко используют финские пигменты торговой марки Ceolex [14]. Ceolex состоит из сферических первичных частиц, которые в процессе осаждения собираются в кинетически стабильные скопления. Первичный размер частиц колеблется от 0,02 до 0,05 мкм, в то время как средний размер скоплений находится в пределах 0,2...0,5 мкм. Малый размер первичных частиц определяет высокую площадь поверхности и высокую впитывающую способность. Размер скоплений, соответствующий половине длины волны видимого света, придает пигменту высокую светорассеивающую способность, что улучшает оптические свойства бумаги. Рыхлая (воздушная) структура агломератов (скоплений) способствует повышению пухлости (пористости) бумаги и создает благоприятные условия для достижения повышенной гладкости при сохранении высокой пористости.

Ceolex находит применение в производстве некоторых видов бумаги-основы облицовочных материалов в сочетании с цветными минеральными пигментами и диоксидом титана. Ceolex улучшает оптические свойства минеральных пигментов (например, диоксида титана), так как действует как диспергатор, предотвращая его агрегирование в бумажной массе. В результате улучшаются гладкость бумаги, четкость печати и снижается стоимость.

Поскольку Ceolex снижает прочность поверхности бумаги, повышая ее пылимость, добавка его в композицию печатных видов бумаги обычно не превышает 6 %.

2.2.4. МОДИФИКАТОРЫ, ИЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ДОБАВКИ

Диспергаторы. Это поверхностно-активные вещества, ионизированные в воде, которые добавляют к водным суспензиям пиг-

мента для ослабления силы притяжения между частицами с целью их дезагрегации и предупреждения флокуляции.

Диспергаторы, адсорбируясь на пигментах, усиливают их отрицательный заряд или увеличивают их обменную активность и тем самым усиливают гидратационную оболочку частиц. Это способствует уменьшению взаимодействия между частицами и благоприятствует их отталкиванию, обеспечивая разрушение агрегатированных комплексов, существующих в сухих пигментах, и препятствуя образованию флокулятов в суспензии. Все это приводит к равномерному распределению пигментов в диспергирующей среде и получению дисперсии с необходимыми реологическими свойствами.

В качестве диспергаторов используются неорганические вещества (натриевые соли гексаметафосфата и пирофосфата, тринатрийфосфат, силикат натрия) и органические высокомолекулярные вещества (водорастворимые полимеры — карбоксиметилцеллюлоза, крахмал, казеин и полиакрилаты — растворимые соли поликарбоновых кислот на основе полимеров акриловой, метакриловой кислот и их сополимеров с этиленовыми углеводородами).

На выбор диспергатора и его количество влияют вид пигмента и диспергирующее оборудование для приготовления суспензии, тип установки для нанесения суспензий. Обычно расход диспергатора составляет от 0,2 до 0,6 % в расчете на а. с. вещество.

Пластификаторы (ГОСТ 8728–88). Пластификация полимеров — это повышение подвижности структурных элементов полимеров путем введения в них специально подобранных веществ — пластификаторов. В результате введения пластификаторов уменьшается межмолекулярное взаимодействие, увеличивается подвижность надмолекулярных образований, увеличивается гибкость макромолекул, что приводит к снижению температуры стеклования и текучести, а также к изменению всех свойств материалов — эластичности, прочности, хрупкости и т. д.

Процессы пластификации могут быть проведены на двух уровнях: 1) молекулярном (внутриструктурная пластификация); 2) надмолекулярном (межструктурная пластификация).

Уровень пластификации зависит от термодинамического сродства между пластификатором и полимером. Если сродство велико (пластификатор является растворителем для данного полимера), то его молекулы проника-

ют внутрь любых структур полимера, постепенно их разрушая. Такая пластификация называется внутриструктурной. В этом случае полимер растворяется в пластификаторе с образованием истинного раствора. При увеличении объемной доли пластификатора температура стеклования полимера снижается до температуры стеклования пластификатора.

Если сродство между полимером и пластификатором невелико, то молекулы пластификатора адсорбируются лишь на поверхности надмолекулярных структурных образований, нарушая взаимодействие только между надмолекулярными образованиями и увеличивая только их подвижность. Такая пластификация называется межструктурной. В этом случае температура стеклования полимера понижается лишь до определенного предела.

Пластификаторы вводятся в покровные и пропитывающие композиции в том случае, если требуется получить эластичное и морозостойкое покрытие.

Пластификатор или смесь пластификаторов вводится в количестве 3...30 % от массы полимера. В качестве пластификаторов при производстве мелованной бумаги или картона используют синтетические жирные кислоты общей формулы $C_{17}-C_{20}$, омыленные аммиачной водой, полиэтиленгликоли, модифицированное касторовое масло, глицерин, стеарат кальция и др. При производстве бумаги для упаковки с покрытием из термопластичных полимеров в качестве пластификаторов используют полиизобутилен, полибутилакрилат, синтетические каучуки.

Сшивающие агенты. Это вещества, понижающие растворимость покрытия. Используются в тех случаях, когда покрытие должно обладать определенной водостойкостью: при каландрировании с предварительным увлажнением, при нанесении печати офсетным способом или если при эксплуатации материала возможен контакт с водой.

Водостойкость достигается в результате процесса сшивки, образования поперечных (мостичных) химических связей между макромолекулами полимера. Выбор сшивающего агента зависит от вида пленкообразующего вещества.

Для сшивки натуральных полимеров белковой природы используют формальдегид, глиоксаль, для сшивки крахмала — глиоксаль, меламино- или мочевиноформальдегидные смолы, для сшивки простых эфиров целлюлозы — глиоксаль и диметилломочевину. Водостойкость покрытия на основе поливи-

нилового спирта, так же как и в случае крахмала, основывается на реакциях между гидроксильными группами связующего и альдегидными группами вводимых сшивающих агентов. К новым эффективным сшивающим агентам относится карбонат циркония.

Расход сшивающих агентов составляет 5...20 % от массы полимера.

Пеногасители и антивспениватели. В покровных и пропитывающих композициях в процессе их приготовления, при перемешивании, фильтрации, подаче в узел нанесения накапливается воздух (от 3 до 10 %), который частично распределяется в виде отдельных пузырьков, а частично накапливается в виде пены на поверхности. Содержание воздуха в покровном и пропитывающем составе уменьшает их смачиваемую способность и текучесть, ухудшает поверхностные свойства покрытия вследствие разрушения пузырьков в процессе сушки и отделки, что обуславливает появление на поверхности неровностей и пор.

Для борьбы с этими дефектами в композиции вводят пеногасители и антивспениватели. Они присоединяются к молекулам пенообразователя, который содержится в оболочке, окружающей пузырек воздуха. Действие пеногасителей направлено на снижение межфазового поверхностного натяжения, приводящего к соединению мелких пузырьков в крупные, которые поднимаются на поверхность жидкости и лопаются. Действие антивспенивателей проявляется в замедлении образования устойчивых поверхностных слоев вокруг пузырьков воздуха.

В качестве пеногасителей используют терпинеол, актиловый и изоактиловый спирты. Расход их составляет 0,2 % от массы полимера.

В качестве антивспенивателей используют полигликоли и их смеси с жирными кислотами, сложные эфиры фосфорной кислоты, полиметилсилоксановые жидкости и спирты. Расход их составляет 0,1...0,5 % к массе сухого покрытия.

Флюоресцентные оптические отбеливатели и красители. Флюоресцентные оптические отбеливатели (ФОО) — это бесцветные или слабоокрашенные органические соединения, способные поглощать ультрафиолетовые лучи и преобразовывать их в видимый синий или фиолетовый свет за счет эффекта флюоресценции (ГОСТ 27404–87; 270676–86). При поглощении лучистой энергии молекулы ФОО переходят в «возбужденное» состояние. При излучении лучистой энергии за счет

спонтанных квантовых переходов молекул из «возбужденного» квантового состояния в «нормальное» возникает эффект флюоресценции. Базовая белизна бумаги дополняется флюоресценцией оптического отбеливателя. В результате бумага отражает больше видимого света, чем получает, и одновременно удаляется желтый оттенок, который заменяется на синий. Бумага кажется более белой и яркой. Спектральное распределение оптического отбеливателя определяет эффект флюоресценции. В процессах обработки в основном используются производные диаминостильбендисульфокислоты, содержащие триазиновые кольца. Расход оптического отбеливателя составляет от 0,4 до 0,6 % в расчете на а. с. вещество.

Использование красителей позволяет улучшить белизну бумаги за счет снижения отраженного света в зеленовато-желтой области спектра и смещения воспринимаемого оттенка в сторону синего. Оттенок, интенсивность и чистота тонирования определяются спектральным распределением поглощения красителя. Подкраску проводят и для увеличения белизны, и для придания бумаге необходимого оттенка и снижения расхода ФОО [17].

Модификаторы вязкости и водоудерживающей способности. Для снижения или увеличения вязкости, регулирования водоудерживающей способности, придания составу более гомогенного характера в покровные или пропитывающие композиции вводят модификаторы вязкости и водоудерживающей способности.

Для снижения вязкости суспензий на основе крахмала и казеина, а также для стабилизации их при хранении применяют мочевины и дициандиамид в количестве до 25 % от массы связующего. Снижают вязкость сульфатированный нафталин, полиоксиэтиленстеарат, полигликоли, поливинилпирролидон (расход 0,5...2,0 %). При крахмальном связующем к снижению вязкости приводит применение щелочи в сочетании с диспергаторами. В качестве веществ, снижающих вязкость суспензий на основе белковых связующих, используют полисиликат натрия, сульфит и бисульфит натрия.

В качестве загустителей и регуляторов водоудерживающей способности используют водорастворимые полимеры, метилцеллюлозу, карбоксиметилцеллюлозу, поливиниловый спирт, карбоксильные полимеры (Coatex RT, фирма «ОМУА»), синтетические полимеры в виде дисперсий (фирмы «BASF», «Raisio»).

Эти вещества увеличивают способность смачивать основу и повышают водоудерживающую способность меловальной суспензии, т. е. уменьшают интенсивность миграции воды и связующего в волокнистую основу.

Антистатические добавки. В процессе обработки и переработки бумаги и картона, в результате трения полотна основы о валы, при прохождении полотна по тракту машины (при меловании, нанесении полимерных покрытий, печати и т. д.) в рулонах, а при резке и в пачках бумаги или картона накапливается статическое электричество. Это приводит к залипанию полотна основы на валах, слипанию листов в пачке, затрудняя их переработку.

Снятие статического электричества основано на повышении проводимости покровного слоя путем введения в его состав гигроскопических веществ (глицерина, гликолей), электролитов (KCl и др.) или антистатиков — веществ, способных возбудить заряд для нейтрализации, противоположный тому, который возникает в покрытии.

Антисептики (биоциды). Антисептики предупреждают биологическое разрушение природных связующих веществ и пигментов, которое приводит к изменению реологических свойств покровных и пропитывающих композиций, потере адгезионной способности связующих, к появлению запаха и пятен на покрытии. Наиболее подвержены биологическому разложению животный клей и казеин. Крахмальные связующие по сравнению с казеином более биологически устойчивы, особенно крахмал, окисленный гипохлоритом.

Консервирующее воздействие на покровные и пропитывающие композиции оказывают добавки салициловой кислоты, фенола, фтористого натрия, органической серы, диальдегидов, сорбита калия, пентахлорфенолята натрия, трихлорфенолята натрия.

Вещества, повышающие лоск. При высоких требованиях в отношении лоска в состав суспензии вводят дисперсии воска, церезина, парафина, стеаратов, полиэтилена и других веществ, повышающих лоск. Их расход составляет 1...2 % от массы а. с. вещества.

Антиоксиданты. Антиоксиданты предохраняют покровный состав от окислительной деструкции при нагревании. Применяются при нанесении покрытия из расплава, при производстве бумаги с полиолефиновым покрытием, на основе парафина и т. д.

2.25 РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРОВНЫХ И ПРОПИТЫВАЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ

Большинство процессов обработки и переработки основывается на взаимодействии бумаги и картона с вязкотекучими системами — расплавами, растворами, дисперсиями полимеров. Закономерности возникновения и развития необратимых деформаций вязкого течения в таких системах изучаются в специальной области механики — реологии [1, 6].

Течение полимеров — это развитие в полимерной системе деформации сдвига, возникающей под действием приложенного напряжения сдвига. Течение представляет собой необратимое перемещение молекул вещества относительно друг друга под действием приложенного усилия. В результате в веществе возникает сила внутреннего трения, противодействующая перемещению молекул. При течении жидкости сила внутреннего трения обуславливается необходимостью преодоления сил межмолекулярного взаимодействия.

Определение взаимосвязи между напряжением сдвига и скоростью сдвига в широком диапазоне значений напряжения (или скорости) сдвига и является обычно основной задачей реологических исследований. В результате этих исследований получают кривые течения. В простейшем случае связь между скоростью сдвига и напряжением сдвига выражается законом Ньютона

$$\tau = \eta_0 \dot{\gamma}, \quad (2.1)$$

где η_0 — коэффициент пропорциональности, называемый вязкостью, Па·с; τ — напряжение сдвига, Па; $\dot{\gamma}$ — скорость сдвига (градиент скорости сдвига), с⁻¹.

Системы, в которых вязкость при постоянной температуре и давлении не зависит от напряжения сдвига или скорости сдвига, т. е. подчиняющиеся закону Ньютона, называются ньютоновскими. Для ньютоновских жидкостей определение реологических характеристик сводится к измерению вязкости при каком-либо одном (любом) значении напряжения сдвига или скорости сдвига, а также к определению температурной зависимости вязкости.

Течение большинства полимерных систем (расплавы, растворы, дисперсии) не подчиняется закону Ньютона. Для этих систем, называемых неньютоновскими, вязкость зависит от напряжения или скорости сдвига, и такую вязкость называют эффективной.

Зависимость вязкости от температуры, как правило, описывается уравнением Френкеля—Эйринга

$$\tau_0 = Ae^{E/RT}, \quad (2.2)$$

где A — предэкспоненциальный множитель, который в скрытом виде включает зависимость вязкости от ряда параметров структуры, в частности от молекулярной массы; E — энергия активации вязкого течения, кмоль/Дж; R — газовая постоянная, Дж/кмоль·К; T — температура, К.

В отличие от низкомолекулярных соединений, течение которых происходит за счет перескока молекул в соседнее свободное положение — «дырку», механизм течения полимеров сводится к последовательному перемещению сегментов макромолекул. В результате происходят перемещение макромолекул и их деформация — вытягивание молекулярных клубков, ориентация макромолекул.

Для полимеров энергия активации вязкого течения показывает ту величину энергии, которая необходима для разрыва межмолекулярных связей и характеризует влияние температуры на вязкость. Чем выше энергия активации, тем больше необходима температура, чтобы понизить вязкость для эффективности переработки полимера. Повышение температуры ограничивается температурой деструкции полимера.

Как указывалось, большинство расплавов и растворов полимеров представляет собой неньютоновские жидкости. Их кривые течения могут быть различными (рис. 2.6). Кривая 1 на рис. 2.6 характеризует идеальную ньютоновскую жидкость. Такой тип кривых течения наблюдается у полимеров с узким молекулярно-массовым распределением и на практике встречается редко.

Как правило, с увеличением напряжения сдвига скорость сдвига возрастает в большей степени, чем это следует из закона Ньютона (кривая 2 на рис. 2.6). Такие системы называются псевдопластичными жидкостями. В псевдопластичных жидкостях с увеличением скорости сдвига вязкость уменьшается. Для каждого значения скорости сдвига характерно свое отношение напряжения и скорости сдвига $\eta = \tau/\dot{\gamma}$, свое значение эффективной вязкости.

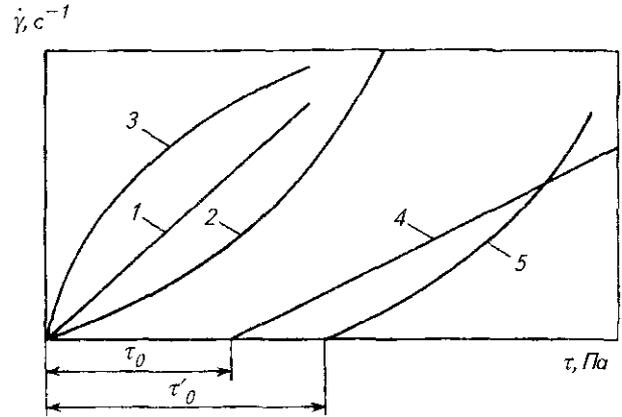


Рис. 2.6. Зависимость градиента скорости сдвига ($\dot{\gamma}$) от напряжения сдвига (τ) для систем различного типа (τ_0 , τ'_0 — предельное напряжение сдвига):

1 — идеальная ньютоновская жидкость; 2 — псевдопластичная жидкость; 3 — дилатантная система; 4 — идеально пластичное тело; 5 — неидеально пластичное тело

Это явление называется аномалией вязкости. Явление аномалии вязкости полимерных систем обуславливается рядом структурных изменений, происходящих при деформировании: частичным или полным механическим разрушением структурной пространственной сетки, ориентацией и деформацией макромолекул и их ассоциатов, которые приводят к появлению анизотропии механических свойств расплава или раствора.

Аномалия вязкости может иметь и противоположный характер. В некоторых полимерных системах, особенно содержащих большое количество твердых наполнителей, в определенном диапазоне повышения скорости сдвига наблюдается возрастание эффективной вязкости. Это явление называется дилатансией (кривая 3).

Следующий тип полимерных систем — это системы, обладающие пластичностью. В отличие от вязкого течения, при котором необратимые деформации развиваются при любом напряжении, пластичность заключается в способности системы к развитию необратимых деформаций лишь под действием нагрузки, превышающей определенный предел текучести. Простейшей моделью пластично-вязкой среды является тело Бингама — идеально пластичное тело (кривая 4).

В случае неидеально пластичного тела (кривая 5) при увеличении напряжения сдвига выше предела текучести отсутствует прямолинейная зависимость скорости сдвига от разности между напряжением сдвига и пределом текучести.

В процессах обработки и переработки бумаги и картона наиболее предпочтительным

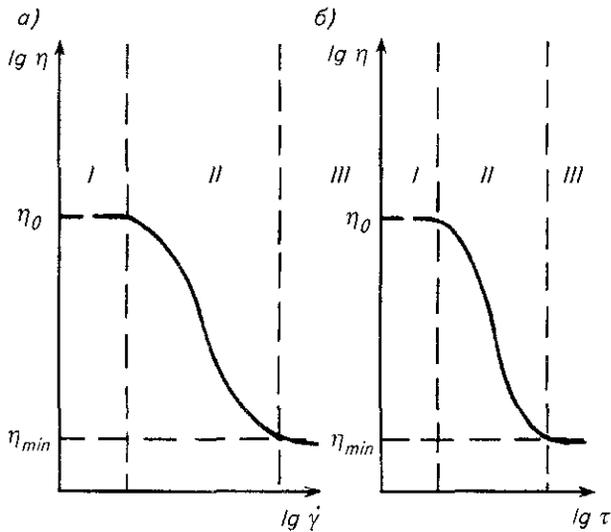


Рис. 2.7. Различные способы графического изображения вязкостных свойств псевдопластичных жидкостей: a — $\lg \eta = f_1(\lg \dot{\gamma})$; b — $\lg \eta = f_2(\lg \tau)$

является использование псевдопластичных жидкостей. Для псевдопластичных систем эффективная вязкость с увеличением скорости сдвига $\dot{\gamma}$ или напряжения сдвига τ вначале почти не меняется (область I, рис. 2.7, a , b). Эта вязкость η_0 называется наибольшей ньютоновской (или начальной) вязкостью. При дальнейшем повышении скорости сдвига (или напряжения сдвига) происходит значительное уменьшение эффективной вязкости (область II, рис. 2.7, a , b); после достижения некоторого значения скорости сдвига дальнейшее ее увеличение (область III, рис. 2.7, a , b) уже не изменяет эффективную вязкость — достигается наименьшая ньютоновская вязкость η_{\min} . Таким образом, в областях I и III наблюдается ньютоновское течение, т. е. вязкость в пределах области постоянна. В области структурной вязкости II значение эффективной вязкости η зависит от напряжения сдвига. Изменение вязкости системы от η_0 до η_{\min} связано с разрушением струк-

туры раствора или расплава полимера. Соответственно, чем выше структурированность системы, тем значительнее различия между наибольшей и наименьшей ньютоновской вязкостью.

Процесс разрушения структуры при течении обратим. При прекращении течения или уменьшении скорости значение эффективной вязкости вновь повышается, достигая значения η_0 . Явление падения вязкости при течении и последующего восстановления вязкости после прекращения течения называется тиксотропией.

При осуществлении процессов обработки и переработки применяемые жидкие системы (покровные, пропитывающие композиции) на разных стадиях процесса находятся в различных реологических условиях. Так, транспортировка их по трубам может идти при скорости сдвига, соответствующей наибольшей ньютоновской вязкости, в то время как в узле нанесения в зависимости от его устройства и скорости транспортировки бумажного полотна могут создаваться скорости сдвига, обеспечивающие переход к наименьшей ньютоновской вязкости. Влияние скорости сдвига (или напряжения сдвига) на значение вязкости необходимо учитывать при растворении и перемешивании растворов полимеров. Целесообразным является применение растворяющих и перемешивающих устройств, создающих высокие скорости и напряжения сдвига.

При высокой скорости нанесения покрытий в процессе пропитки при правильном выборе состава покровной или пропитывающей композиции значительно понижается вязкость применяемой жидкой системы. Снижение вязкости под влиянием больших значений напряжений или скоростей сдвига зависит от свойств жидкой системы, поэтому реологические характеристики системы имеют первостепенное значение.

2.3. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ (МОДУЛИ) ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ОБРАБОТКЕ БУМАГИ И КАРТОНА

Существование ряда аналогичных операций при проведении большинства процессов обработки бумаги и картона приводит к тому, что большинство установок состоит из нескольких основных узлов — модулей (рис. 2.8) [1].

На основе использования унифицированных элементов — модулей можно создать любые технологические схемы, начиная от самых простых (типа раскат — пропиточная ванна — сушка — накат) и до самых сложных, предусматривающих возможность последовательного многослойного нанесения покрытий на бумагу или картон с предварительной обработкой (например, коронным разрядом). Кроме того, некоторые из этих модулей могут быть встроены в сушильную часть бумаго- или картоноделательной машины.

Узел подачи (раскат), называемый также узлом размотки, или размоточным устройством, должен обеспечивать непрерывную подачу бумаги при ее равномерном и строго контролируемом натяжении.

Узел подготовки бумаги к обработке предназначен для предварительной механической и физико-химической обработки бумаги. Механическая подготовка бумаги включает разравнивание полотна бумаги, устранение волн, «рябых» пятен, покоробленных кромок, центрирование бумажного полотна. Механическая подготовка осуществляется с помощью систем валиков — так называемых правильных валиков, разравнивающих

или расширительных роликов, центрирующих роликов.

Физико-химическая подготовка заключается в увлажнении или подсушке бумаги, придании ей заданной температуры (например, предварительный нагрев бумажного полотна перед полиэтиленированием), нанесении различных грунтовочных составов (например, для улучшения адгезии), обработке коронным разрядом и т. п.

Увлажнение проводится с помощью различных форсуночных устройств, распылительных головок и т. д. Подсушка бумажного полотна (особенно необходимая при последующем воздействии на бумагу расплавов полимеров с температурой, значительно превышающей 100 °С) может осуществляться различными способами с помощью сушильных устройств любого типа: контактной сушкой в сушильных камерах, радиационной сушкой инфракрасными лучами.

Нанесение различных грунтовочных составов осуществляется на оборудовании, принципиально не отличающемся от используемого в узле обработки для нанесения покрытия или пропитки.

Обработка коронным разрядом является одним из самых эффективных методов увеличения адгезионной способности бумаги. Современные линии для обработки бумаги имеют по две установки: одна предусматривает обработку коронным разрядом бумаги перед нанесением покрытия, другая — обра-

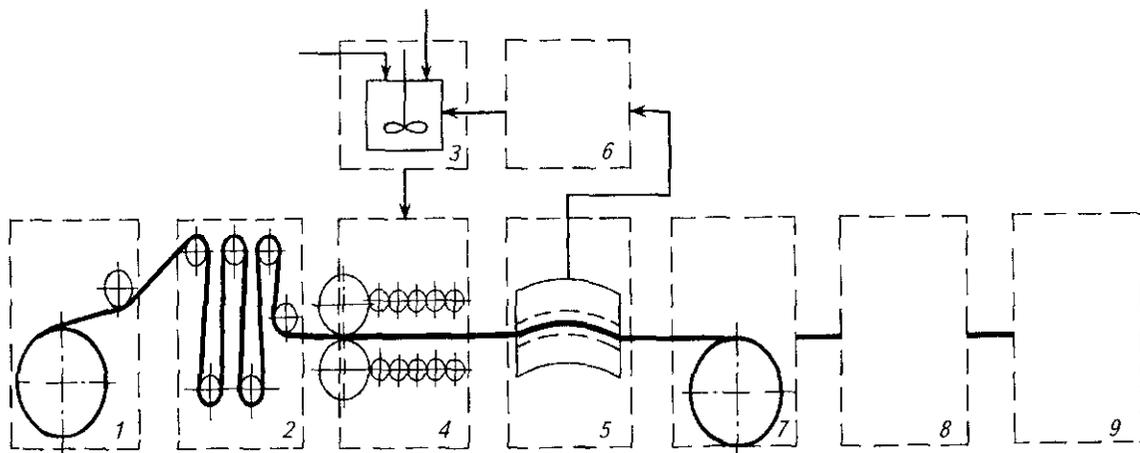


Рис. 2.8. Блок-схема типового технологического процесса обработки бумаги:

1 — узел подачи (раскат), 2 — узел подготовки бумаги к обработке; 3 — узел подготовки реагентов («кухня»); 4 — узел обработки; 5 — узел сушки; 6 — узел регенерации; 7 — узел приема (накат); 8 — узел отделки; 9 — узел упаковки

ботку полученного композиционного материала с целью активации полимерной поверхности, необходимой для восприятия печатной краски, клея и т. д.

Для обработки бумаги или композиционного материала коронным разрядом материал пропускают между двумя плоскопараллельными электродами, отстоящими друг от друга на несколько миллиметров (рис. 2.9). На электроды подается высокое напряжение (от нескольких киловольт до нескольких десятков киловольт) частотой от 50 Гц до нескольких килогерц. В результате в зазоре образуется коронный разряд, которым можно обработать материал с одной или с двух сторон. Для односторонней обработки материал приводят в контакт со стеклянной плитой, т. е. диэлектриком, покрывающим нижний, заземленный, электрод. При этом обрабатывается только верхняя поверхность материала. Для двухсторонней обработки с помощью направляющих валиков приподнимают материал так, чтобы он проходил между электродом высокого напряжения и стеклянной плитой, не касаясь ее.

Механизм действия коронного разряда достаточно сложен. С одной стороны, он связан с воздействием на полимер потока электронов, электрического и магнитного поля, а с другой — воздействием на полимер озона, образующегося из кислорода воздуха в зоне разряда. В результате суммарного воздей-

ствия всех перечисленных факторов на поверхности бумаги или полимерной пленки образуются реакционноспособные функциональные группы и свободные радикалы. Эффект коронирования является временным и обусловлен продолжительностью жизни свободных радикалов.

Узел подготовки реагентов предназначен для приготовления покровных и пропитывающих композиций. Применяемые для физико-химической обработки бумаги или картона покровные или пропитывающие композиции являются сложными многокомпонентными системами, содержащими наряду с основным полимером и растворителем модифицирующие добавки: пигменты, пластификаторы, диспергаторы, стабилизаторы, красители, сшивающие агенты, антистатик и т. д. Перед проведением обработки бумаги из всех этих ингредиентов должна быть приготовлена однородная устойчивая система, обладающая стабильностью свойств в течение технологического цикла (обычно это 24...48 ч).

Одной из наиболее сложных задач при приготовлении покровных и пропитывающих композиций является диспергирование порошковых пигментов. Существует предварительное и окончательное диспергирование. Предварительное диспергирование проводят в шаровых мельницах или скоростных смесителях. Более тонкое, окончательное диспергирование ведут затем в бисерных мельни-

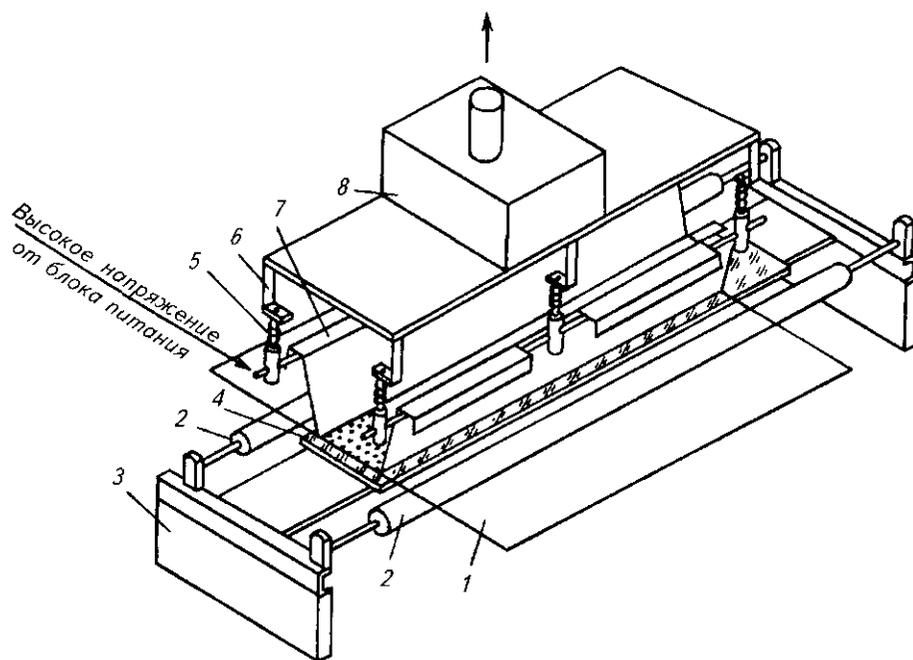


Рис. 2.9. Схема установки для обработки бумаги коронным разрядом:

- 1 — бумага; 2 — направляющие валики; 3 — опорная конструкция; 4 — анод; 5 — изоляторы; 6 — кронштейн; 7 — катод; 8 — вентиляционный шкаф

дах или в атриторах при большой скорости вращения, где обеспечиваются высокие скорости сдвига, при которых реологические свойства суспензии максимально приближаются к свойствам ньютоновских жидкостей.

Смешение всех компонентов систем, используемых для обработки бумаги, может осуществляться в смесителях различных типов [1, 2].

Узел сушки и охлаждения предназначен для отверждения покрытия. При нанесении на бумагу покрытий или при пропитке с использованием расплавов полимеров для перевода полимера из вязкотекучего в высокоэластичное, а затем в стеклообразное состояние материал необходимо охладить. При нанесении на бумагу покрытий или при пропитке с использованием растворов или дисперсий полимеров растворитель или дисперсионную среду (чаще всего воду) удаляют, как правило, путем испарения. При горячей пропрессовке и ламинировании бумаги проводится горячее каландрирование (при температуре до 260 °С).

Во всех этих случаях необходимо обеспечить интенсивный теплообмен между материалом и окружающей средой. Механизм теплообмена может быть различен: за счет контакта материала с нагревающей или охлаждающей поверхностью, вынужденной конвекцией, свободной конвекцией и лучеиспусканием.

Основной особенностью процессов сушки, термообработки и охлаждения при осуществлении обработки бумаги является то, что именно при этих процессах идет формирование надмолекулярной структуры получаемого композиционного материала, меняется физическое (релаксационное) состояние его компонентов, возникают постоянные связи между ними. При переходе полимера из вязкотекучего в высокоэластичное, а затем в стеклообразное состояние характер и размер надмолекулярных образований обуславливаются в значительной степени кинетикой этого перехода, который включает и кинетику кристаллизации полимера и кинетику релаксационных процессов. Чем мягче условия сушки и больше ее продолжительность, тем более равномерно и полно происходит релаксация внутренних напряжений. В результате структура получаемых композиционных материалов во многом определяется кинетикой теплообмена на этих заключительных стадиях процессов обработки.

При нанесении покрытий или пропитке с использованием расплавов полимеров тепло-

обмен происходит за счет лучеиспускания, вынужденной конвекции, контактного охлаждения и испарения влаги, содержащейся в бумажном полотне.

Охлаждение расплава за счет конвекции является основным при получении, например, мягких кровельных материалов, при нанесении полиэтиленовых покрытий на бумагу на участке от фильеры до ламинирующего вала. Контактное охлаждение расплава играет главную роль в теплообмене при нанесении покрытия методом экструзии или каширования. В этом случае расплав охлаждается до температуры, при которой его вязкость составит 10^7 – 10^9 Па·с, т. е. практически до отверждения, и поверхность покрытия будет зеркально повторять поверхность охлаждающего цилиндра (гладкую, матовую, узорчатую). Для обеспечения интенсивного теплоотвода цилиндр может охлаждаться не только водой, но и с помощью холодильной установки.

Осуществление сушки, термообработки и охлаждения в процессах обработки бумаги имеет ряд особенностей. Они связаны прежде всего с тем, что пропитка бумаги или нанесение покрытий ведется с использованием вязкотекучих систем, часто обладающих липкостью. Тем самым возникают ограничения в применении контактной сушки. Наиболее подходящими являются методы конвективной и радиационной сушки. Контактная сушка если и используется, то, как правило, с применением специальных антиадгезионных смазок. Сушка инфракрасными лучами применяется во многих установках для обработки бумаги, однако она требует большего расхода энергии, чем другие методы сушки.

Значительное применение в процессах обработки бумаги, особенно для сушки пропитанной бумаги, находит сушка на воздушной подушке. Этот метод основан на эффекте Бернулли: находящийся между двумя плоскостями (выдувным ящиком и бумажным полотном) поток воздуха удерживает плоскости на определенном расстоянии (порядка 2...10 мм).

Узел регенерации является обязательным по экологическим и экономическим соображениям при использовании органических растворителей. Однако при небольших объемах производства более выгодным может оказаться не регенерация органических растворителей, а сжигание их паров.

Перевертывное устройство применяется для нанесения покрытия на обе стороны основы. При одинаковом составе покрытий нанесение может осуществляться сразу на обе

стороны. При разном составе покрытий обычно вначале наносят покрытие на одну сторону, а после сушки — на другую. Для этого применяют переворотное устройство, представляющее собой три валика, два из которых расположены крест-накрест под углом 45° к оси бумажного полотна, а третий — параллельно оси. На поверхности валиков имеются сопла, через которые подается воздух, создавая под полотном бумаги воздушную подушку. Бумажное полотно, находящееся на воздушной подушке, меняет на первом валике свое направление на 90° , огибает второй вал, переворачиваясь на 180° , а затем на третьем валике снова меняет свое направление на 90° .

Узел приема (накат) должен обеспечивать равномерную, плотную намотку рулона без перекоса кромок, непрерывный съём рулонов, а в необходимых случаях — снятие зарядов статического электричества. Обеспечение плотной намотки рулонов в данном случае является сложной задачей. Это обусловлено значительным изменением упруго-релаксационных свойств бумаги при нанесении на нее покрытий или при ее пропитке, а также эффектом кромок. Центрирование бу-

мажного полотна, его разравнивание, выравнивание кромок и т. д. осуществляется аналогично тому, как это делается при подготовке бумаги к обработке. Регулирование натяжения при намотке может осуществляться, в частности, с помощью качающегося валика.

Для непрерывного съема рулонов применяется устройство, аналогичное применяемым в узле подачи (система «летучей склейки»).

Контроль качества готовой продукции на современных предприятиях ЦБП строится на использовании автоматической системы контроля (например, системы Damatik). По мере развития системы компьютерного контроля и управления обеспечивается контроль показателей выпускаемой продукции (массы 1 м^2 , белизны, влажности, удержания наполнителя и т. д.) непосредственно в ходе ее изготовления (on-line), и объем параметров готовой продукции, контролируемых в лаборатории, в принципе может сокращаться. Однако повышение требований к качеству продукции приводит к появлению новых методов контроля, которые, как правило, вначале применяют в виде методов лабораторного контроля.

2.4. СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БУМАГИ И КАРТОНА

Узел обработки должен обеспечивать дозирование, нанесение и разравнивание жидкой системы с последующим ее отверждением. Эти основные стадии процесса обработки могут в зависимости от вида применяемых устройств осуществляться отдельно или совмещенно. В каждом отдельном случае выбор метода нанесения определяется особенностями как получаемой продукции, так и реологическими свойствами используемой системы.

При всем многообразии устройств, применяемых для нанесения покрытия на бумагу и картон, они могут быть разделены на сравнительно небольшое количество групп, обладающих общим принципом нанесения или конструктивным оформлением. Классификация этих устройств может строиться по различным принципам [1, 2, 18].

Основные критерии выбора способа нанесения связаны, во-первых, с толщиной наносимого покрытия, во-вторых, со структурой покрытия и, в-третьих, со структурой композиционного материала.

При нанесении покрытий, как правило, необходимо обеспечить либо создание на поверхности бумаги равномерной пленки заданной толщины, либо получение равномерного по толщине композиционного материала. Так, при меловании бумаги, в первую очередь, необходимо обеспечить равномерную толщину готового композиционного материала, а при получении ультрафильтров на бумажной подложке — равномерность толщины покрытия. Толщина покрытия может меняться в значительных пределах — используются как тонкие покрытия толщиной менее 3 мкм (например, антиадгезионные кремнийорганические покрытия на предварительно загрунтованной бумаге), так и покрытия со средней толщиной — от 3 до 30 мкм. Структура покрытия и композиционного материала может быть различной в зависимости от числа слоев, которые необходимо нанести, а также от того, на одну или две стороны бумаги наносятся покрытия.

В соответствии с рассмотренными критериями выбирается принцип нанесения и намечаются конструктивные особенности оборудования и параметры процесса. В зависимости от количества наносимого пленкообразующего раствора (или расплава) возможны два пути: дозированное нанесение и нанесе-

ние с избытком, удаляемым впоследствии с помощью специальных устройств — шаберов. Первый путь удобнее для обеспечения равномерности толщины покрытия; второй — для обеспечения равномерности толщины всего материала. При удалении избытка нанесенного вещества, в свою очередь, могут применяться различные решения, некоторые из них обеспечивают скорее равномерность толщины покрытия (воздушный шабер), другие — равномерность толщины композиционного материала (гибкий шабер).

Покрытие можно наносить непосредственно на бумагу или на промежуточное рабочее тело. Неравномерность толщины бумаги, неровность ее поверхности, возможность неравномерного смачивания ее поверхности приводят к целесообразности использования (особенно при нанесении покрытий с равномерной, точно заданной толщиной) промежуточного рабочего тела. Чаще всего применяют различные валики с заданной геометрией поверхности (полированные, растровые и т. д.).

Толщину покрытия можно регулировать за счет дозированного истечения, дозированной подачи или уноса жидкости движущейся поверхностью. Равномерность толщины покрытия может обеспечиваться, во-первых, за счет постоянства вязкости (при учете взаимосвязи реологических свойств, концентрации, температуры), во-вторых, за счет постоянства скорости движения бумаги и ее поверхностных свойств (угла смачивания) и, в-третьих, за счет равномерной подачи насосом или экструдером. Во всех случаях большее значение имеют реологические свойства системы. Сама по себе величина вязкости — одна из самых простых реологических характеристик системы. Применяемые системы, как правило, являются неньютоновскими, и зависимость вязкости от скорости сдвига или напряжения сдвига оказывает определенное влияние на ход процесса нанесения, так же, впрочем, как и величина энергии активации вязкого течения (температурная зависимость вязкости).

Наконец, систематизация узлов для нанесения покрытий и конструкция самих узлов связаны с видом используемой полимерной системы. Наиболее распространены четыре основных варианта нанесения полимерных покрытий на бумагу: 1) нанесение из распла-

Таблица 2.15

Характеристика наиболее распространенных типов устройств для нанесения покрытий

Тип наносящего устройства	Свойства покровной композиции		Масса наносимого покрытия, г/м ²	Скорость нанесения, м/мин
	Содержание сухих веществ, %	Вязкость, мПа·с (Брукфильд, 100 мин ⁻¹)		
Клеильный пресс	5...30	100...300	2...10	До 500
Пленочный клеильный пресс	1...65	1...2000	3...15	100...1800
Валиковое нанесение:				
разглаживающее	25...45	10 000...30 000	12...30	90...150
щетки	30...40	1000...30 000	15...20	30...120
офсетно-гравюрный	50...70	1000...2000	4...10	До 600
массей	45...65	2000...10 000	6...25	350...400
Шаберное нанесение:				
вращающийся шабер (дозировочный стержень)	30...50	100...600	10...20	До 200
с затопленным зазором	50...60	400...3000	4...20	350...1250
с фонтанирующим шабером	50...60	1000...3000	4...20	До 1200
Beel-Blade	До 72	500...1000	10...12	450...1000
с гибким ножевым шабером	До 72	400...2000	10...25	350...1500
с жестким ножевым шабером	35...45	400...2000	6...15	350...1500
с воздушным шабером		100...250	5...30	До 860
Кашировальные машины	Расплав	10 ⁶ ...10 ⁸	10...400	До 100
Экструзионное нанесение	»	До 3·10 ⁶	5...200	До 600
Фильтрное нанесение	До 30	До 30 000	До 100	До 100

вов; 2) нанесение из растворов; 3) нанесение из дисперсий; 4) наслаивание готовой пленки на бумагу с применением специальных клеящих веществ или методом горячего прессования.

В табл. 2.15 приведена характеристика наиболее распространенных типов устройств для нанесения покрытий.

2.4.1. КЛЕИЛЬНЫЙ ПРЕСС

Клеильный пресс используют для поверхностной проклейки, пигментирования и легкого мелования. Клеильный пресс устанавливают в сушильной части БДМ, где сухость бумажного полотна при поступлении на поверхностную обработку составляет не менее 70 %, а с учетом увлажнения полотна в прессе его сухость целесообразно поддерживать в пределах 88...95 %. Это объясняется тем, что бумага сухостью ниже 70 % при дополнительном увлажнении будет обрываться. Кроме того, полотно с высокой влажностью после обработки трудно досушивается.

В традиционных двухваликовых клеильных прессах нанесение проклеивающей композиции на поверхность полотна-основы осуществляется при помощи sprысков или же

снятием ее бумагой с поверхности валов, окунаемых в раствор клея с последующим отжимом избытка клея между валами пресса.

В зависимости от расположения валов различают прессы вертикальные, горизонтальные и наклонные (см. рис. 1.211, а—в в разд. 1 настоящего издания). Все конструкции прессов имеют свои преимущества и недостатки. Существенный недостаток в работе клеильных прессов всех типов — образование складок на полотне, поэтому на выходе из клеильного пресса бумага проходит специальные разгонные валики для выравнивания поверхности. Валики облицовываются силиконовым покрытием для предотвращения прилипания

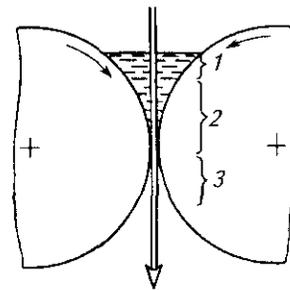


Рис. 2.10. Схема прохождения бумажного полотна между валами через рабочие зоны клеильного пресса:

1 — зона всасывания; 2 — зона гидравлического и механического давления; 3 — зона декомпрессии и расщепления пленки

к нему сырого полотна, покрытого проклеивающим материалом. По той же причине разгонные валики и первый досушивающий цилиндр устанавливают на таком расстоянии от пресса, чтобы обеспечить частичное затвердевание клеевой пленки.

Схема движения листа бумаги в клеильном прессе показана на рис. 1.211, з (см. разд. 1 настоящего издания). Бумажное полотно заправляется в зазор между валами пресса, а далее — в досушивающую часть БДМ. Валы пресса смыкаются с определенным усилием и в сужающийся зазор со sprысков, расположенных с обеих сторон листа, подается равномерно по всей ширине валов раствор проклеивающего материала с таким расчетом, чтобы постоянно поддерживался определенный уровень клея между валами. Таким образом, в своем движении через клеильный пресс бумажное полотно вначале проходит через слой проклеивающего материала, а затем между валами пресса.

По ходу движения листа в клеильном прессе можно условно выделить три зоны (рис. 2.10), обуславливающие нанесение заданных количеств клея и достижение требуемого качества проклейки:

1 — зона всасывания клея поверхностью бумаги под действием капиллярных и адсорбционных сил;

2 — зона прессования, где клей нагнетается в структуру листа под действием гидравлического давления жидкости в сужающемся клиновом зазоре и гидродинамических сил, сообщаемых клею вращающимися валами, а также под действием механических сил, развиваемых давлением валов;

3 — зона декомпрессии, где резко снижается сдавливающее усилие валов и происходит отрыв бумаги от их поверхности с расщеплением нанесенной пленки клея.

По выходе из пресса бумага с нанесенным клеем поступает на сушку в хвостовую су-

шилльную часть БДМ. Процесс проклейки завершается под действием тепловой обработки бумажного полотна при досушке. В этот период бумага приобретает заданные качественные показатели. Поверхностная проклейка в клеильных прессах требует увеличения сушильной части БДМ на 15...40 %. Объясняется это трудностью удаления влаги с проклеенной бумаги.

В настоящее время требования к поверхностной проклейке бумаги и картона значительно ужесточились. Это связано с увеличением скорости бумаго- и картонаделательной машины, необходимостью сокращения обрывов и энергии сушки, с повышением требований к качеству готовой продукции. Пигментирование при высоком содержании сухих веществ не может быть эффективно выполнено в обычном прессе. Эти требования обеспечиваются при использовании пленочного клеильного пресса.

2.4.2. ПЛЕНОЧНЫЙ КЛЕИЛЬНЫЙ ПРЕСС

Пленочный клеильный пресс (рис. 1.221 в разд. 1 настоящего издания), предназначен для поверхностной проклейки, пигментирования и мелования бумаги и картона.

Нанесение покровной массы осуществляется путем формирования на поверхности вала клеильного пресса жидкой пленки заданной толщины, которая затем переносится на бумагу, находящуюся в зазоре между валами. Толщина жидкой пленки определяется дозирующим стержнем различного диаметра и с нарезкой различного профиля.

Основные отличия пленочного клеильного пресса от обычного:

широкий диапазон скоростей — от 100 до 1800 м/мин;

Таблица 2.16

Техническая характеристика процесса обработки на пленочном клеильном прессе типа Sym-Coater фирмы «Metso»

Показатель	Гладкий дозирующий стержень (диаметр 20...35 мм)			Дозирующий стержень с нарезкой (диаметр 20...35 мм)	
	Вид обработки				
	Проклейка	Пигментирование	Мелование	Пигментирование	Мелование
Скорость, м/мин	400...1800	400...1800	400...1800	100...800	100...800
Масса наносимого покрытия, г/м ² (на каждую сторону)	0,05...3,0	3,0...6,0	4,0...12,0	1,0...6,0	10,0...40,0
Концентрация используемой композиции, %	10...40	30...40	45...65	6...15	45...65

возможность нанесения покровной массы от $0,05 \text{ г/м}^2$ (проклейка) до 40 г/м^2 (мелование) на каждую сторону;

вязкость покровных композиций, составляющая от 1,0 до 2000 мПа·с;

возможность использования покровных композиций с высоким содержанием сухих веществ и различными реологическими свойствами;

уменьшение проникновения покровного состава в глубину листа; наносимая композиция остается в основном на поверхности в виде однородной пленки.

Техническая характеристика процесса обработки на пленочном клеильном прессе типа Sym-Coater фирмы «Metso» представлена в табл. 2.16.

2.4.3. НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ПРИ ПОМОЩИ ВАЛИКОВ

Валиковый способ нанесения покрытий основан на уносе слоя вязкопластической жидкости движущейся твердой поверхностью (поверхностью валика или огибающей его бумаги) с последующим возможным переходом жидкости на другую твердую поверхность. Этот способ, являясь достаточно простым, обладает в то же время очень большой гибкостью: его можно применять для растворов, дисперсий и даже расплавов полимеров. Валиковым способом можно наносить по-

кровные составы вязкостью от нескольких миллипаскалей-секунд до десятков паскалей-секунд при скорости движения бумажного полотна от десятков сантиметров в минуту до 800 м/мин.

Конструктивно валиковые системы чрезвычайно разнообразны, число валиков может изменяться от одного до десяти и более, причем функции каждого валика в системе весьма различны.

Основными элементами валиковых устройств являются:

купающий валик (рис. 2.11, а), поверхность которого огибается бумажным полотном, соприкасающимся с поверхностью жидкости;

наносящий валик 1 (рис. 2.11, б, в), с которого на поверхность бумаги переходит слой наносимой жидкости, ранее унесенной поверхностью валика из ванны или с другого (вспомогательного) валика;

купающий валик 2 (рис. 2.11, в), частично погруженный в жидкость (или соприкасающийся с ней), уносящий при вращении на своей поверхности слой жидкости, переходящий затем (полностью или частично) на поверхность соприкасающейся с ним бумаги (в этом случае он является наносящим) или промежуточного (вспомогательного) валика;

дозировующий валик 3 (рис. 2.11, в), снимающий с поверхности наносящего валика избыток жидкости перед его контактом с бумажным полотном, как правило, за счет его вращения навстречу (по отношению к точке контакта) наносящему валику;

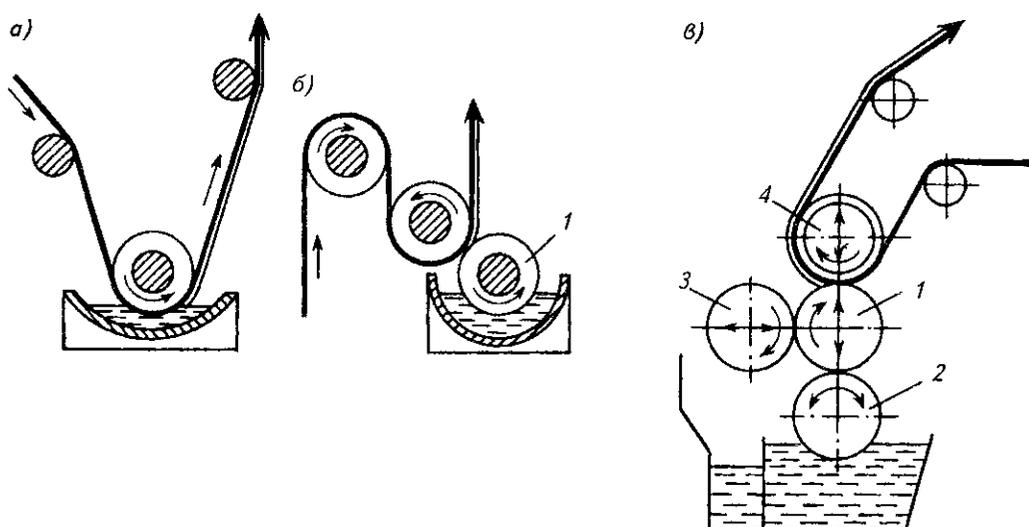


Рис. 2.11. Различные варианты нанесения покрытий валиками: а — купающим; б — наносящим (купающимся); в — купающимся и дозирующим;

1 — наносящий валик; 2 — купающийся валик; 3 — дозирующий валик; 4 — прижимной валик

прижимной валик 4 (рис. 2.11, в), прижимающий огибающее его бумажное полотно к поверхности наносящего валика;

разравнивающий (шлифующий) валик, выравнивающий ранее нанесенный на бумагу слой жидкости, как правило, за счет вращения навстречу движению бумажного полотна; по механизму своего действия он приближается к шаберным устройствам.

Валики могут иметь как полированную хромированную поверхность, так и резиновую рубашку, причем может использоваться резина различной твердости.

Использование валиковых систем основывается на следующих явлениях:

смачивание жидкостью твердой поверхности; унос слоя вязкопластической жидкости движущейся твердой поверхностью;

контактное взаимодействие слоя жидкости с двумя сближающимися движущимися твердыми поверхностями;

дозирование жидкости путем ее пропускания через регулируемый зазор между двумя вращающимися валиками;

полный или частичный перенос слоя жидкости с одной твердой движущейся поверхности на другую;

расщепление слоя жидкости, находящегося между двумя твердыми поверхностями при их расхождении; вдавливание жидкости в капиллярно-пористую структуру бумаги при ее прохождении между двумя валиками;

разравнивание (шлифование) находящегося на поверхности бумаги слоя вязкопластической жидкости за счет соприкосновения с твердой поверхностью при перемещении их относительно друг друга.

2.4.4 НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ПРИ ПОМОЩИ ШАБЕРОВ

Шаберный способ нанесения покрытий основан на удалении с поверхности бумаги избытка покровной массы при помощи шабера.

Перед шаберным устройством покровная масса в избытке наносится на бумажное полотно, проходящее через валиковую систему или через ванну с покровной смесью. Шаберные устройства позволяют наносить покрытия при скорости бумажного полотна до 1500 м/мин. В точке контакта шабера с бумагой бумажное полотно чаще всего находится на опорной поверхности (обычно на опорном валу), что позволяет, изменяя силу прижима шабера, регулировать массу наносимого покрытия. При использовании шаберных систем осуществляются такие основные процессы, как выравнивание (разравнивание) покрытия, частичное вдавливание покровной массы в капиллярно-пористую структуру бумаги (или картона), удаление избытка по-

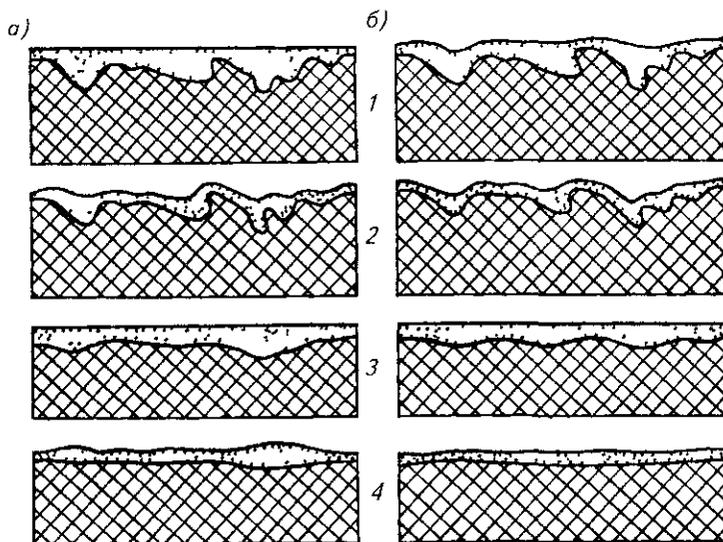


Рис 2.12 Схематичное изображение поперечного разреза бумаги с покрытием при использовании шаберов жесткого, гибкого или вращающегося (а), воздушного (б),

1 — после нанесения покровной массы, 2 — после сушки покрытия, 3 — после каландрирования 4 — после релаксации

кровной массы с поверхности бумаги. Шаберные устройства должны обеспечивать равномерность толщины композиционного материала или покрытия. Существует несколько типов шаберов: ножевой — жесткий и гибкий, вращающийся, воздушный.

При использовании шаберов, принцип действия которых основан на взаимодействии покровного слоя с жесткой или гибкой пластиной или с вращающимся стержнем, материал имеет равномерную толщину (рис. 2.12, а). При использовании шаберов, принцип действия которых основан на взаимодействии покровного слоя со струей воздуха, выходящий после шаберного устройства материал имеет на поверхности равномерный слой покровной массы, повторяющий все неровности поверхности бумаги-основы (рис. 2.12, б).

Жесткий ножевой шабер представляет собой пластину из твердого материала (стекла, коррозионно-стойкой стали). Меняя положение шабера, его расстояние от полотна бумаги и угол наклона, можно регулировать толщину наносимого покрытия. Применение жестких ножевых шаберов целесообразно при небольшой ширине бумажного полотна. При большой ширине бумаги трудно обеспечить равномерное прилегание жесткого шабера по всей ширине полотна.

Гибкий шабер (лезвие), представляет собой тонкую (0,2...0,3 мм) гибкую пластину, изготовленную из высококачественной стали. Гибкий шабер имеет значительно большие возможности при использовании. Он может сочетаться с различными видами устройств, подающих покровную массу, и может являться одной из стенок ванны, в которой находится покровная масса, и т. д. Так, в лотковом устройстве (рис. 2.13) огибающий опорный вал 2 бумага-основа образует одну сторону лотка, в котором находится покровная

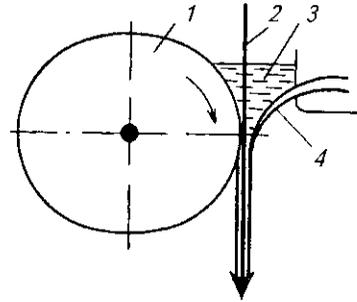


Рис. 2.14. Схема устройства Beel-Blade:

1 — обрезающий вал, 2 — полотно бумаги, 3 — суспension, 4 — эластичный шабер

паста, а гибкий шабер образует днище лотка, снимая с полотна, выходящего из нижней части лотка, избыток покровной пасты.

В системе Beel Blade (рис. 2.14), применяемой для двухстороннего мелования бумаги одним лезвием, бумажное полотно проходит вертикально через заполненное покровной массой пространство между гибким шабером и вращающимся по ходу полотна обрезающим валом. Скорость движения поверхности вала несколько больше скорости бумажного полотна, и за счет этого происходит выравнивание поверхности покрытия, аналогичное происходящему на другой стороне бумажного полотна под действием шабера.

Система Beel Blade позволяет наносить покрытие $10...12 \text{ г/м}^2$ при вязкости покровной массы $0,5...1,0 \text{ Па}\cdot\text{с}$ и содержании сухих веществ в ней $50...56 \%$. Система устойчиво работает при скорости нанесения до 1000 м/мин .

Развитием шаберных систем является фонтанирующий (или фонтанный) шабер (рис. 2.15) и шаберное устройство с затопленным зазором (рис. 2.16). Нанесение покровной массы осуществляется с помощью сопла, образованного зазором между двумя шаберными лезвиями. На бумагу, огибающую опорный вал, из зазора снизу наносится покровная масса. При этом само сопло не касается поверхности бумаги.

Количество наносимой массы дозируется путем изменения расстояния и угла между лезвиями. Нанесенное покрытие дополнительно выравнивается перевернутым шабером. Такой сопловый механизм нанесения покровной массы обеспечивает при сравнительной простоте равномерную подачу жидкости, причем вследствие принудительной подачи насосом величина подачи лишь незначительно зависит от реологических свойств покровной массы. Сопловый механизм имеет дозирующую и переливную планки, расстоя-

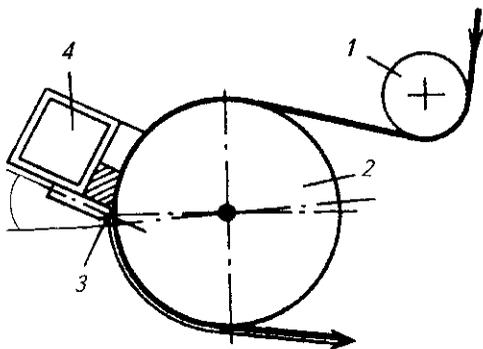


Рис. 2.13. Схема шаберного лоткового устройства:

1 — бумаговедущий валик; 2 — опорный вал; 3 — лезвие шабера, 4 — меловальное устройство

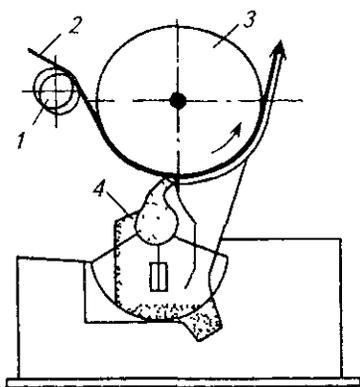


Рис. 2.15. Схема устройства с фонтанирующим шабером:

1 — бумаговедущий вал; 2 — положно бумаги, 3 — опорный вал; 4 — шабер

ние от которых до бумажного полотна может регулироваться. Ширина нанесения покрытия легко регулируется с помощью специальных планок, что позволяет избежать нанесения покрытия на кромки бумажного полотна. В целом система с фонтанным шабером обладает высокой надежностью и устойчиво работает на скорости до 1200 м/мин.

В системе с затопленным зазором (см. рис. 2.16) на бумагу, огибающую опорный вал, покровная масса наносится снизу валиком, вращающимся в ванне с покровной суспензией, уровень которой выше зазора между валами. Ванна снизу прижимается к опорному валу. При этом разглаживающее покрытие гибкий шабер является продолжением одной из стенок ванны.

При всем многообразии систем с гибким шабером при их конструировании и эксплуатации приходится решать одни и те же задачи — обеспечение равномерного нанесения покрытия по ширине полотна, легкость и быстрота смены лезвия шабера, предотвращение образования полос на поверхности покрытия.

Для обеспечения равномерности покрытия по ширине большое значение имеет постоянство прижима шабера по всей ширине бумажного полотна. Одним из наиболее эффективных способов решения этой задачи является применение пневматического или гидравлического прижима шабера к бумажному полотну с помощью резинового шланга, находящегося между гибким шабером и жесткой станиной. Эта система позволяет плавно изменять давление прижима шабера к полотну бумаги (за счет изменения давления в резинового шланге) и угол контакта шабера с полотном бумаги. Тем самым легко регу-

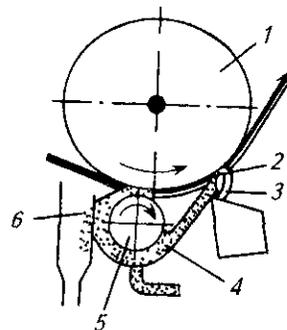


Рис. 2.16. Схема шаберного устройства с затопленным зазором:

1 — опорный вал; 2 — лезвие шабера, 3 — держатель шабера; 4 — поддон, 5 — наносящий валик, 6 — перелив пасты

лируется масса наносимого покрытия в пределах от 5 до 30 г/м² при устойчивой работе со скоростью до 1200 м/мин.

Недостатком всех шаберных систем с неподвижным шабером, как ножевым, так и гибким, является возможность образования полос на поверхности покрытия. Они возникают вследствие появления в зоне контакта шабера с поверхностью бумаги вырванных из нее крупных волоконцев, образующих локальные скопления, наличие в покровной массе загрязнений или крупных частиц пигмента. Этому недостатка лишены системы, в которых используется вращающийся шабер (роль-рамель).

Вращающийся шабер представляет собой хромированный стержень обычно диаметром 10 мм, вращающийся навстречу движению бумажного полотна. Гладким вращающимся шабером можно наносить покрытия массой (по сухому веществу) до 9 г/м². Увеличение массы покрытия до 12...15 г/м² может быть достигнуто при использовании проволоочного шабера — вращающегося стержня, плотно обмотанного проволокой диаметром 0,1...1,0 мм. Однако это возможно при определенных реологических свойствах покровной массы. При использовании проволоочного шабера масса наносимого покрытия зависит от диаметра проволоки.

Недостатком системы с вращающимся шабером является зависимость массы наносимого покрытия не только от реологических свойств покровной массы и гладкости поверхности бумаги или картона, но и от равномерности движения бумажного полотна. Этот недостаток систем с вращающимся шабером устраняется при переходе к комбинированным системам, сочетающим вращающийся и гибкий шабер.

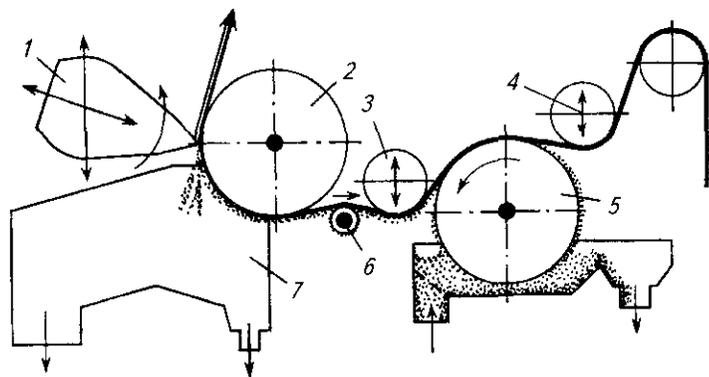


Рис. 2.17. Схема нанесения покрытия с использованием воздушного шабера:

1 — воздушный шабер; 2 — опорный вал; 3, 4, 6 — бумаговедущие валки; 5 — купающийся валик; 7 — приемный лоток-инжектор

Воздушный шабер работает по принципу удаления избытка покровной массы с полотна бумаги под действием струи воздуха, выходящей из щелевого сопла. В настоящее время установки с воздушным шабером имеют ширину до 6500 мм и применяются при скоростях нанесения до 860 м/мин. Масса наносимого покрытия может изменяться от 5 до 30 г/м².

Основными параметрами, определяющими работу воздушного шабера (в частности, массу наносимого покрытия), являются: давление воздуха, ширина воздушной щели сопла, расстояние между воздушной щелью сопла и полотном бумаги, угол между направлением воздушного потока и полотном бумаги.

В зависимости от профиля воздушной струи, взаимодействующей с полотном бумаги, воздушный шабер может работать в режиме воздушного ножа или воздушной щетки. Воздушный нож работает при давлении до 100 кПа. При работе в режиме воздушного ножа направленный поток воздуха, подаваемый под острым углом к поверхности полотна, снимает избыток покровной массы и одновременно разравнивает нанесенное покрытие. Воздушная щетка работает под давлением 25...35 кПа, причем воздух подается перпендикулярно к поверхности бумажного полотна.

Типичная установка для нанесения покрытий с использованием воздушного шабера представлена на рис. 2.17. Покровная масса с избытком наносится на бумажное полотно при помощи купающегося валика 5, имеющего плавное (бесступенчатое) регулирование частоты вращения. Угол охвата бумагой валика 5 может изменяться за счет вертикального перемещения валиков 3 и 4. Затем, минуя бумаговедущий валик 6, бумажное по-

лотно огибает опорный вал 2. На поверхность бумаги, находящейся на опорном валу, подается струя воздуха из воздушного шабера 1, сдувающая избыток покровной массы в приемный лоток-инжектор 7.

К торцам воздушного шабера 1 с двух сторон от компрессора подается сжатый воздух, проходящий систему регулирования давления. В лотке-инжекторе с помощью отводящих патрубков создается разрежение. Отработанный воздух проходит сепаратор и с помощью вентилятора выбрасывается в атмосферу. Покровная масса из лотка-инжектора вновь подается в циркуляционную систему.

Основными недостатками воздушного шабера являются возможность использования только низкоконцентрированных (35...40%), покровных композиций с низкой вязкостью, малая скорость нанесения покрытия, низкие гладкость и глянец покрытия.

Установки с воздушным шабером применяются для нанесения как меловальных, так и многих других покрытий, в частности микрокапсульных, для которых нежелательно механическое воздействие, присутствующее при использовании ножевых или валиковых систем.

2.4.5. СПРЫСКОВЫЙ И «CURTAIN-COATING» МЕТОДЫ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

Финская фирма «Metso Paper» разработала новый способ нанесения покровного состава на бумажное полотно, получивший название спрыскowego мелования (OptiSpray). Установка OptiSpray состоит из ряда сопел,

наносящих равномерный слой меловальной пасты методом ее распыления одновременно на обе стороны бумажного полотна бесконтактным способом.

Особенность спрыскового мелования заключается в том, что покровный слой одинаковой толщины повторяет контуры полотна-основы, обеспечивая высокую кроющую способность. Для обеспечения требуемых показателей гладкости используется мягкое каландрирование бумаги.

Американская фирма «Dryad Technology Inc» предлагает технологию мелования Curtain-coating, где сочетается процесс нанесения покровного слоя под давлением через спрыски с последующим разравниванием покровной пасты с помощью специального шабера — «воздушной щетки» с легким прижимом к полотну или пары валиков. Покровная композиция подается из дозирующего устройства на полотно бумаги в виде равномерного потока. В результате получается мелованное полотно, не уступающее по гладкости бумаге, мелованной ножевым шаберным устрой-

ством, но с высокопористой структурой покрытия пригодной для струйной печати.

Концентрация суспензии для спрыскового мелования составляет 55...63 %, масса покрытия — до 30 г/м², скорость мелования до 2000 м/мин.

2.4.6. НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ НА КАШИРОВАЛЬНЫХ МАШИНАХ

При нанесении полимерных покрытий на кашировальные машины (рис. 2.18) совмещаются процессы вальцевания и каландрирования.

В этом случае перевод полимера в вязкотекучее состояние осуществляется на вращающихся навстречу друг другу металлических обогреваемых плавильных валах. Температура одного из них (7) обычно на 5...10 °С выше, чем второго (6), и в результате на его поверхности образуется пленка полимера,

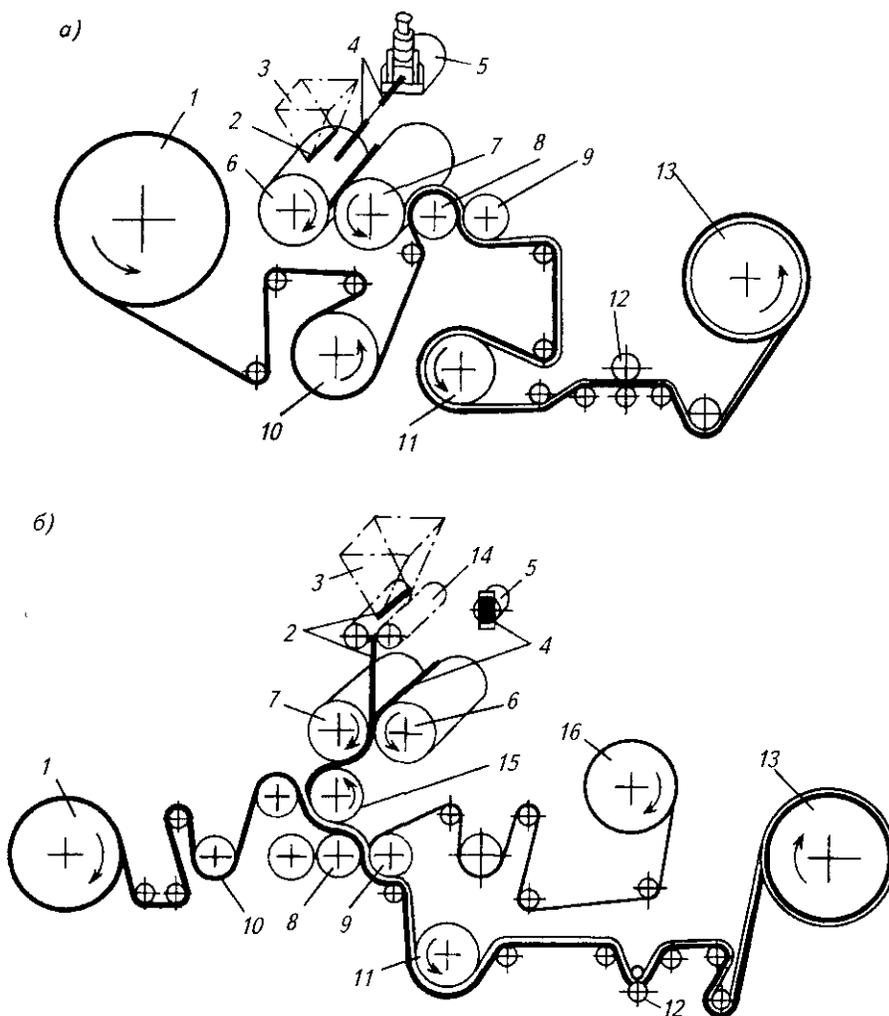


Рис. 2.18. Принципиальная схема кашировальных машин: *а* — двухваликовой; *б* — трехваликовой; 1 — размоточное устройство; 2, 14 — подача исходного материала; 3 — бункер; 4 — подача полимерного материала после предварительной пластификации; 5 — мунштук экструдера; 6, 7, 15 — обогреваемые плавильные валы; 8 — обрезиненный прижимной вал; 9 — гладильный или тиснильный вал; 10 — валик для предварительного подогрева; 11 — охлаждающий валик; 12 — обрезное устройство; 13 — накат; 16 — дополнительный раскат

прошедшего через зазор между валами. К этой пленке с помощью обрезиненного вала прижимается бумага, предварительно подогретая на цилиндре с электрообогревом. С помощью тиснильного или гладильного вала обеспечивается требуемый вид поверхности пленки. При последующем прохождении охлаждающего цилиндра фиксируется структура полученного композиционного материала, который после обрезки кромок на обрезном устройстве поступает на накат. Температура переработки в зависимости от вида материала — 80...200 °С.

В качестве полимерных материалов могут быть использованы полиэтилен, поливинилхлорид, полистирол и другие термопластичные полимеры, которые загружаются в бункер-дозатор в виде гранул, откуда при помощи профилированного валика подаются на плавильные валы.

В качестве материала-основы можно применять бумагу и картон массой 20...400 г/м², а также санитарно-гигиеническую бумагу массой 15...25 г/м².

2.4.7. ЭКСТРУЗИОННОЕ НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ НА БУМАГУ

Процесс экструзии состоит в непрерывном выдавливании полимера, находящегося в вязкотекучем состоянии, через отверстия определенной формы. Преимущества экструзионного метода заключаются в стабильности, непрерывности, легком регулировании процесса, сочетающихся с высокой производительностью и высоким качеством покрытия.

Экструдер, головка к нему, комплектующее оборудование для подачи и соединения бумаги-основы с полимерной пленкой образуют плоскощелевую экструзионно-ламинирующую установку (рис. 2.19, а). Основным ее узлом является экструдер (рис. 2.19, б).

Экструдеры — это машины, предназначенные для пластификации и выдавливания полимерного материала через головку с формирующим каналом определенного сечения. При нанесении на бумагу покрытий экструзионным методом применяются плоскощелевые головки. Рабочим органом экструдера является, как правило, червяк (шнек), хотя существуют и экструдеры, в которых рабочим органом является диск или комбинация шнека с диском. При обработке бумаги обычно используют одночервячные горизон-

тальные одностадийные экструдеры — универсальные производительные машины, позволяющие осуществлять непрерывный автоматизированный процесс.

Полимер, обычно в виде гранул, поступает через загрузочное устройство внутрь экструдера, где с помощью шнека происходит перемещение полимера по винтовому каналу, образованному вращающимся в цилиндре шнеком (рис. 2.19, в). В результате теплопередачи от обогреваемых стенок цилиндра, а также за счет тепла, выделяемого при деформации полимера в экструдере, происходит плавление полимера. Расплавленный полимер перемешивается, фильтруется через сетки и в щелевой головке превращается в тонкую пленку, которая выдавливается на бумагу. Технические характеристики экструдеров представлены в табл. 2.17.

Экструзионно-ламинирующая установка работает следующим образом (см. рис. 2.19, а). Бумага, поступающая с раската, пройдя узлы предварительной обработки, подается к экструдеру в зазор между гуммированным и охлаждающим валами. Гранулированный полимер загружается через бункер в цилиндр экструдера, где он плавится, и с помощью вращающегося шнека подается через адаптер в мундштук. Расплавленный полимер, вытекая из щелевой фильеры мундштука, приобретает форму пленки. При выходе из мундштука пленка полимера соединяется с движущейся бумагой в зазоре между гуммированным валом и охлаждающим цилиндром, где происходит охлаждение ламината. Затем с помощью ведущих валиков бумага с покрытием подается на накат.

В зависимости от вида применяемого полимера, массы наносимого покрытия и вида бумаги или картона-основы изменяются такие параметры процесса, как скорость движения бумаги-основы (а соответственно и скорость формования пленки), расстояние от щели головки до точки контакта пленки с бумагой, давление прижима ламинирующих валов и т. д. Давление в зоне ламинирования зависит от ширины зоны прижима, обусловленной твердостью гуммированного вала.

Типичные технологические параметры экструзионно-ламинирующей установки:

Расстояние между фильерой и ламинирующим валом, мм	50...120 (обычно 70)
Давление в зоне ламинирования . . .	Обычно 60... 70 ед. по Шору
Температура ламинирующего вала, °С	30...40

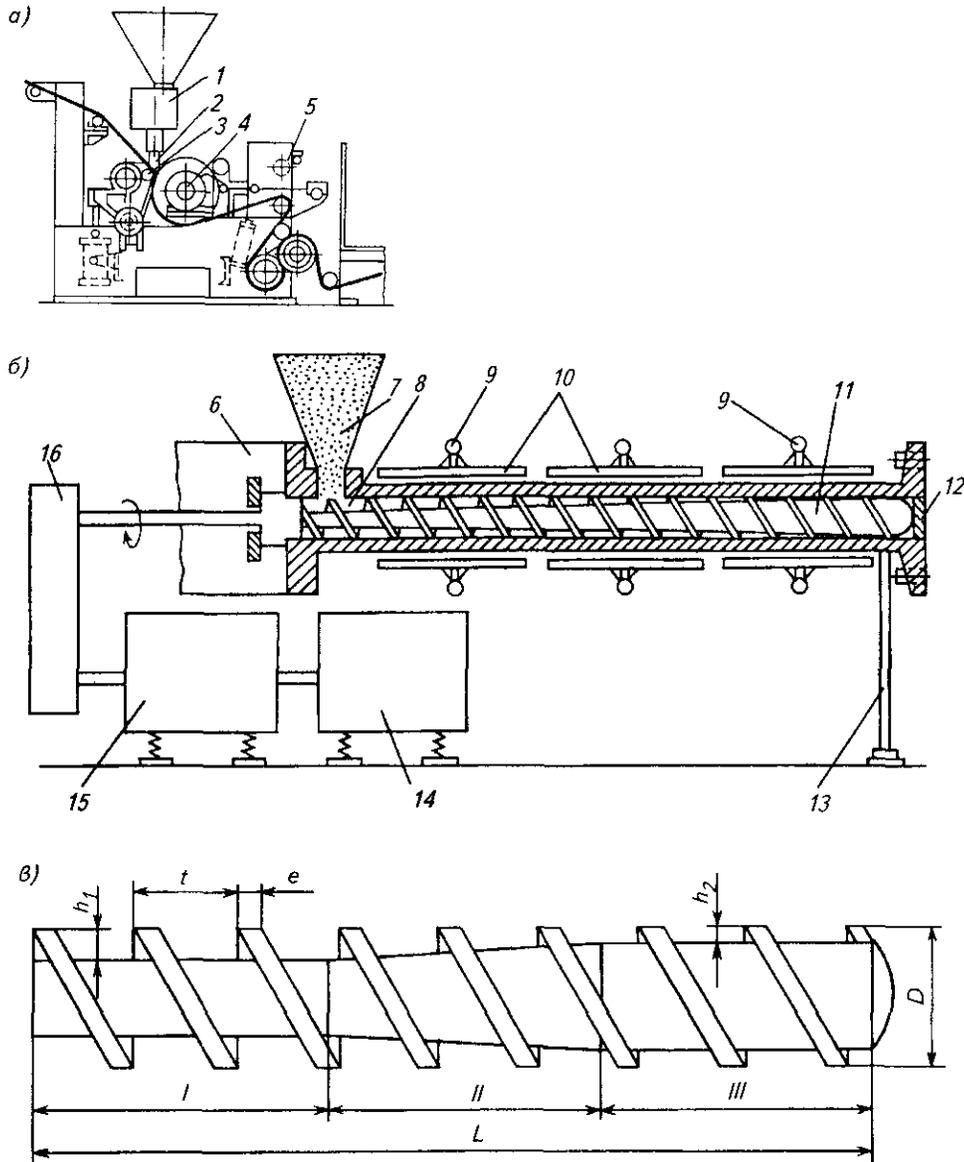


Рис. 2.19. Экструзионный метод нанесения покрытий: *а* — схема экструзионно-ламинирующей установки; *б* — схема экструдера; *в* — основные размеры шнека; *I* — экструдер; *2* — фильера экструдера; *3* — гуммированный валик ламинатора; *4* — металлический охлаждающий вал ламинатора; *5* — устройство для обрезки кромок; *6* — упорный подшипник; *7* — бункер; *8* — цилиндр; *9* — система охлаждения; *10* — система обогрева; *11* — шнек; *12* — сетка; *13* — передняя опора; *14* — двигатель; *15* — вариатор, или регулятор; *16* — передача; *I* — зона питания; *II* — зона сжатия (пластификации); *III* — зона дозирования (выдавливания)

Преимуществом экструзионного метода по сравнению с нанесением эмульсий, растворов или суспензий является отсутствие ослабляющего воздействия растворителей (в первую очередь, воды) на основу и резкое снижение энергозатрат. Основные трудности, возникающие при экструзионном методе, связаны со слабой адгезией полимерного покрытия к бумаге-основе. Усилить адгезию можно несколькими способами: во-первых, повышением температуры основы и полимера в мо-

мент нанесения покрытия, во-вторых, грунтованием основы и, в-третьих, обработкой основы коронным разрядом.

На рис. 2.20 приведены два варианта экструзионно-ламинаторного процесса. При высокотемпературном варианте (рис. 2.20, *а*) бумага-основа подается между валиками ламинатора вместе с полиэтиленом, экструдированным при температуре 280...300 °С. При низкотемпературном варианте (рис. 2.20, *б*) расплав полиэтилена, выходящий через фи-

Таблица 2.17
Техническая характеристика экструдеров [16]

Диаметр шнека D , мм	Мощность, кВт	Производительность, кг/ч
60	15...45	70...140
90	45...120	140...360
120	120...200	360...680
150	150...400	550...1200
200	300...700	900...2000

льеру экструдера при температуре 210...250 °С, проходит дополнительную обработку: расплав поступает на большой охлаждающий металлический вал, на котором остывает до температуры пленкообразования полиэтилена. После этого пленка обрабатывается коронным разрядом в узле активации и лишь затем поступает в узел ламинирования, в котором соединяется с бумагой-основой, также прошедшей предварительную обработку коронным разрядом.

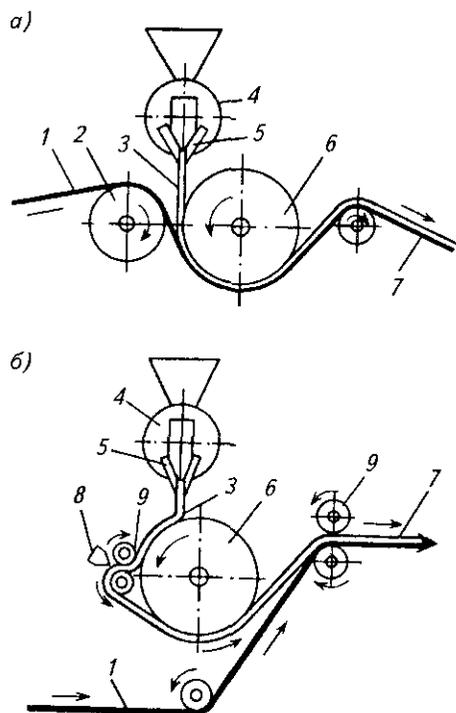


Рис. 2.20. Схема экструзионно-ламинаторного процесса: а — при высоких температурах; б — при низких температурах;

1 — бумага-основа; 2 — гуммированный валик ламинатора; 3 — полиэтилен; 4 — экструдер; 5 — фильера экструдера; 6 — металлический вал ламинатора; 7 — композиционный материал; 8 — узел активации поверхности полиэтиленовой пленки; 9 — направляющие ролики

2.4.8. НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ С ПОМОЩЬЮ ФИЛЬЕРЫ

Фильера чаще всего представляет собой корытообразный металлический резервуар (рис. 2.21), имеющий щель по всей длине в нижней части. Покрытие наносится при невысоких скоростях, так как при скорости выше 100 м/мин трудно получить равномерный покровный слой. Для регулирования толщины наносимого на бумагу слоя на нижней части передней стенки 1 имеется планка 3, нижний край которой отшлифован. Меняя высоту подъема планки, можно регулировать количество пленкообразующего раствора, подаваемого на бумагу, а следовательно, и толщину образующейся пленки. Фильеры такого типа пригодны для нанесения покрытий из высоковязких полимерных растворов с вязкостью 25 Па·с и выше. Для нанесения тонких покрытий из низковязких пленкообразующих растворов используют фильеру с валиком или запасной камерой.

В фильерах с валиком толщина подаваемого на бумагу слоя раствора определяется расстоянием между поверхностями валика и бумаги и скоростью вращения валика. В фильере с запасной камерой металлический корпус разделен перегородкой на запасную и рабочую камеры. Пленкообразующий раствор подается в запасную камеру, из нее поступает в рабочую камеру и лишь оттуда вытекает на поверхность бумаги. Изменение ширины раскрытия щели, необходимое для регулирования подачи пленкообразующего раствора на бумагу, достигается за счет вертикального перемещения передней стенки фильеры. Для обеспечения равномерности

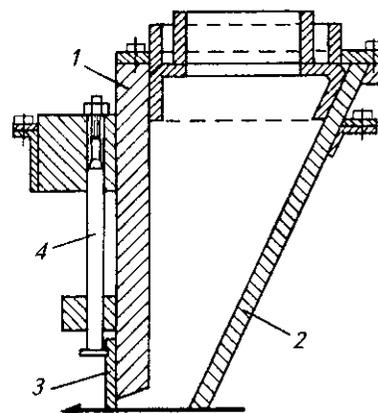


Рис. 2.21. Фильера для растворов высокой вязкости: 1 — передняя стенка; 2 — задняя стенка; 3 — ограничительная планка; 4 — регулировочный валик

толщины покрытия по ширине бумажного полотна с внутренней стороны передней стенки около щели имеется гибкая металлическая пластинка, снабженная микрометрическими винтами для регулирования подачи раствора по ширине полотна.

Для работы с пленкообразующими растворами большой вязкости используют фильеры, работающие под избыточным давлением — 50...60 кПа, создаваемым с помощью дозирующего насоса.

Наряду с рассмотренными существуют и другие конструкции фильер, в частности, так называемые экструзионные фильеры, в которых пленкообразующий раствор принудительно продавливается через щель фильеры. В этом случае количество подаваемого раствора практически определяется производительностью насоса, а незначительные изменения вязкости оказывают намного меньшее влияние на толщину наносимого покрытия. Экструзионная фильера представляет собой закрытую емкость, внутренняя полость которой имеет цилиндрическую форму. Вдоль образующей цилиндра для выхода пленкообразующего раствора предусмотрена щель шириной 0,6...1,0 мм. По всей длине фильеры со стороны щели имеется расточка с радиусом, соответствующим радиусу валика, который прижимает бумагу к фильере.

2.4.9. НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАРАНЕЕ ПОЛУЧЕННОЙ ПЛЕНКИ (ЛАМИНИРОВАНИЕ)

Соединение бумаги с готовыми полимерными пленками наиболее широко применяется для облагораживания поверхности высококачественной полиграфической продукции, при получении многослойных упаковочных ламинатов (бумага — полимерная пленка — фольга), электроизоляционных (в частности, для пазовой изоляции электродвигателей), при получении различных видов армированной бумаги. В ряде случаев только ламинирование обеспечивает придание продукции необходимых эксплуатационных свойств.

Используют готовые полимерные пленки с высокими физико-механическими показателями, которые обеспечиваются за счет ориентационной вытяжки и термофиксации.

Процесс получения самой пленки не относится непосредственно к технологии обработ-

ки и переработки бумаги и картона. Соответствующие предприятия выпускают такие пленки в качестве товарного продукта. Наиболее широко используются полиэтилентерефталатные, полиолефиновые, полипропиленовые, а также поливинилхлоридные пленки.

Для соединения бумаги с полимерными пленками применяют методы, основанные на использовании клеящих веществ, и методы горячей припрессовки термопластичных пленок. При использовании клеящих веществ применяются методы сухого и мокрого ламинирования или клеи-расплавы. При сухом ламинировании бумага и пленка соединяются после сушки клеевого слоя, а при мокром — до высыхания клея. Обычно клей наносится на пленку.

При сухом ламинировании (рис. 2.22, а) клей в виде раствора или дисперсии наносится на пленку с помощью различных устройств, аналогичных применяемым при нанесении покрытий на бумагу. Чаще всего для этой цели применяют купающийся валик или систему из нескольких валиков, иногда в сочетании с воздушным шабером; используют также растровый вал. Принципы выбора конкретного вида наносящего узла остаются теми же, что и при нанесении покрытий на бумагу (способ нанесения клея зависит от его реологических свойств, требуемой толщины клеевого слоя, связанной, в свою очередь, с толщиной приклеиваемой бумаги и ее шероховатостью). После нанесения клея в узле пленка поступает в сушильную камеру, где происходит испарение растворителя или дисперсионной среды. Сушка может осуществляться теплым воздухом, ИК-лучами, а также их сочетанием. Выйдя из сушильной камеры, пленка с высушенным (точнее, подсушенным) клеевым слоем соединяется с бумагой, поступающей с раската, в каландре, поступающей с раската, в каландре,

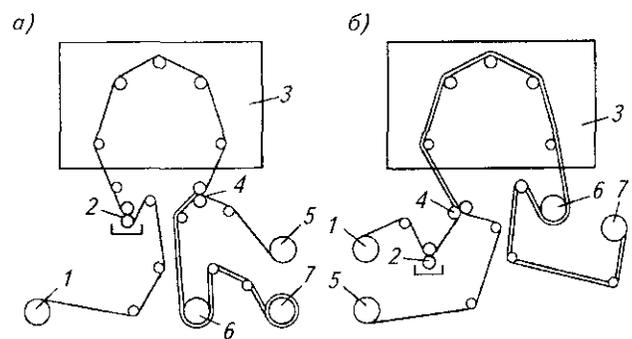


Рис. 2.22. Схема ламинирования: а — сухого; б — мокрого;

1 — раскат пленки; 2 — нанесение клея; 3 — сушильная камера; 4 — обогреваемый каландр; 5 — раскат бумаги; 6 — охлаждающие валы; 7 — накат

имеющем обогреваемый полированный стальной вал и прижимной вал с эластичной оболочкой. После сушки клеевой слой должен сохранять способность к термосклеивке — температура текучести клеевого слоя должна быть ниже температуры каландра. На обогреваемом каландре кроме того происходит испарение остатков растворителя клеевого слоя.

Окончательное склеивание бумаги и пленки достигается при охлаждении термопластичного клея, для чего материал проходит вокруг охлаждающего вала. В случае использования отверждающихся терморезактивных клеев или двухкомпонентных клеев окончательное склеивание происходит при акклиматизации материала, продолжительность которой иногда достигает нескольких суток.

При мокром ламинировании (рис. 2.22, б) чаще всего применяются водные дисперсии клеящих веществ (например, поливинилацетатную эмульсию). Нанесение клея на пленку осуществляется так же, как при сухом ламинировании, однако бумага соединяется с пленкой сразу же после нанесения клея, и лишь затем материал поступает в сушильную камеру. Пары воды (или применяемого растворителя) удаляются при сушке через пористую структуру бумаги. Так как при мокром ламинировании соединение склеиваемых материалов происходит практически сразу после нанесения клея, нет принципиальной разницы, наносится ли клей на пленку или на бумагу. Нанесение клея может осуществляться с использованием различных вариантов валиковых систем. При использовании клеев-расплавов расплавленное клеящее вещество с помощью валиковых систем или экструдера может наноситься на любой из склеиваемых компонентов — при охлаждении материала происходит окончательное склеивание. Благодаря тому, что сушка в этом случае не нужна, значительно упрощается оборудование и открывается возможность значительного повышения рабочих скоростей, однако ассортимент клеев-расплавов пока ограничен.

Горячая припрессовка термопластичных пленок наиболее применима при использовании полиэтиленовых и полиолефиновых пленок. Поверхность полиэтилена при нагревании переходит в вязкотекучее состояние. Прикладываемое одновременно давление обеспечивает вдавливание расплавленного полиэтилена в бумажный лист. Процесс может осуществляться в горячем прессе или на горячем каландре. Такой способ удобен и

при применении двухслойных пленок «полиэтилен—лавсан», когда полиэтилен играет роль термоклея.

Наиболее сложным явлением при осуществлении ламинирования бумаги полимерными пленками является адгезия. Применяемые клеи должны обладать хорошей адгезией и к полимерным пленкам, и к бумаге. При этом, если для бумаги принципиально может реализовываться любой из трех видов адгезии (механическая, специфическая или за счет сегментальной совместимости), то для пленки, как правило, реализация механической адгезии невозможна.

Возможности осуществления специфической адгезии при мокром и сухом ламинировании неодинаковы. При мокром ламинировании специфическая адгезия обуславливается активностью содержащегося в клее растворителя по отношению к полимерным компонентам бумаги. При сухом ламинировании на первый план выходит равновесная влажность бумаги, так как именно она определяет физическое (релаксационное) состояние полимерных компонентов бумаги.

2.4.10. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОПИТКИ БУМАГИ И КАРТОНА

Различные типы пропиточных машин отличаются устройством узлов пропитки и сушки. Конструктивное оформление узла пропитки должно обеспечивать равномерную (по толщине, ширине и длине бумажного полотна) пропитку бумаги или картона раствором или расплавом связующего, причем, учитывая высокие скорости транспортировки бумаги, процесс пропитки также должен проводиться с высокой скоростью. Скорость пропитки определяется капиллярно-пористой структурой бумаги, смачиваемостью бумаги жидкостью, ее влажностью и рядом других факторов.

Требуемое количество жидкости в пропитанном материале может достигаться несколькими методами. Наиболее широко применяется регулируемый отжим материала, насыщенного пропиточным раствором. Максимально возможное содержание жидкости в пропитанном материале определяется его «насыщаемостью», а минимальное — степенью отжима, достигаемой в применяемом отжимном устройстве.

Второй метод регулирования количества жидкости в пропитанном материале — из-

менение продолжительности его пребывания в пропиточной ванне (как за счет изменения скорости бумаги, так и за счет изменения длины, на которой происходит контакт бумаги с жидкостью). При этом, однако, необходимо поддерживать требуемое значение вязкости пропиточного раствора, его температуру и другие параметры, определяющие кинетику пропитки.

Сопоставление этих методов показывает, что, хотя проведение пропитки до насыщения с последующим регулируемым отжимом и требует больших пропиточных ванн и использования отжимных устройств, т. е. на первый взгляд является менее технологичным, оно обеспечивает создание более устойчивых технологических режимов.

Третий метод регулирования содержания жидкости в пропитанном материале — нанесение на бумагу требуемого количества жидкости с помощью дозирующих устройств, применяемых при нанесении на бумагу покрытий. Это целесообразно в случае, если нанесенная на поверхность бумаги жидкость способна достаточно быстро (до испарения растворителя) равномерно пропитать бумагу. В противном случае будет получаться асимметричная пропитка, которая, правда, иногда необходима. В частности, нуждается в асимметричной пропитке декоративная бумага при получении слоистого пластика, так как в этом случае на поверхности пластика для защиты рисунка необходимо создать поверхностный слой смолы.

Одна из важнейших задач при пропитке — вытеснение воздуха и паров воды из пор пропитываемого материала. При быстром погружении в жидкость бумаги или картона в капиллярно-пористой структуре материала остаются воздушные включения, которые мешают полной пропитке материала и ухудшают качество получаемого продукта. В наибольшей степени это явление наблюдается при температуре пропиточной жидкости, значительно превышающей 100 °С. Содержащаяся в бумаге влага при этом испаряется, и ее пары заполняют пористую структуру материала и выделяются наружу. Движение большого потока паров по капиллярам в капиллярно-пористой структуре материала навстречу пропиточной жидкости препятствует ее проникновению вглубь материала.

Объем паров, удаляемых с каждого квадратного метра материала, более чем в 100 раз превышает объем воздуха в порах бумаги или картона. Частичная подсушка бумаги до влажности 3...4 % хотя и уменьшает в

два раза объем паров воды, но не меняет этого соотношения. Наличие в порах бумаги воздуха и выделение паров воды сказывается не только при пропитке, но и, как отмечалось выше, при нанесении покрытий. В этом случае большое значение имеет возможность удаления газовой и паровой фазы через бумагу со стороны, противоположной нанесению покрытия. Такая возможность связана с воздухопроницаемостью бумаги. Именно этим объясняется, например, зависимость величины адгезии полиэтиленового покрытия к бумаге от ее воздухопроницаемости.

Удаление воздуха из бумаги при ее пропитке может осуществляться разными способами. Один из них заключается в том, что бумажное полотно вводится в пропиточную ванну при минимальном угле наклона к поверхности раствора — почти параллельно поверхности. В результате жидкость смачивает вначале одну сторону бумаги и, впитываясь в бумагу, вытесняет наверх воздух. Другой способ заключается в применении различного рода устройств для одностороннего смачивания бумаги, аналогичных используемым при нанесении на бумагу покрытий. Этот способ особенно эффективен при пропитке бумаги жидкостями, имеющими температуру, значительно превышающую 100 °С (например, расплавами битума). При нанесении на поверхность бумаги жидкости, имеющей температуру 150...180 °С, за счет высокой температуры происходит испарение всей содержащейся в бумаге воды, а образовавшиеся пары воды выходят через другую сторону бумаги. Наконец, третий способ — применение отжимных валиков погружного типа, т. е. находящихся в пропиточном растворе. В этом случае при сжатии материала в отжимном устройстве из него выдавливается воздух, находящийся в порах материала. При выходе из отжимного устройства происходит упругое восстановление капиллярно-пористой структуры материала и капилляры заполняются пропиточным раствором.

Количество пропиточной жидкости, уносимой бумагой, регулируется за счет изменения продолжительности пребывания бумаги в пропиточной ванне, изменения угла обхвата бумагой наносящих валиков, изменения скорости их вращения, а окончательное регулирование — за счет изменения силы прижима отжимного вала. В ряде случаев для пропитки могут быть использованы установки, предназначенные для нанесения покрытий и имеющие универсальные узлы нанесения.

Литература

1. **Аким Э. Л.** Обработка бумаги. — М.: Лесная пром-сть, 1979. — 232 с.
2. **Пузырев С. А.** и др. Технология обработки и переработки бумаги и картона. — М.: Лесная пром-сть, 1985. — 312 с.
3. **Бондарев А. И.** Производство бумаги и картона с покрытием. — М.: Лесная пром-сть, 1985. — 192 с.
4. **Grant R.** Getting set for a quantum leap in soft calendering technology // *Palp & Paper internationale*. — 1995. — V. 38. — N 11. — P. 25–27.
5. **Аким Э. Л.** Синтетические полимеры в бумажной промышленности. — М.: Лесная пром-сть, 1986. — 248 с.
6. **Энциклопедия полимеров** / Ред. коллегия: В. А. Каргин и др. — Т. 1–3. — М.: Сов. энциклопедия, 1972. — Т. 1–3.
7. **Pigment Coating and Surface Sizing of Paper** / ed. by Esa Lehtinen. — V. 11 // *Papermaking Science and Technology Series*. Finish Paper Engineer's Association and TAPPI, 2000. — 810 p.
8. **Еркова Л. Н., Чечик О. С.** Латексы. — Л.: Химия, 1983. — 224 с.
9. **Brander J., Thorn I.** Surface application of paper chemicals. — *Academic and Professional*, 1999. — 263 p.
10. **Корсунский Л. Ф.** и др. Неорганические пигменты. — Л.: Химия, 1989. — 334 с.
11. **Беленький Е. Ф., Рискин И. В.** Химия и технология пигментов. — Л.: Химия, 1974. — 657 с.
12. **Gill R. A., Hagemeyer R. W.** Fillers for paper // *Pulp and paper Manufacture*. — 1992. — V. 6. — P. 19–38.
13. **Zhenlei.** CaO China: World leader in talk and calcium carbonate // *TAPPI journal*. — 1997. — V. 7. — P. 77–80.
14. **Лауфман М.** Производство бумаги без содержания древесной массы в щелочной среде с применением измельченного природного карбоната кальция // *Целлюлоза. Бумага. Картон*. — 1999. — Ноябрь–декабрь. — С. 22.
15. **Calcium Carbonate: From the cretaceous period into the 21 century** / F. Wolfgang Tegethoff. — Basel; Boston; Berlin: Birkhauser, 2001. — V. 1, 2.
16. **Трухтенкова Н. Е.** Бумага для производства декоративных облицовочных материалов. — М.: Лесная пром-сть, 1990. — 256 с.
17. **Гриссер Р.** Белизна — это не яркость // *Целлюлоза. Бумага. Картон*. — 1995. — № 11–12. — С. 24–27.
18. **Savolainen A.** Paper and Paperboard Converting // *Finish Paper Engineer's Association and TAPPI*, 1998. — 285 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ПО БУМАГЕ И КАРТОНУ

Принятые сокращения

англ. — английский	лат. — латинский
а. с. — абсолютно сухой, -ая, -ое	нем. — немецкий
БДМ — бумагоделательная машина	пог. — погонный
гр. — греческий	пр-во — производство
ДВСП — декоративные бумажно-слоистые плиты	пром-сть — промышленность
ДВП — древесноволокнистые плиты	р-р — раствор
др. — другой, -ая, -ое	см. — смотри
ДСП — древесно-стружечные плиты	ТММ — термомеханическая масса
итал. — итальянский	фр. — французский
КДМ — картоноделательная машина	ХТММ — химико-термомеханическая масса
кол-во — количество	х. ч. — химически чистый

Абразивность бумаги (картона) — свойство поверхности бумаги (картона) нарушать при контакте гладкость поверхности другого тела, например, печатной формы при печатании.

Абсолютная влажность воздуха — кол-во водяного пара в г, содержащегося в 1 м³ воздуха.

Адгезив — материал, вещество, используемое для соединения (склеивания) поверхностей различных материалов. К адгезиву относятся жидкие клеи, термоплавкие составы, крахмал и т. п.

Адгезионное покрытие — слой сухого клеящего вещества, требующего смачивания для приклеивания, или слой термоплавкого клея, или постоянно липкий клеевой слой, нанесенные на бумажную основу.

Аклиматизация бумаги (картона), отлежка бумаги (картона) — приведение бумаги (картона) в равновесное состояние с относительной влажностью воздуха и температурой помещения, в котором предполагается испытание или использование бумаги (картона).

Алигнин медицинский — см. *Бумага медицинская крепированная*.

Альгинаты — соли полиманнуровой кислоты, применяемые для поверхностной проклейки бумаги и картона. Легко растворимы в воде.

Анизотропия бумаги (картона) (от гр. *anisos* — неравный, *tropos* — направление) — различие свойств бумаги (картона) по разным направлениям листа (напр., по ширине и длине), по лицевой и сеточной сторонам листа. Анизотропия обусловлена особенностями формования бумаги (картона) из разбавленной волокнистой суспензии на сетке БДМ (КДМ) и зависит от условий отлива, обезвоживания, прессования и сушки бумажного (картонного) полотна.

Амбалаж (от фр. *emballage* — упаковка) — прочная оберточная бумага, в которую упаковывают рулоны бумаги.

Анилиновые красители — синтетические органические красители. В бумажной пром-сти применяются для подцветки или окрашивания бумажной массы.

Антивспениватель — см. *Пеногаситель*.

Антипирен — вещество, задерживающее горение. Вводится в бумагу и картон для повышения их огнестойкости (невоспламеняемости).

Антисептики — вещества, способные предупредить или приостановить развитие бактерий, грибов, плесени и др. микроорганизмов. Вводятся в бумагу и картон, а также в меловальные суспензии для придания им *биоустойчивости*. В качестве антисептиков применяют дихлор-, тетрахлор- и гексахлордиоксидфенилметаны, различные органические соединения ртути, салициланилид, пентахлорфенолят меди и др. Для пищевых упаковочных бумаг используют соли бензойной кислоты, салициловую кислоту и др. вещества.

Аппарат Бекка, аппарат для определения гладкости бумаги — лабораторный прибор, основанный на измерении времени, требующегося для прохождения определенного объема воздуха с постоянным перепадом давления между поверхностью бумаги и стеклянной полированной пластинкой при заданном уменьшении разрежения в вакуумной камере. Прибор типа аппарата Бекка применяется для определения гладкости бумаги по ГОСТ 12795-78. Показатель гладкости выражается в секундах.

Аппарат Белкор (Belcors) — сортирующий гидроразбиватель фирмы «Beloit-Walmsley» (Великобритания). Снабжен подроторной перфорированной плитой, интенсифицирующей роспуск пучков волокнистого материала. Выпускается пяти типоразмеров с производительностью от 30 до 430 т/сут.

Аппарат Бендтсена — лабораторный прибор для определения шероховатости (гладкости) бумаги. Показателем шероховатости «по Бендтсену» является объем воздуха в см³, который проникает

ет за 1 мин между измерительной кромкой и бумагой при определенном избыточном давлении воздуха. При замене измерительной головки может использоваться для определения воздухопроницаемости (пористости) бумаги.

Аппарат Герлея (Гарли) — лабораторный прибор для определения воздухопроницаемости бумаги. Основан на определении времени прохождения определенного объема воздуха (обычно 100 см³) через определенную площадь бумаги при заданном перепаде давления; показатель воздухопроницаемости «по Герлею» выражается в секундах.

Аппарат для определения воздухопроницаемости бумаги, дензиметр Шоппера — лабораторный прибор, основанный на измерении объема воздуха, прошедшего за 1 мин через определенную площадь бумаги или картона при заданном перепаде давления. Прибор типа дензиметра Шоппера применяется для определения воздухопроницаемости бумаги по ГОСТ 13525.14–77. Показатель воздухопроницаемости выражается в кубических сантиметрах в минуту.

Аппарат для определения гладкости бумаги — см. *Аппарат Бекка*.

Аппарат для определения степени помола бумажной массы, аппарат Шоппер—Риглера — лабораторный прибор для определения качества размолота бумажной массы. С его помощью определяют степень измельчения и фибрилляции волокон и их гидратационные свойства по способности бумажной массы к водоотдаче. За степень помола волокна принимают разность между количеством воды, взятой для анализа волокнистой суспензии (обычно 1000 см³), и кол-вом воды, вытекшей через боковую трубку аппарата. Степень помола выражается в градусах Шоппер—Риглера (°ШР), при этом 10 см³ воды соответствует 1 °ШР.

Аппарат Иванова — устройство для характеристики средневзвешенной длины волокна в бумажной массе. Основан на измерении массы волокон, осаждающихся на специальной решетке при стекании суспензии определенной концентрации. Массу сырых волокон, выраженную в дециграммах (дг), называют массовым показателем длины волокна. По соответствующей таблице этот показатель можно перевести в средневзвешенную длину волокна.

Аппарат Коркина — устройство для определения истираемости и прочности бумаги на выщипывание. Состоит из металлического диска, совершающего вращательное эксцентрическое движение с приклеенным образцом испытуемой бумаги, соприкасающимся с таким же образцом, закрепленным неподвижно. Прочность поверхности бумаги выражается числом полных оборотов диска до появления ворсинок, отделившихся от поверхности бумаги.

Аппарат листоотливной — установка для изготовления лабораторных образцов (отливок) бумаги или картона. Включает отливную форму, вакуумное устройство, узлы прессования и сушки.

Известны листоотливные аппараты типа Нобль-Вуд или ЛОА для получения квадратных отливок размером 200×200 мм и Репид-Кётен для получения круглых отливок диаметром 200 мм.

Аппарат Репид-Кётен — листоотливной аппарат для получения круглых лабораторных образцов бумаги. Образцы отливаются при постоянном регулируемом вакууме и с помощью специальной подложки переносятся в сушильное устройство. Сушка контактная под вакуумом, при определенной температуре. Диаметр получаемых образцов 200 мм.

Аппарат Финк-центрискрин — устройство для сортирования и очистки макулатурной массы от всех содержащихся в ней видов загрязнений. Содержит вихревой очиститель и сортировку с гидродинамическими лопастями. Рабочая концентрация массы 4 %.

Армирование бумаги (картона) — склеивание или механическое соединение при отливе и прессовании бумаги (картона) с тканью, сеткой или отдельными нитями из натуральных или синтетических волокон с целью повышения механической прочности бумаги (картона).

Асбест — группа минеральных волокнистых материалов, состоящих из тонких эластичных и прочных волокон, огнестойких, щелоче- и кислотоупорных, нетепло- и неэлектропроводных. Применяются как изоляционный материал, для производства асбестовой бумаги и асбестового картона.

Асбестин — наполнитель, разновидность талька, имеющий волокнистую структуру и поэтому хорошо удерживаемый при отливе бумаги. Плотность асбестина 2,3...2,7 г/см³, белизна около 92 %.

Асбокартон — см. *Бумага асбестовая (картон асбестовый)*.

Асептическая упаковка — упаковка с антибактериальной обработкой, герметичная, биостойкая, предназначенная для пищевых продуктов с длительным сроком хранения.

Аэродинамическое формование, сухое формование бумаги — получение полотна бумаги (картона) путем осаждения на движущуюся сетку предварительно диспергированных в воздушном потоке волокон. Формующее устройство представляет собой прямоугольный канал со специальным преобразователем потока, снижающим его турбулентность и повышающим равномерность просвета. Полотно затем подвергается проклейке, прессованию, сушке и каландрированию.

Базальтовая гарнитура — совокупность сегментов из базальтовой лавы, закрепленных на размалывающем барабане и планке ролла, а также на др. размалывающей аппаратуре. Применяется для получения жирного помола волокнистой массы.

Бакелитовая пленка — материал, получаемый путем пропитки бумаги-основы водо- или спирторастворимой смолой и предназначенный для скле-

ивания листов шпона в пр-ве фанеры и деталей мебели. Масса 1 м² 55...80 г, содержание растворимой смолы более 75 %. Нормируются клеящие свойства.

Бактериологический фильтр — асбесто-целлюлозный фильтр, предназначенный для бактериологических целей. Вырабатывается из смеси хорошо размолотого асбестового волокна и мерсеризованной целлюлозы, загружаемых в ролл в равных массовых долях. Отливается на специальной листоотливной машине либо на КДМ.

Баланс воды и волокна — сопоставление прихода и расхода воды, волокнистых и др. материалов, составляющих композицию либо бумаги или картона, либо получаемого полуфабриката (целлюлоза, древесная масса, скоп и др.) на всех участках контролируемого технологического процесса. Для составления баланса определяются объемы свежей воды, масса и влажность материалов, объемы и концентрации волокнистых и др. суспензий, поступающих и уходящих на протяжении всего технологического потока, а также масса и влажность получаемого готового продукта. Баланс воды и волокна представляют в виде таблицы либо оформляют в виде диаграммы.

Банинга гауч-вал — отсасывающий *гауч-вал* ячейкового типа. Имеет с обоих торцов неподвижные отсасывающие головки, с которыми попеременно соединяются продольные ячейки вращающейся рубашки.

Барабан картонный навивной — вид тары. Имеет корпус, навитый прямым или спиральным способом из нескольких слоев картона. Вместимость от 10 до 200 л. Дно и крышка (или горловина) барабана прифальцовываются к корпусу с помощью металлических обручей. Применяется для расфасовки и хранения штучных изделий, пастообразной и сыпучей продукции, а при использовании герметичного полимерного вкладыша можно упаковывать и жидкую продукцию.

Барабанная песочница — см. *Циклон закрытого типа*.

Барабанная тряпкорубка — машина для рубки грубого тряпья, используемого в картонном и бумажном пр-вах. Представляет собой вращающийся барабан с двумя или тремя ножами, закрепленными на его цилиндрической поверхности, и одного неподвижного ножа — на станине.

Барабанный накат — см. *Периферический накат*.

Барабан ролла — см. *Размалывающий барабан*.

Барабан Файберфлю (Fiberflow Drum) — аппарат для непрерывного роспуска макулатуры, разработанный фирмой «Ahlstrom» (Финляндия) на базе окорочного барабана. Роспуск начинается в глухой секции при концентрации 15...18 % за счет сил трения и удара падающих сгустков макулатуры. Затем в перфорированной части барабана происходят удаление массы и промывка отходов, выгружаемых с открытой торцевой стороны. В барабане Файберфлю макулатура подвер-

гается наиболее мягкому воздействию, что повышает качество массы и предотвращает интенсивное измельчение загрязнений.

Барит, тяжелый шпат, BaSO₄ — природный сернокислый барий. После размола и очистки применяется в составе покровных суспензий при производстве обоев и цветных декоративных видов бумаги, а также в качестве наполнителя бумаги.

Баритажная машина — см. *Бумагокрасильная машина*.

Баритование бумаги, баритаж — нанесение на поверхность бумаги покрытия из смеси сернокислого бария и связующего. Применяется в пр-ве *фотографической бумаги*.

Барьерные свойства бумаги — газо-, паро-, водо- и жиронепроницаемость.

Бахрома на кромке древесно-волокнистой плиты — дефект в виде выступающих смятых пучков волокон на *кромках ДВП*.

Беггали ящик — устройство для передачи бумажного полотна с отсасывающего гауч-вала на сукно первого пресса. Беггали ящик находится внутри отсасывающего вала и снабжен камерами разрежения и давления. Полотно бумаги после прохождения отсасывающей камеры сдувается сжатым воздухом, выходящим из щели второй камеры, и поступает на сукно первого пресса.

Бегуны — машина, применявшаяся ранее для предварительного измельчения макулатуры, бумажного брака, листовой целлюлозы, древесной и сучковой массы. Состоит из гранитного или песчаникового диска, который служит дном чаши с металлическим бортом. По дну чаши, вращаясь, «бегают» два цилиндрических бегунных камня с насечкой на поверхности. Бегунные камни вращаются вокруг своих горизонтальных осей и вокруг вертикального главного вала бегунов. Камни укреплены таким образом, что при движении один из них катится по центральной части горизонтального диска, другой — по краю его.

Безоблачный просвет бумаги — равномерный просвет бумаги.

Белизна бумаги — комплексный показатель, характеризующий степень приближения поверхности бумаги к белому по яркости, высокой рассеивающей способности и минимальному цветовому оттенку. Зависит от компонентов бумажной массы (содержания белой целлюлозы, древесной массы, наполнителей, красителей, оптических отбеливателей и др.). Определяется на фотометре путем сравнения с эталонным образцом.

Беловые товары — писчебумажные изделия без нумерации страниц, например тетради, записные книжки, блокноты, альбомы и др.

Белойт гауч-вал — отсасывающий гауч-вал консольного типа, позволяющий при удалении передней опоры (при смене сетки) с помощью нажимного механизма удерживать вал на приводной опоре.

Белый клей — канифольный клей в виде суспензии частиц свободной смолы в водном р-ре

смолянокислого натрия, применяемый для проклейки бумаги (картона) в массе. Кол-во свободной смолы в суспензии 25...40 %.

Белый сатинит, сатинвайс — пигмент белого цвета, получаемый путем обработки гашеной извести р-ром сернокислого алюминия. Применяется в качестве наполнителя, а также для мелования бумаги.

Бесштанговая намотка — намотка бумаги на гильзы, свободно надетые на деревянную оправку, длина которой несколько меньше общей длины всех гильз. Гильзы сжимаются с торцов конусами, вращающимися на подшипниках качения. Применяется на перемотно-резательном станке.

Бетаметр — измеритель и датчик регулятора толщины и массы 1 м^2 бумаги (картона), работающий с использованием источника бета-излучения и ионизационной камеры.

Биг (от нем. *biegen* — сгибать) — рубчик на картоне или толстой бумаге, выполняющий функции шарнира, по которому листы легко сгибаются и раскрываются. Используется при изготовлении цельно-картонных переплетов книг, папок, блокнотов и др. беловых товаров, складных коробок.

Бигование — процесс нанесения на толстую бумагу или картон *бигов*.

Биостойкая древесноволокнистая плита — ДВП, обладающая повышенной стойкостью к воздействию грибов, бактерий и насекомых. Получают путем введения в массу антисептиков (соединений мышьяка, пентахлорфенолята натрия, кремнефтористого аммония, анилида салициловой кислоты и др.).

Битумирование бумаги (картона) — пропитка бумаги (картона) смесью расплавленного битума и минеральных масел или введение в композицию битумных дисперсий.

Битумный клей — водная эмульсия битума для проклейки картона в массе с целью снижения его водопоглощаемости. Приготавливается смешением расплавленного при 110...120 °С низкоплавкого битума с нагретой до 80...90 °С каолиновой суспензией и небольшим кол-вом едкого натра.

Битумы (от лат. *bitumen* — горная смола) — твердые или жидкие (преимущественно черного цвета) водонерастворимые смеси углеводов и их кислородных, сернистых и азотистых производных. Различают природные битумы (например, вязкие, подвергшиеся выветриванию нефти) и искусственные, получаемые из остатков от перегонки нефти, крекинга и очистки масел (нефтяные битумы). Применяются для пропитки и покрытия бумаги и картона, а также для изготовления *бумаги двухслойной водонепроницаемой упаковочной*.

Бланкфор — см. *Оптический отбеливатель*.

Бланфикс — тонкодисперсный осажденный сульфат бария. Получают смешиванием водных р-ров BaS и BaCl_2 с Na_2SO_4 . Отличается высокой белизной, химической стойкостью, однородностью

гранулометрического состава, повышенным коэффициентом преломления. Применяется в качестве компонента меловальных суспензий и как наполнитель в пр-ве специальных видов бумаги.

Блистерная упаковка — жесткая прозрачная термоформированная пленочная упаковка, повторяющая форму упаковываемой продукции, закрепляемая на картонной подложке.

Бобина бумаги (картона) — рулон бумаги (картона), полученный дополнительной обработкой на бобинорезательном станке. Ширина бобины обычно меньше ее диаметра.

Бобинорезательный станок, бобинорезка — станок, предназначенный для разрезания бумаги на ленты и намотки их в *бобины*. Состоит из узла размотки с тормозом, узла резки при помощи дисковых ножей и осевого или периферического наката.

Бомбировка вала — шлифовка вала с выпуклостью (увеличением диаметра) посередине для уменьшения эффекта неизбежного прогиба вала под влиянием собственного веса.

Бомбицина — старинная толстая бумага, выработывавшаяся из тряпья и применявшаяся для печати.

Брайта реактив — реактив для микроскопического анализа бумаги и картона. Состоит из трех р-ров: 1) водного р-ра х. ч. хлорида железа; 2) водного р-ра х. ч. ферроцианида калия; 3) спиртового р-ра бензопурпурина. Применяется для различения беленых и небеленых целлюлоз, а также для приблизительного определения степени их провара.

Брак, бумажный брак — бумага или картон, отбракованные на любой стадии процесса изготовления. Обычно брак снова перерабатывают в волокнистую массу.

Бракомолка — машина для измельчения сухого бумажного брака, листовой целлюлозы и др. волокнистых материалов.

Бракомольный ролл — ролл для измельчения и роспуска сухого оборотного брака бумаги (картона), поступающего с БДМ (КДМ), и макулатуры.

Бристольский картон (по названию англ. города Бристоль) — картон, получаемый склеиванием двух или более листов (полотен) писчей бумаги. Применяется для акварельной живописи и рисунков карандашом, а также для изготовления карточек для картотек.

Бронзирование бумаги — способ нанесения на поверхность бумаги тонкого слоя порошкообразного металла (бронзы, алюминия и др.). Предварительно на поверхность бумаги наносится тонкий слой связующего (лака, печатной краски и др.).

Бронзовая полиграфическая фольга — бумага, предназначенная для художественного оформления переплетов книг путем тиснения и перехода с ее поверхности бронзового слоя на поверхность переплетов в местах рисунка и текста. Представляет собой бумагу-основу, на которую с одной

стороны последовательно нанесены слой воско-смоляного состава, слой бронзовой пудры и грунтовочный состав.

Бугорчатая прокладка для яиц — изготовленный методом бумажного литья объемный бугорчатый вкладыш, предназначенный для упаковывания, транспортирования и хранения яиц.

Бумага (от итал. *bambagia*, гр. *bambakion* — хлопок) — 1. Материал в виде тонкого листа, состоящий в основном из предварительно размолотых растительных волокон, беспорядочно переплетенных и связанных между собой силами поверхностного сцепления. К волокнистой массе часто добавляют проклеивающие вещества и минеральные наполнители, придающие бумаге необходимые св-ва. Формование бумаги производится методом осаждения на сетке БДМ волокон из сильно разбавленной водой волокнистой суспензии при одновременной фильтрации воды через сетку и с последующими операциями прессования, сушки и отделки получаемой бумаги. Имеется и метод сухого формования бумажного полотна. Кроме растительного сырья бумага вырабатывается также из синтетических, искусственных и минеральных волокон. Бумага является капиллярно-пористым материалом с упруго-пластическими свойствами. Была изобретена в Китае, первое упоминание о ней относится к 12 г. н. э. Китайский государственный деятель Цай-Лунь усовершенствовал способ изготовления бумаги и обобщил в 105 г. н. э. весь предыдущий опыт кустарного пр-ва бумаги. Появление пр-ва бумаги в Европе относится к XII в. Машинное пр-во бумаги появилось в начале XIX в. В настоящее время на БДМ вырабатывается свыше 600 видов бумаги. Основные технические показатели бумаги: масса 1 м^2 (от 6 до 250 г), толщина (от 4 до 400 мкм), разрывная длина (от 1200 до 16 000 м), сопротивление излому (до 10 000 и более двойных перегибов), степень проклейки (от 0 до 3 мм), белизна (от 0 до 95 % и выше), гладкость (от 10 до 2500 с), зольность (от 0 до 35 %). Кроме того, к техническим показателям бумаги относятся: впитывающая способность, воздухо-, паро- и жиропроницаемость, электрическая прочность, тангенс угла электрических потерь, влажность и др. 2. Всякий письменный документ.

Бумага абразивная, бумага наждачная, шлифовальная шкурка — бумага, предназначенная для шлифования металла, дерева, резины и др. материалов, имеющая на поверхности с одной стороны прочно закрепленный слой абразивных зерен (корунда, карбида кремния, кремня, стекла). Абразив наносят на бумагу-основу, предварительно покрытую клеем, механическим или электростатическим способом. Различают бумагу абразивную для сухого шлифования и для шлифования с водяным или керосиновым охлаждением.

Бумага автографская — вид переводной бумаги, покрытой с одной стороны слоем желатина, крахмала, мела и глицерина. На ее поверхност-

ный слой наносится изображение, которое переводится на поверхность литографского камня или цинковой (иногда алюминиевой) пластины, служащей печатной формой.

Бумага александрийская — устаревшее название бумаги большого формата для рисования.

Бумага альбомная — см. *Бумага цветная писчая*.

Бумага антиадгезионная — см. *Бумага с антиадгезионным покрытием*.

Бумага антикоррозионная упаковочная, бумага противокоррозионная, бумага ингибированная — бумага, предназначенная для упаковки металлических изделий и предохраняющая их от атмосферной коррозии. Содержит антикоррозионные ингибиторы (нитрит натрия с уротропином, нитрит дициклогексиламина, бензоат натрия, метанитробензоат гексаметиленмина) в количестве $5...35 \text{ г/м}^2$, вырабатывается с водостойким покрытием, иногда — без него. Нормируются показатели паропроницаемости и влажности.

Бумага арамидная, бумага фенилон — бумага на основе нагревостойкого полиамидного волокна (полиметафениленизофталамида) и волокнистого полимерного связующего (*фибридов*) из того же полимера. Выпускается толщиной от 0,03 до 0,50 мм с плотностью от 0,27 до 0,98 г/см^3 . Обладает высокой термостойкостью, механической и электрической прочностью, устойчива к воздействию влаги и растворителей. Не поддерживает горения. Используется в электротехнической промышленности для изоляции классов нагревостойкости F и H (максимальная температура эксплуатации 155 и 180 °С соответственно), а также в авиастроении для изготовления сотовых наполнителей многослойных конструкций.

Бумага армированная (картон армированный) — бумага (картон), упрочненная тканью, синтетической сеткой или нитями в процессе отлива и прессования во влажном состоянии, а также путем склеивания. Применяется для изготовления высокопрочных бумажных мешков и пакетов, а также для упаковывания пиломатериалов и металлопродукции при транспортировании.

Бумага архивная — бумага с исключительно высокой стабильностью и долговечностью, предназначенная для длительного хранения.

Бумага асбестовая (картон асбестовый, асбокартон) — бумага (картон) из асбестовых волокон (обычно — хризотилового асбеста), применяемые в качестве тепло-, электроизоляции и для набивки валов суперкаландров. Вырабатываются массой 1 м^2 от 170 до 1800 г и толщиной соответственно от 0,25 до 1,50 мм с нормируемыми показателями разрушающего усилия при растяжении, электропрочности (для электроизоляции), а также потерь массовой доли вещества при прокаливании.

Бумага асболатексная — бумага, имеющая в своей композиции асбест (70...80 %) и тряпичную льняную полумассу (20...30 %), и дополни-

тельно — в качестве связующего — синтетический латекс. Используется для изготовления набивных валов суперкаландра.

Бумага афишная — печатная бумага, хорошо клееная, обычно машинной гладкости, предназначенная для использования на открытом воздухе в течение ограниченного периода времени.

Бумага ацетилюрованная — бумага, подвергшаяся частичному ацетилюванию с целью придания ей повышенной гидрофобности и термостойкости. Предназначается для изготовления долговечной изоляции в электротехнической промышленности.

Бумага бакелитизированная, бумага бакелитизованная — бумага, пропитанная бакелитовым лаком либо выработанная с бакелитовым порошком в качестве наполнителя. Применяется для электроизоляционных целей.

Бумага бандерольная — бумага для обандероливания денежных знаков. Вырабатывается массой 1 м^2 70 г из сульфитной небеленой целлюлозы, слабосклеенной, малозольной, машинной гладкости, с достаточно высоким сопротивлением продавливанию.

Бумага баритованная — бумага с баритовым покровным слоем, нанесенным на основу фотобумаги, иногда подцветочной красителем. Вырабатывается из бумаги фотоподложки-основы массой 1 м^2 от 130 до 240 г путем нанесения на одну сторону покрытия, основными составными частями которого являются сернокислый барий, желатин, хромокалиевые квасцы и глицерин. Масса 1 м^2 бумаги с покрытием 185...295 г. Отличается высокой степенью белизны.

Бумага бархатная, бумага велюровая — бумага декоративная, изготовленная путем нанесения электростатическим способом на бумагу-основу ворса из предварительно нарезанных и окрашенных синтетических, хлопковых или шерстяных волокон. Ворс имеет длину от 0,5 до 3 мм. Применяется для изготовления альбомных переплетов и для декоративных целей.

Бумага беззольная — бумага, после сжигания которой остается незначительный остаток.

Бумага бескислотная — бумага, не содержащая свободной кислоты, значение рН водной вытяжки которой, измеренное в стандартных условиях, равно 7 или незначительно превышает это значение.

Бумага бескислотная для консервации и реставрации документов — бумага, предназначенная для комплексной системы сохранности документов в фондах архивов, музеев, библиотек в качестве реставрационного, оберточного и прокладочного материала. Вырабатывается массой 1 м^2 от 10 до 50 г из химически стабильных и наиболее долговечных целлюлозных волокон с добавлением синтетических (полиэфирных) волокон, имеет длиноволокнистую сетчатую (дырчатую) структуру, практически одинаковую прочность в поперечном и машинном направлениях листа, нейтральную или слабощелочную реакцию водной

вытяжки. В ее составе отсутствуют соединения, способные к образованию свободной кислоты в условиях естественного старения или воздействия атмосферных загрязнителей.

Бумага библьдрук — см. *Бумага типографская тонкая*.

Бумага бактерицидная — бумага биоцидная, содержащая бактерицидные вещества, употребляемая для лечения ран и упаковывания продуктов с целью предохранения их от заражения бактериями.

Бумага биоцидная — собирательное название для бумаг, содержащих биоцидные вещества и обладающих способностью прекращать жизнедеятельность бактерий (бактерицидная бумага), плесневых грибов (фунгицидная бумага) и насекомых (инсектицидная бумага).

Бумага битумированная — бумага, пропитанная расплавленным битумом. Применяется для изготовления мешков, защитных покровов кабелей, а также в качестве упаковочного и всходозащитного материала.

Бумага быстروفилтующая — фильтровальная бумага, применяемая для отделения крупнозернистых осадков при фильтровании дисперсий.

Бумага бюварная — см. *Бумага промокательная*.

Бумага ватман, ватманская бумага, ватман — плотная белая высокочлееная бумага, предназначенная для черчения тушью и рисования. Отличается низкой сорностью, хорошим сопротивлением истиранию, высокой белизной, характерной шероховатой поверхностью. Первоначально вырабатывалась из тряпичной полумассы способом ручного отлива. В настоящее время так называют высококачественные сорта чертежной и рисовальной бумаги.

Бумага велюровая — см. *Бумага бархатная*.

Бумага вердоль — бумага, предназначенная для изготовления рисунчатых шелковых и льняных тканей. Вырабатывается из сульфитной небеленой целлюлозы с добавкой хлопковых волокон, машинной гладкости, со средней зольностью. Характеризуется высокой степенью проклейки и минимальной остаточной деформацией. Масса 1 м^2 120 г.

Бумага верже — бумага с водяным знаком из близко расположенных друг от друга в машинном направлении параллельных линий, иногда пересекаемых под прямым углом редко расположенными линиями.

Бумага влагопрочная (картон влагопрочный) — бумага (картон), подвергнутые специальной поверхностной обработке или полученные с введением в массу специальных веществ для повышения прочности во влажном состоянии. Вырабатываются с добавлением в массу некоторых видов синтетических смол (например, меламина-формальдегидной, мочевино-формальдегидной, полиамид-эпихлоргидриновой и др.

Бумага водонепроницаемая — бумага с повышенным сопротивлением проникновению воды. Водонепроницаемость достигается путем нанесения покровного слоя, пропиткой или обработкой бумажной массы.

Бумага водорастворимая — бумага из низкозамещенной метилцеллюлозы с нормируемыми показателями сопротивления разрыву и времени растворения в воде. Применяется для санитарно-гигиенических целей.

Бумага восковая — непромокаемая бумага, пропитанная воском, применявшаяся для медицинских компрессов. В настоящее время заменена *ламинирующей бумагой*.

Бумага впитывающая — неклееная бумага, отличающаяся повышенной впитывающей способностью по отношению к различным жидкостям.

Бумага всходозащитная для мульчирования, бумага мульч — мешочная или оберточная бумага с односторонним покрытием смесью нефтешлака, масла и канифоли, предназначенная для использования в сельском хозяйстве с целью защиты культурных растений от сорняков и повышения экономичности сельскохозяйственного пр-ва.

Бумага высокозольная — бумага с зольностью выше 23 %.

Бумага высокопрочная упаковочная, крафт-бумага — очень прочная клееная бумага, изготовленная из сульфатной белиленой целлюлозы. Применяется для упаковывания товаров и почтовой корреспонденции.

Бумага высокосортная — бумага, вырабатываемая из волокнистого сырья высокого качества, например, из смеси тряпичной белиеной целлюлозы или хлопковой целлюлозы и белиеной целлюлозы или из 100 % белиеной целлюлозы.

Бумага газетная — неклееная малозольная бумага для печатания газет на плоскостатных, ротационных и офсетных печатных машинах. Вырабатывается массой 1 м^2 40...55 г из древесной массы с добавкой целлюлозы, а также из ТММ, ХТММ, макулатурной массы. Иногда содержит небольшое количество наполнителя.

Бумага гербовая — бумага, клейменная гербом или с наклеенной государственной маркой, применявшаяся в царской России для взимания пошлин при написании различных документов. Впервые введена в Голландии в 1624 г., в России — в 1699 г.

Бумага гигиеническая — см. *Бумага туалетная*.

Бумага гидрофильная — бумага с гидрофильным покровным слоем, предназначенная для изготовления офсетных печатных форм для малоформатных и малотиражных работ.

Бумага глазированная — бумага с повышенной гладкостью и лоском, приобретенными в процессе ее отделки на суперкаландре.

Бумага графитная — бумага, содержащая графит в виде наполнителя или в покровном слое. Имеет скользкую поверхность, обладает электро-

проводностью и непрозрачностью. Применяется в качестве электропроводящей бумаги или антикоррозионной упаковки стальных изделий.

Бумага грунтованная — бумага с покрытием, предназначенная для нанесения на ее покрытие печатных красок или др. веществ с целью получения декоративного эффекта. Используется в пр-ве обоев.

Бумага гуммированная — бумага с односторонним клеевым покровным слоем, способным при смачивании водой или при нагревании приклеиваться к другим предметам.

Бумага гуммированная для переводных изображений, бумага для декалькомании — бумага с односторонним клеевым покровным слоем, предназначенная для перевода напечатанных на ней рисунков на фарфор, дерево, стекло, бумагу, металл, а также для детских переводных картинок. Изготавливается с пониженной влажностью и с ограниченной сорностью, массой 1 м^2 150...160 г. Масса клеевого слоя составляет 14...19 % от массы бумаги-основы.

Бумага двухслойная водонепроницаемая упаковочная — бумага, состоящая из двух слоев бумаги-основы, склеенных нефтяным битумом. Масса 1 м^2 220 г. Расход битума на склейку составляет 30...40 % от массы бумаги-основы. Применяется для упаковывания металлоизделий, инструментов, электродов, приборов, а также кордной ткани, мебели, товаров бытовой техники и пр.

Бумага декоративная — бумага, имеющая окрашенную, гладкую или крепированную поверхность или поверхность, имитирующую бархат, мрамор, кожу, ткань.

Бумага денежная — прочная, долговечная, влагопрочная бумага с водяными знаками и др. средствами защиты для изготовления денежных знаков, банковских чеков, облигаций и др. Вырабатывается из хлопковой и белиеной древесной целлюлозы.

Бумага диаграммная — бумага, предназначенная для изготовления диаграммных лент и дисков, используемых в регистрирующих приборах и устройствах для нанесения технической информации чернилами, пастой или тушью. Изготавливается из белиеной сульфатной и сульфитной целлюлозы. Масса 1 м^2 50...115 г, толщина 55...115 мкм. Обладает малой линейной деформацией при изменении относительной влажности воздуха. Нормируются показатели гладкости и белизны.

Бумага diaзотипная светочувствительная — светочувствительная бумага с diaзотипным покровным слоем для получения позитивных светочувствительных копий со светопрозрачных штриховых и текстовых оригиналов.

Бумага длинноволокнистая — бумага, вырабатываемая из неразмолотых хлопковых и/или синтетических волокон методом сухого формования или мокрым способом на специально приспособленных для этой цели БДМ. Применяется в качестве бумаги-основы для электроизоляционных ма-

териалов, для замены текстиля в пр-ве ледерина, гранитоля, клеенки, шлифовальной шкурки, для изготовления фильтров и др. целей.

Бумага для внутренних слоев пластика — бумага, предназначенная (после ее пропитки водным р-ром карбамидных или других синтетических смол) для изготовления внутренних слоев бумажно-слоистого пластика, получаемого при горячем прессовании. Вырабатывается из сульфатной небеленой целлюлозы, размолотой до невысокой степени помола, непроклеенной, без наполнителя, с достаточно высокой разрывной длиной и хорошей капиллярной впитываемостью воды.

Бумага для гибких ленточных геодрен — бумага сухого формования из полиэфирных волокон, проклеенных синтетическим полимерным связующим. Обладает высокими хемо-, био- и атмосферостойкостью, легко сваривается. Применяется для изготовления гибких ленточных геодрен, служащих для уплотнения грунта путем отведения грунтовых вод.

Бумага для глубокой печати, бумага-тифдрук, тифдручная бумага — слабоклееная бумага с повышенной зольностью, обладающая ровной комкнутой поверхностью, для печатания многокрасочных иллюстрационно-текстовых изданий и иллюстрационной изобразительной продукции способом глубокой печати. Вырабатывается из беленой целлюлозы, массой 1 м^2 70 и 100 г. Кроме обычных требований к бумаге для печати нормируется впитываемость по ксилолу.

Бумага для горчичников — бумага-основа, предназначенная для изготовления медицинских горчичников. Вырабатывается из смеси небеленой целлюлозы и древесной массы, машинной гладкости, среднеклееной, с небольшим сопротивлением разрыву и излому. Масса 1 м^2 100 г.

Бумага для гофрирования, флутинг — бумага, предназначенная для изготовления гофрированного слоя гофрированного картона. Массу 1 м^2 80...160 г. Отличается высоким сопротивлением плоскостному и торцовому сжатию.

Бумага для гудронирования — бумага-основа, применяемая для изготовления двухслойной упаковочной битумированной бумаги. Вырабатывается из сульфатной небеленой целлюлозы, массой 1 м^2 45, 80 и 125 г, хорошо клееной, без наполнителя. Отличается низкой плотностью, высоким сопротивлением разрыву и определенным относительным удлинением.

Бумага для декалькомании (не рекомендуется) — см. *Бумага гуммированная для переводных изображений*.

Бумага для игральные карт — светонепроницаемая высококлееная бумага, отличающаяся высокой прочностью кромок листа. Вырабатывается трехслойной с закрашенным внутренним слоем, обеспечивающим светонепроницаемость листа. Масса 1 м^2 240...300 г.

Бумага для изделий санитарно-гигиенического назначения — бумага с нормируемыми показателями

впитываемости и прочности при растяжении, предназначенная для изготовления туалетной бумаги, различного вида салфеток, полотенец, носовых платков, скатертей, гигиенических бинтов, пеленок, нагрудников и т. п. Часто выпускается крепированной. Масса 1 м^2 17...60 г.

Бумага для картотек — клееная среднезольная бумага с нормированной гладкостью, предназначенная для каталогов и картотек.

Бумага для ксерокопирования — см. *Бумага офисная*.

Бумага для нитеносителей текстильной промышленности, бумага шпульная, бумага для текстильных патронов и конусов — бумага, предназначенная для изготовления конических и цилиндрических нитеносителей для текстильной промышленности. Вырабатывается машинной гладкости с массой 1 м^2 240 г, окрашенной в массу в различные цвета. Окраска должна быть прочной, т. е. не переходить на наматываемую пряжу.

Бумага для обоев, обойная бумага — бумага, предназначенная для изготовления обоев. Сырьем служат беленая целлюлоза и древесная масса. Вырабатывается одно- и двухслойной, массой 1 м^2 от 70 до 150 г — в зависимости от вида обоев (гладкие, гофрированные, тисненные, дублированные и др.). Нормируются показатели разрушающего усилия в сухом и влажном состоянии, относительного удлинения, впитываемости при одностороннем смачивании, белизны и др.

Бумага для окисно-ртутных элементов — см. *Бумага щелочестойкая для ртутно-цинковых элементов*.

Бумага для оклейки бумажно-беловых товаров и картонажной продукции — бумага, с односторонним цветным покрытием (нитроцеллюлозным, поливинилацетатным, пигментированным) с лакированием и тиснением. Отличается прочностью покровного слоя к истиранию, неслипаемостью, светостойкостью. Масса 1 м^2 115...145 г.

Бумага для оклейки электротехнической стали — бумага, предназначенная для наклеивания на листы электротехнической стали в качестве изоляционного материала. Вырабатывается из беленой сульфатной целлюлозы, без наполнителя, с односторонней гладкостью и нормированной кислотностью.

Бумага для офисной техники — см. *Бумага офисная*.

Бумага для очистки жидких нефтепродуктов — фильтровальная бумага, применяемая для очистки бензина, дизельного топлива, смазочного масла. Масса 1 м^2 100...200 г. В зависимости от назначения имеет различную тонкость фильтрации. Задерживает частицы загрязнений размером от 5 до 30 мкм.

Бумага для патронирования — бумага, предназначенная для патронирования промышленных взрывчатых веществ. Вырабатывается из сульфатной небеленой целлюлозы, массой 1 м^2 42 г, цвета натурального волокна или окрашенной в желтый,

красный, синий цвета, с высокими показателями механической прочности, неклееной, без наполнителя, с нормируемой парафинопроницаемостью.

Бумага для перфораторной ленты — бумага, предназначенная для изготовления перфораторных лент, применяемых в системах обработки и передачи информации, автоматического управления. Вырабатывается из смеси сульфитной и сульфатной беленой целлюлозы, массой 1 м^2 90...95 г, высококлееной, механически прочной с ограниченными показателями линейной деформации и сорности, с нормированными показателями прозрачности, светопрозрачности и удельного поверхностного электрического сопротивления. Может выпускаться с антистатической обработкой. В настоящее время пр-во практически прекращено.

Бумага для печати — бумага, предназначенная для печатания издательской и изобразительной продукции, в том числе газетная, книжно-журнальная, картографическая, документная и пр.

Бумага для печати офсетная, бумага офсетная (от англ. *offset* — способ печати с промежуточной поверхности) — бумага, предназначенная для печатания иллюстрационно-текстовых изданий и изобразительной продукции офсетным способом. Изготавливается из беленой целлюлозы (сульфитной и сульфатной лиственной), иногда с добавкой белой древесной массы, массой 1 м^2 от 60 до 240 г, хорошо клееной, с ограниченной линейной деформацией при увлажнении. Отличается прочной поверхностью, исключающей выщипывание волокон в процессе печатания.

Бумага для печати типографская, бумага типографская (гр. *typos* — отпечаток, *grapho* — пишу) — слабосклееная среднезольная или повышенной зольности бумага для печатания способом высокой печати. Выпускается массой 1 м^2 60...80 г с невысокой механической прочностью, достаточно высокой белизной и ограниченной сорностью.

Бумага для принтеров — см. *Бумага офисная*.

Бумага для салфеток, бумага салфеточная — бумага, предназначенная для изготовления салфеток. Вырабатывается массой 1 м^2 25...50 г, белой или окрашенной, крепированной, значение pH водной вытяжки 4,5...8,0. Нормируются также показатели разрушающего усилия и впитываемости воды.

Бумага для слоистых пластиков — см. *Бумага-основа для производства декоративных облицовочных материалов*.

Бумага для спичечных коробок — клееная бумага односторонней гладкости для печатания этикеток, наклеиваемых на спичечные коробки, для оклейки спичечных коробок и для их упаковки. Для оклейки спичечных коробок вырабатывается цветная бумага массой 1 м^2 43 г, среднеклееная, малозольная, с высокой разрывной длиной в машинном направлении; для этикеток — цветная и белая массой 1 м^2 60 г, односторонней гладкости с небольшой механической прочностью.

Бумага для текстильных патронов и конусов — см. *Бумага для нитеносителей текстильной промышленности*.

Бумага для упаковывания пищевых продуктов на автоматах — клееная бумага, предназначенная для изготовления пачек, коробок, пакетов, стаканчиков с нанесением печати или без нее, используемых для упаковывания пищевых продуктов на автоматах. Вырабатывается массой 1 м^2 от 60 до 250 г, двухслойной и однослойной, средней зольности, с ограниченной поверхностной впитываемостью воды.

Бумага для упаковывания текстильных материалов и изделий — прочная клееная бумага, хорошо каландрованная. Вырабатывается из беленой целлюлозы с добавлением белой древесной массы. Масса 1 м^2 83 г.

Бумага для фильтрации воздуха — бумага, имеющая высокие показатели пористости и воздухопроницаемости при заданной эффективности улавливания пылевых частиц. Применяется для изготовления фильтрующих элементов воздушных фильтров в двигателях внутреннего сгорания, фильтров бытовых и промышленных пылесосов и др. техники.

Бумага для химических источников тока — тонкая щелочестойкая длинноволокнистая бумага с нормируемыми показателями впитываемости щелочи, с ограниченным содержанием железа и меди, для сепараторов в химических источниках тока.

Бумага для хроматографии, хроматографическая бумага — впитывающая бумага высокой белизны с минимальным содержанием железа, меди и золы, с высоким содержанием α -целлюлозы для хроматографических и электрофоретических качественных анализов. Вырабатывается из беленой хлопковой целлюлозы, массой 1 м^2 от 85 до 200 г, неклееной, без наполнителя, с нейтральной реакцией водной вытяжки.

Бумага для электролитических конденсаторов — бумага, предназначенная для прокладок в алюминиевых окисно-электролитических конденсаторах. Толщина 10...95 мкм, плотность 0,36...0,80 г/см³. Характеризуется ограниченным содержанием железа и меди, хлорид- и сульфатионов, низкой удельной электрической проводимостью водной вытяжки.

Бумага документная — высококлееная бумага для изготовления различных документов (паспортов, удостоверений, полисов и др.). Вырабатывается из беленой древесной целлюлозы, иногда с добавкой хлопковой целлюлозы. В большинстве случаев имеет водяной знак. Характеризуется высоким сопротивлением механическому воздействию и износу.

Бумага долговечная — бумага для долголетнего хранения без значительного изменения ее свойств.

Бумага жиронепроницаемая — бумага с повышенным сопротивлением проникновению жиросо-

державших веществ. Жиронепроницаемость достигается путем специальной технологии бумаги с образованием сомкнутой поверхности, либо нанесением жиронепроницаемого поверхностного покрытия, либо введением в бумажную массу специальных химикатов.

Бумага замшевая — бумага, имитирующая поверхность замши. Ворс состоит из вискозных или шерстяных волокон длиной 0,3...0,5 мм, окрашенных в желаемый цвет. Применяется для декоративных целей.

Бумага, защищенная от подделок — бумага, включающая антифальсификационные характеристики, чтобы обнаружить подделки или попытки подделок. Применяется для изготовления денежных знаков (*денежная бумага*), документов (*документная бумага*) и т. д.

Бумага изоляционная — бумага, предназначенная для изоляции каналов передачи тепловой, звуковой, световой и электрической энергии.

Бумага ингибированная — см. *Бумага антикоррозионная упаковочная*.

Бумага инсектицидная — бумага биоцидная, содержащая инсектицидные вещества, предотвращающие деятельность вредных насекомых.

Бумага кабельная — электроизоляционная бумага с ограниченным содержанием железа, невысоким тангенсом угла диэлектрических потерь и низкой удельной электропроводностью водной вытяжки. Отличается высоким сопротивлением разрыву в машинном направлении. Применяется для изоляции силовых кабелей и арматуры для них. Вырабатывается из сульфатной небеленой целлюлозы, без проклейки и наполнителя, толщиной от 15 до 240 мкм.

Бумага кабельная крепированная — бумага кабельная, изготовленная путем склеивания битумом двух слоев крепированной основы. Применяется для защитных покровов силовых бронированных кабелей. Выпускается массой 1 м² 190...260 г с высокими показателями относительного удлинения и водонепроницаемости. Массовая доля битума должна быть не менее 50 %.

Бумага кабельная полупроводящая — кабельная бумага с включением в композицию сажи, предназначенная для экранирования изоляции силовых кабелей и арматуры для них.

Бумага кабельная термостойкая — бумага, предназначенная для изоляции силовых кабелей напряжением до 35 кВ. Вырабатывается из сульфатной небеленой целлюлозы, машинной гладкости, светло-красного цвета. Толщина 0,125 и 0,170 мм, плотность 0,78 г/см³. Имеет высокую прочность и ограниченную воздухопроницаемость. Нормируются также потери механической прочности при нагревании и удельная электрическая проводимость водной вытяжки.

Бумага каландровая — бумага, используемая для набивки валов суперкаландров. Вырабатывается из смеси хлопчатобумажного и шерстяного волокон, массой 1 м² 80...100 г, с низкими пока-

зателями плотности и разрывной длины. Должна обладать способностью сжиматься и выдерживать высокие температуры.

Бумага карбонная — см. *Бумага копировальная*.

Бумага картографическая — влагопрочная высококлееная бумага с низкой линейной и остаточной деформацией при увлажнении, предназначенная для печатания морских, топографических, географических и других видов карт и атласов офсетным способом. Вырабатывается массой 1 м² от 85 до 160 г из беленой древесной целлюлозы с добавкой 10...20 % хлопковой целлюлозы. Отличается высокими показателями сопротивления излому, белизны, влагопрочности и стойкости поверхности к выщипыванию.

Бумага (картон) без древесной массы, чистоцеллюлозная бумага (картон) — бумага (картон), в волокнистую композицию которых входит только целлюлоза. На практике в бумаге (картоне) может содержаться небольшое кол-во других волокнистых полуфабрикатов.

Бумага (картон) без отделки — бумага (картон), не подвергнутые каландрированию.

Бумага (картон) двусторонне окрашенные — бумага (картон), обе стороны которых специально окрашивают в процессе пр-ва.

Бумага (картон) двухслойные — бумага (картон), состоящие из двух элементарных слоев, соединенных в процессе пр-ва во влажном состоянии без использования клеящего вещества.

Бумага (картон) из древесной массы — бумага (картон) в композицию которых в основном входит древесная масса.

Бумага (картон) калиброванные — бумага (картон), пропущенные через *калибровочный каландр* с целью выравнивания и получения равномерной толщины.

Бумага (картон) лощеные — бумага (картон), пропущенные через лощильный или фрикционный каландр или лощильный станок с целью придания им высокой степени лоска.

Бумага (картон) машинной гладкости — бумага (картон), пропущенные через каландр БДМ (КДМ) с целью получения равномерной толщины и гладкой поверхности с обеих сторон.

Бумага (картон) металлизированные — бумага (картон) с покровным слоем из металлической фольги или из распыленного металла. Используются в технике, а также как декоративный и упаковочный материал.

Бумага (картон) многослойные — бумага (картон), состоящие из более чем двух элементарных слоев, соединенных в процессе пр-ва еще во влажном состоянии, без использования клеящего вещества. Два или более элементарных слоев могут быть одинакового состава.

Бумага (картон) огнезащитные, бумага (картон) невоспламеняющиеся, бумага (картон) огнестойкие — бумага (картон), подвергнутые специальной обработке (например, пропитке р-ром ан-

типирана), придающей им некоторую степень невоспламеняемости и/или невозгораемости.

Бумага (картон) односторонне окрашенные — бумага (картон), одна сторона которых специально окрашивается в процессе пр-ва.

Бумага (картон) с покровным слоем, бумага (картон) с покрытием — бумага (картон) с нанесенным на поверхность слоем, состоящим из одного или нескольких компонентов для придания специфических свойств.

Бумага кембриковая (от англ. *cambric* — льняной батист) — писчая бумага с тисненым рисунком, имитирующим льняное и хлопчатобумажное полотно. Бумага кембриковая с лаковым одноцветным покрытием применяется для отделки книжных переплетов, картонажных и галантерейных изделий.

Бумага китайская — тонкая, мягкая и прочная бумага односторонней гладкости, бледно-желтого цвета, изготавливаемая в Китае ручным, кустарным способом из бамбука, луба шелковичного дерева и др. Применяется в качестве переводной бумаги и др.

Бумага клееная — бумага, проклеенная в массе или на клеильном прессе и имеющая степень проклейки по штриховому методу не менее 0,75 мм. Бумагу, имеющую степень проклейки от 0,25 до 0,75 мм, называют слабоклееной (полуклееной), от 1,25 до 1,75 мм — хорошо клееной, свыше 1,75 мм — высококлееной.

Бумага конденсаторная — электроизоляционная бумага, применяемая в качестве диэлектрика в электрических конденсаторах. Вырабатывается из сульфатной небеленой целлюлозы, неклееная и без наполнителя. Выпускается с плотностью до 1,35 г/см³ и толщиной 4...30 мкм. Характеризуется высоким разрывным усилием, ограниченными значениями показателей удельной электропроводности водной вытяжки, содержания натрия, бора, хлорид- и сульфат-ионов, токопроводящих включений, тангенса угла диэлектрических потерь и высоким значением пробивного напряжения. Выпускается различных видов и марок в зависимости от назначения и уровня показателей качества.

Бумага копировальная, бумага карбонная (от фр. *carbone* — углерод) — бумага, используемая для получения копий для печатания на пишущей машинке и при письме карандашом или шариковой ручкой. Изготавливается из бумаги-основы массой 1 м² 14...20 г, на поверхность которой наносится краска на основе технического углерода (сажи) в кол-ве 6...8 г/м².

Бумага крепированная, бумага креповая — бумага, обладающая мелкокладчатой поверхностью, с повышенным удлинением до разрыва, получаемая путем обработки бумаги-основы на *крепировальной машине*, либо при помощи *Янки-цилиндра* и шабера на БДМ, в результате чего длина бумаги уменьшается на 15...50 %.

Бумага крепированная декоративная — тонкая, без наполнителя, окрашенная бумага с жест-

ким и мелким крепированием, используемая в качестве декоративного материала для изготовления искусственных цветов и др. бумажных изделий.

Бумага крепированная для полиграфической промышленности — крепированная бумага с повышенной растяжимостью и динамической прочностью, применяемая в качестве окантовочного материала для оклейки корешков книжных блоков, изготавливаемых бесшвейным способом скрепления. Вырабатывается массой 1 м² 90 г из 100%-ной высокопрочной сульфатной целлюлозы.

Бумага крепированная упаковочная, упаковочный алигнин — тонкая крепированная бумага, изготавливаемая из белой и небеленой целлюлозы, предназначенная для прокладки и упаковывания различных изделий.

Бумага креповая — см. *Бумага крепированная*.

Бумага курительная — бумага, предназначенная для изготовления папирос ручной закрутки из махорки; тонкая малозольная, машинной гладкости с нормированными показателями разрывной длины и воздухопроницаемости.

Бумага лавсановая — бумага, получаемая на основе полиэфирного (лавсанового) волокна. Устойчива к термическому старению. Вырабатывается массой 1 м² 34...200 г. Используется для получения различных электроизоляционных материалов — *пленкосинтокартона*, гетинакса, стеклослюдинитовых лент, а также в качестве подложки для обратноосмотических ультра- и микрофильтрационных мембран.

Бумага лакмусовая — индикаторная реактивная бумага массой 1 м² 75...100 г, неклееная, без наполнителя, пропитанная лакмусом. Применяется в качестве индикатора на щелочь и кислоту.

Бумага легкая мелованная (англ. — *LWC*) — мелованная бумага с массой 1 м² обычно не более 60 г, в композицию которой входит механическая масса в количестве 25...55 %. Масса покрытия составляет не более 30 (часто — 5...10) % общей массы листа. Используется для печати (например, журналов) ротогравюрным или офсетным способом.

Бумага лощеная — бумага, пропущенная через лощильный или фрикционный каландр, лощильный станок или цилиндр с целью придания ей высокой степени лоска.

Бумага малозольная — бумага с зольностью до 6 %.

Бумага масштабно-координатная, бумага миллиметровая — бумага, предназначенная для выполнения чертежных и графических работ. Вырабатывается из белой целлюлозы в рулонах (масса 1 м² — 50...80 г) и листах (масса 1 м² — 50...120 г). Имеет графленую сетку в виде взаимно перпендикулярных линий, образующих квадратные клетки с размерами сторон 1, 2, 5, 10, 20 и 50 мм. Выпускается также бумага масштабно-координатная логарифмическая и полулогарифмическая со специальным графлением для графического оформления расчетов экспериментальных данных.

Бумага машинописная — бумага равномерно проклеенная, обладающая устойчивостью к механическому воздействию при ударе литер пишущей машинки и при стирании текста, предназначенная преимущественно для получения первого экземпляра.

Бумага машинописная тонкая, бумага копийная — бумага, предназначенная для получения копий (5...10) при печатании на пишущей машинке. Вырабатывается из сульфитной и сульфатной беленых целлюлоз, массой 1 м^2 16...40 г, машинной или односторонней гладкости, с достаточной механической прочностью.

Бумага медицинская крепированная, алигнин медицинский, целлюлозная вата — тонкая бумага с высокой поверхностной впитывающей способностью. Применяется в качестве перевязочного материала (взамен ваты) и упаковочного материала для лекарственных препаратов и медицинских инструментов. Вырабатывается из беленой сульфитной и, частично, сульфатной целлюлозы, массой 1 м^2 в крепированном состоянии 37 г, в виде многослойных листов или в рулонах. Отличается пухлостью, мягкостью, высокой растяжимостью.

Бумага мелованная — бумага с одно- или двухсторонним покрытием, состоящим в основном из пигмента и связующего вещества, с введением пластификаторов, диспергаторов, антивспенивателей и др. химических вспомогательных веществ. Отличается высокой гладкостью и белизной поверхности. Предназначена преимущественно для печати иллюстрационных и иллюстрационно-текстовых изданий.

Бумага мешочная — прочная высококлееная бумага из небеленой сульфатной целлюлозы для изготовления мешков, в том числе влагопрочных и с покровным слоем. Вырабатывается массой 1 м^2 от 70 до 100 г. Характеризуется высокими значениями показателей сопротивления раздиранию, удлинению при разрыве, сопротивления излому и продавливанию. Для изготовления бумажных мешков с высокой динамической прочностью вырабатывается микрокрепированной.

Бумага микалентная — тонкая длинноволокнистая бумага из хлопковых волокон, применяемая после пропитки бакелитовым лаком и посыпки мелкой слюдой (микалента) для электроизоляционных целей.

Бумага миллиметровая — см. *Бумага масштабно-координатная*.

Бумага мраморная — бумага с односторонним многокрасочным, мраморовидным глянцевым покрытием, для оклейки переплетов, беловых товаров, а также для декоративных целей.

Бумага мульч — см. *Бумага всходозащитная для мульчирования*.

Бумага мундштучная — клееная среднезольная бумага с высокими показателями упругости и сопротивления разрыву в машинном направлении для изготовления мундштуков папиросных гильз.

Вырабатывается массой 1 м^2 100 г, среднечлестной, машинной гладкости.

Бумага наждачная — см. *Бумага абразивная*.

Бумага неклееная — бумага, не подвергавшаяся проклейке. Имеет степень проклейки менее 0,25 мм по штриховому методу.

Бумага «Номекс» («Nomex») — фирменное название синтетической бумаги, вырабатываемой из резаного волокна и фибридов на основе награвостойкого ароматического полиамида — полиметакриленизофталамида. Выпускается фирмой «DuPont» (США) пяти марок толщиной 0,05...0,76 мм, плотностью 0,1...1,2 г/см³, каландрированной и некаландрированной. В России выпускается аналог — *aramидная бумага*.

Бумага оберточная — бумага, предназначенная для упаковывания пищевых продуктов, медикаментов и готовых изделий, а также изготовления пакетов. Вырабатывается массой 1 м^2 20...160 г из различных волокнистых полуфабрикатов. Имеет достаточно высокую механическую прочность и степень проклейки.

Бумага обложечная — светопрочная белая или цветная бумага, предназначенная для изготовления обложек и переплетов книг, брошюр, журналов. Вырабатывается из беленой или небеленой хвойной целлюлозы и белой древесной массы, массой 1 м^2 100...240 г. Может быть каландрированной, машинной гладкости или тисненой. Отличается низкой линейной деформацией после наматывания и ограниченной скручиваемостью при одностороннем увлажнении. Бумага обложечная для изданий длительного срока службы содержит гидрофильные связующие.

Бумага обложечная тетрадная — цветная бумага, предназначенная для изготовления обложек школьных тетрадей. Вырабатывается мелованной (масса 1 м^2 110 г) и немелованной (масса 1 м^2 80 г).

Бумага обойная — см. *Бумага для обоев*.

Бумага односторонней гладкости — бумага, пропущенная через лощильный цилиндр с целью получения повышенной гладкости с одной стороны.

Бумага-основа — бумага различной композиции и свойств, предназначенная для переработки в др. изделия путем соответствующих обработок, пропиток, нанесения покрытий.

Бумага-основа для диазотипа — бумага с высокой прозрачностью, предназначенная для изготовления диазотипа. Вырабатывается из хлопковой полумассы (для копий архивного хранения) или из беленой хвойной целлюлозы (для текущего использования). Масса 1 м^2 58 и 60 г.

Бумага-основа для каширования металлической фольгой — бумага, предназначенная для склеивания с металлической фольгой. Вырабатывается двух марок: «А» — из сульфитной небеленой целлюлозы из хвойной древесины и белой древесной массы; «Б» — из сульфатной беленой целлюлозы. Из хвойной древесины с добавкой целлюло-

зы из лиственной древесины. Клееная, каландрированная, массой 1 м^2 35...90 г. Отличается высоким показателем разрушающего усилия и ограниченной поверхностной впитываемостью воды при одностороннем смачивании.

Бумага-основа для клеевой ленты — бумага, применяемая в качестве основы в пр-ве клеевой ленты, проявляющей адгезионную способность после смачивания. Вырабатывается из сульфатной небеленой целлюлозы, массой 1 м^2 35...80 г, высококлееной, без наполнителя, с высокими значениями разрушающего усилия при растяжении.

Бумага-основа для производства декоративных облицовочных материалов — в зависимости от способа применения включает две группы бумаг: 1) основа для декоративных бумажно-слоистых пластиков (ДБСП), в том числе основа для декоративного слоя ДБСП и основа для внутреннего слоя ДБСП; 2) основа пленочных материалов для замены строганого шпона ценных пород древесины, цветных эмалей при облицовывании ДСП и ДВП в мебельной пром-сти, а также в гражданском строительстве для облицовывания полов. Вырабатывается из сульфатной беленой (декоративные слои) и небеленой (внутренние слои) целлюлозы без проклейки, с высоким содержанием наполнителя. Наряду с высокими показателями впитываемости и пористости должна обладать достаточной прочностью в сухом и влажном состоянии. Масса 1 м^2 50...160 г.

Бумага-основа для шлифовальной шкурки, основа абразивной бумаги — высококлееная бумага с высокими показателями механической прочности. Вырабатывается из сульфатной небеленой целлюлозы, без наполнителя, машинной гладкости, массой 1 м^2 100...260 г. Отличается высоким сопротивлением расслаиванию и минимальной скручиваемостью при одностороннем смачивании водой. Для изготовления шлифовальной шкурки, применяемой для влажного шлифования, выпускается влагостойкая бумага-основа с повышенными показателями прочности во влажном состоянии.

Бумага-основа фотобумаги, фотоподложка — бумага, предназначенная для изготовления фотобумаги общего и технического назначения. Вырабатывается из смеси беленой хвойной и лиственной целлюлозы, массой 1 м^2 90...235 г. Имеет среднюю гладкость, высокую белизну, хорошую влажностную прочность и ограниченное кол-во вкраплений железа и меди.

Бумага офисная, бумага для ксерокопирования, бумага для офисной техники, бумага для принтеров — бумага, обычно немелованная, из беленой целлюлозы, массой 1 м^2 65...90 г, предназначенная для струйных, лазерных и матричных принтеров, офсетных машин, копировально-множительных аппаратов, пишущих машинок. Обычные размеры листа — форматы А4, А3.

Бумага офсетная — см. *Бумага для печати офсетная*.

Бумага папиросная — бумага, предназначенная для машинного изготовления папирос. Вырабатывается из сульфатной беленой целлюлозы с добавкой льняного и конопляного волокна, массой 1 м^2 16 г, неклееной и без наполнителя. Характеризуется высокими показателями механической прочности и удлинения при разрыве, ограниченной воздухопроницаемостью и наличием филигранного рисунка.

Бумага парафинированная — бумага, предназначенная для упаковывания кондитерских изделий, медикаментов, металлоизделий с целью защиты от влаги. Вырабатывается из бумаги-основы массой 1 м^2 25...40 г путем пропитки парафином, иногда с добавлением церезина, индустриального масла и др. химикатов. Массовая доля парафина в бумаге парафинированной составляет 25...50 %.

Бумага патронная — бумага машинной гладкости с нормируемым удлинением при разрыве для изготовления гильз и оболочек порохового и др. зарядов. Вырабатывается из сульфатной небеленой целлюлозы, толщиной 0,14...0,30 мм, клееной, без наполнителя, машинной гладкости, с ограниченными показателями воздухопроницаемости и деформации после намокания в воде.

Бумага пачечная двухслойная для упаковывания папирос и сигарет — клееная среднезольная бумага односторонней или машинной гладкости, из которой после нанесения многокрасочной печати изготавливают пачки для упаковывания папирос и сигарет. Вырабатывается массой 1 м^2 190 г. Поверхностный слой состоит из беленой целлюлозы, основной — из небеленой целлюлозы и белой древесной массы или макулатуры.

Бумага перфокарточная — бумага, применяющаяся для изготовления перфокарт, использовавшихся в качестве носителей информации в устройствах ввода-вывода вычислительной и информационной техники и автоматического управления. В состав входит беленая и небеленая целлюлоза; масса 1 м^2 160 г, толщина 180 мкм. Нормируются показатели сопротивления продавливанию, жесткости при статическом изгибе, скручиваемости, линейной деформации, гладкости.

Бумага писчая — бумага, предназначенная для изготовления бумажно-беловых изделий, школьных и общих тетрадей, бумаги потребительских форматов, почтовой бумаги, бланочной продукции. Изготавливается из беленой целлюлозы с введением до 25 % беленой хлопковой целлюлозы (для высших марок) и до 50 % белой древесной массы (для низших марок). Среднеклееная, иногда — с водяными знаками. Нормируются гладкость, белизна, непрозрачность. Масса 1 м^2 60...80 г.

Бумага повышенной зольности — бумага с зольностью от 18 до 23 %.

Бумага полуватман, бумага полуватманская — бумага для черчения тушью и рисования. Вырабатывается машинным способом.

Бумага поперечной резки — листовая бумага, у которой машинное направление совпадает с короткой стороной листа.

Бумага почтовая — бумага, предназначенная для почтовой корреспонденции. Изготавливается из писчей бумаги, писчей цветной бумаги, тетрадной бумаги и из других клееных видов бумаги; масса 1 м^2 45...80 г. Выпускается линованной или нелинованной, в одинарных и двойных (сфальцованных в один сгиб) листах форматом 210×297 (одинарные листы) и 148×210 мм. Бумага почтовая нелинованная иногда выпускается с цветным кантом или узорным обрезом, а также с печатным рисунком.

Бумага, предупреждающая потускнение — бумага, в которую введены определенные вещества для придания ей свойства, обеспечивающего предохранение блестящих металлических поверхностей от потускнения.

Бумага продольной резки — листовая бумага, у которой машинное направление совпадает с длинной стороной листа.

Бумага проклеенная — бумага, подвергнутая проклейке.

Бумага промокательная, бумага бьюарная — бумага с высокой поверхностной впитывающей способностью для осушения чернил при письме. Выпускается массой 1 м^2 65...200 г.

Бумага противокоррозионная — см. *Бумага антикоррозионная упаковочная*.

Бумага равнопрочная — бумага, обладающая близкими показателями механической прочности по длине и ширине листа.

Бумага рисовальная — прочная высококлееная бумага с гладкой или шероховатой поверхностью для рисования карандашом, тушью и акварельными красками. Вырабатывается из беленой хлопковой целлюлозы и беленой древесной целлюлозы. Характеризуется высокими показателями механической прочности и степени проклейки. Масса 1 м^2 100...235 г.

Бумага ротаторная — неклееная малозольная бумага машинной гладкости для размножения документации на множительных аппаратах.

Бумага салфеточная — см. *Бумага для изготовления салфеток*.

Бумага самокопировальная, бумага химическая самокопировальная — бумага, имеющая с одной стороны покрытие из микрокапсулированных цветообразующих компонентов, с другой — проявляющее покрытие. Под воздействием давления (например, при печати) оболочка микрокапсул разрушается, их содержимое высвобождается и адсорбируется стороной с проявляющим покрытием, где за счет химической реакции цветообразующих компонентов с проявителем образуется изображение. Применяется для получения копий взамен обычной копировальной бумаги.

Бумага санитарно-гигиеническая — см. *Бумага туалетная*.

Бумага с антиадгезионным покрытием, бумага антиадгезионная — бумага, покрытая с одной стороны тонким слоем кремнийорганического вещества (силикона). Используется в качестве защитной бумаги для липких этикеток, при изготовлении лейкопластыря, в пр-ве липких обоев, клеевых лент, для упаковки кондитерских и хлебобулочных изделий, а также липких материалов (каучука, битума).

Бумага светонепроницаемая для кино- и фотоматериалов — бумага, применяемая для упаковки фото-, кино- и рентгеновских пленок и фотобумаги. Отличается черным цветом, ограниченной дырчатостью, высокой светонепроницаемостью и отсутствием химического воздействия на светочувствительный слой. Масса 1 м^2 65...95 г.

Бумага светочувствительная — бумага с равномерно нанесенным на бумагу-основу светочувствительным покровным слоем.

Бумага сигаретная, бумага для сигарет — среднезольная неклееная тонкая бумага машинной гладкости с нормированным показателем тлеющей способности для изготовления сигарет. Вырабатывается из сульфатной беленой хвойной и лиственной целлюлозы; массой 1 м^2 22...24 г. В качестве наполнителя обычно используется осажденный карбонат кальция.

Бумага словарная — см. *Бумага типографская тонкая*.

Бумага среднезольная — бумага с зольностью от 6 до 18 %.

Бумага с поверхностной проклейкой — бумага с нанесенными на ее поверхность проклеивающими веществами.

Бумага с покровным слоем — бумага с нанесенным на нее слоем, состав которого определяется назначением бумаги, например, *мелованная, грунтованная* — для печати, *баритованная* — основа для фотобумаги, *гуммированная* — с сухим клеевым слоем и т. д.

Бумага стабилизированная, инсульдур — бумага, обработанная р-ром цианамиды (CN_2H_2). Толщина 80...120 мкм, плотность 80...1200 кг/м³, электрическая прочность в масле при температуре 90 °С — 68...82 МВ/м. Обладает высоким сопротивлением старению. Применяется в пр-ве кабелий и масляных трансформаторов.

Бумага суперкаландрированная — бумага, пропущенная через *суперкаландр* для придания ее поверхности большей гладкости и лоска по сравнению с *бумагой машинной гладкости*.

Бумага теплочувствительная — бумага с односторонним теплочувствительным покрытием, используемая для получения высококачественных изображений с применением тепловых импульсов. Обычно используется для факсимильных аппаратов, кассовых машин, медицинских приборов и др.

Бумага термореактивная — бумага с термореактивными и защитными слоями, нанесенными

ми на прозрачную бумагу-основу, для получения на термокопировальных аппаратах позитивных копий печатных материалов и чертежей. В настоящее время находит ограниченное применение.

Бумага типографская для многотомных изданий — бумага, предназначенная для печатания многотомных текстовых и иллюстрационно-текстовых изданий длительного срока службы. Изготавливается из сульфитной и сульфатной белевых целлюлоз, массой 1 м^2 70 и 80 г, слабоклееной, высокой гладкости, среднезольной, ограниченной сорности.

Бумага типографская тонкая, словарная бумага, бумага библьдрук (от нем. *Bibel* — Библия, *Druck* — печать) — бумага повышенной зольности, плотная, непрозрачная и прочная, для печатания справочных изданий и книг способом высокой печати. Изготавливается из белевой целлюлозы, масса 1 м^2 40...48 г. Впервые была выработана из тряпичной полумассы в 1841 г. в Англии для печатания библий.

Бумага тисью — тонкая крепированная одно- или многослойная бумага с сомкнутой поверхностью, изготавливаемая из целлюлозы и др. волокнистых полуфабрикатов. Крепирование обычно производится перед полным высыханием бумаги. Применяется для изготовления изделий санитарно-гигиенического назначения и др. целей.

Бумага-тифдрук, Бумага тифдручная — см. *Бумага для глубокой печати*.

Бумага тряпичная — бумага, полученная из массы, содержащей значительный процент тряпичной целлюлозы.

Бумага туалетная, бумага санитарно-гигиеническая, бумага гигиеническая — крепированная или гладкая бумага в рулончиках или пачках, неклееная, массой 1 м^2 20...50 г. Характеризуется высокой впитываемостью. Может выпускаться многослойной и тисненой.

Бумага упаковочная битумированная и дегтевая — прочная, водонепроницаемая, пропитанная битумом или дегтем, предназначенная для упаковывания различных изделий с целью защиты их от воздействия влаги. Отличается высокой степенью водо- и воздухонепроницаемости. Масса 1 м^2 бумаги-основы — 160 г.

Бумага упаковочная для районов с тропическим климатом — бумага, обеспечивающая защиту завернутых в нее продуктов и предметов от воздействия повышенной влажности воздуха, плесневых грибов и термитов. В зависимости от вида упаковываемого материала содержит в массе или в поверхностном слое ингибиторы атмосферной коррозии металлов или биоцидные вещества.

Бумага упаковочная для фруктов, бумага фруктовая — тонкая слабоклееная бумага односторонней или машинной гладкости, иногда пропитанная специальными веществами, предохраняющими фрукты от гниения. Вырабатывается из небеленой сульфитной целлюлозы, иногда с добавлением древесной массы и макулатуры, массой 1 м^2 20...45 г, с невысокой разрывной длиной.

Бумага упаковочная для чая, бумага чайная — бумага, предназначенная для упаковки чая в пачках. Вырабатывается клееной, односторонней гладкости или каландрированной, иногда кашированная фольгой.

Бумага упаковочная с поливинилиденхлоридным покрытием — комбинированный термосвариваемый материал, состоящий из бумаги-основы и поливинилиденхлоридного покрытия. Применяется для автоматического герметичного упаковывания чая, мороженого, продукции медицинского назначения (медикаментов в ампулах, липких пластырей и др.).

Бумага упаковочная с полипропиленовым покрытием — комбинированный термосвариваемый материал, состоящий из бумаги-основы и полипропиленового покрытия. Применяется для механизированной упаковки жиросодержащих пищевых концентратов, выстилания коробов под рыбу жирных пород, изготовления стерильных упаковок и др.

Бумага упаковочная с полиэтиленовым покрытием — комбинированный термосвариваемый материал, состоящий из бумаги-основы и полиэтиленового покрытия. Применяется для механизированной упаковки пищевых продуктов (соли, сахара, бакалейных товаров), материалов медицинского назначения, а также минеральных удобрений, ядохимикатов и различных гигроскопических сыпучих материалов технического назначения.

Бумага упаковочная термосвариваемая — прочная бумага с ограниченной паропроницаемостью, с поверхностным термосвариваемым слоем и нормируемой прочностью термосвариваемого шва для автоматического упаковывания различных товаров.

Бумага фенилон — см. *Бумага араמידная*.

Бумага фильтровальная лабораторная — бумага фильтровальная, предназначенная для количественных (беззольные фильтры) и качественных анализов и др. лабораторных работ. Вырабатывается из высококачественных белевых волокнистых полуфабрикатов, массой 1 м^2 75 и 85 г, с минимальным содержанием золы и железа. В зависимости от назначения может иметь различную эффективность улавливания частиц определенного размера.

Бумага фильтрующая мундштучная — бумага, предназначенная для изготовления многослойного материала, используемого в качестве фильтров сигарет; без наполнителя, тонкая, неклееная, крепированная.

Бумага форзацная — клееная среднезольная бумага с повышенным сопротивлением излому и ограниченной скручиваемостью после одностороннего увлажнения, используемая для изготовления форзацев книг. Вырабатывается преимущественно из белевой целлюлозы, массой 1 м^2 от 100 до 180 г.

Бумага фотографическая, фотобумага — светочувствительная бумага, предназначенная для получения фотоотпечатков с негативов. Вырабатывается из бумаги-основы путем нанесения на нее защитных и светочувствительного слоев.

Бумага фотополупроводниковая — см. *Бумага для электрографии*.

Бумага фототипная — малозольная высококлееная бумага машинной гладкости, с высокой степенью белизны, для печатания красочных репродукций способом фототипии. Вырабатывается из беленой целлюлозы, массой 1 м^2 130...180 г, с прочной поверхностью (большим сопротивлением выщипыванию).

Бумага фруктовая — см. *Бумага упаковочная для фруктов*.

Бумага фунгицидная — биоцидная бумага, содержащая фунгицидные вещества (например, салициланилид), предотвращающие деятельность плесневых грибов.

Бумага химическая самокопировальная — см. *Бумага самокопировальная*.

Бумага цветная писчая, бумага альбомная — каландрированная клееная бумага, окрашенная в светлые тона (голубой, светло-розовый, светло-зеленый и др.). Предназначена для изготовления форм учетно-отчетной документации, бланков и белых товаров. Вырабатывается преимущественно массой 1 м^2 от 55 до 80 г.

Бумага чайная — см. *Бумага упаковочная для чая*.

Бумага чайная для одноразовых пакетиков — пористая влагопрочная бумага. Вырабатывается из длиноволокнистых полуфабрикатов природного (растительные волокна) и искусственного (вискозные волокна) происхождения. Выпускается нетермосвариваемой и термосвариваемой. В последнем случае в композицию бумаги вводят термопластичные синтетические волокна. Масса 1 м^2 13...18 г.

Бумага чертежная — высококлееная с прочной поверхностью бумага машинной гладкости для всех видов чертежных работ и рисования акварельными красками. Вырабатывается из беленой целлюлозы (бумага чертежная повышенной сохранности — с введением не менее 30 % беленой хлопковой целлюлозы). Масса 1 м^2 160...200 г.

Бумага чертежная прозрачная — бумага, предназначенная для черчения карандашом или тушью и последующего копирования чертежей средствами репрографии. Может применяться в качестве основы масштабных координатных бумаг. Должна быть достаточно прозрачной для воспроизведения на ней изображения при использовании проходящего света и для копирования оригинала, помещенного под эту бумагу.

Бумага чисто тряпичная — бумага, полученная только из тряпичной полумассы, иногда содержащая незначительное кол-во нетряпичных волокон.

Бумага-шелковка — длиноволокнистая бумага массой 1 м^2 13...15 г. Вырабатывается из неразмолотого хлопка методом сухого формования. Применяется для изготовления восковки и роталенки (матриц для множительных аппаратов).

Нормируются показатели разрывного усилия и сорности.

Бумага шпагатная — бумага с высоким показателем прочности при растяжении в машинном направлении для изготовления бумажного шпагата. Вырабатывается из сульфатной небеленой целлюлозы, массой 1 м^2 40 и 42 г. Иногда выпускается влагопрочной с проклейкой в массе синтетическими смолами.

Бумага шпунльная — см. *Бумага для нитеносителей текстильной промышленности*.

Бумага щелочестойкая — бумага, применяемая для изготовления сепараторов для химических источников тока со щелочным электролитом. Характеризуется минимальной растворимостью, ограниченной линейной деформацией в щелочных растворах и высокой впитываемостью (600...1200 %) щелочного электролита.

Бумага щелочестойкая для ртутно-цинковых элементов, бумага для окисно-ртутных элементов — толстая щелочестойкая бумага с нормируемой толщиной после набухания в щелочи, с ограниченным содержанием железа и меди. Применяется для диафрагм в щелочных ртутно-цинковых элементах.

Бумага электроизоляционная — неклееная бумага, изготовленная из небеленой сульфатной целлюлозы, обладающая термостойкостью, высокими значениями показателей электрической прочности и удельного электрического сопротивления, содержащая минимальное кол-во токопроводящих включений.

Бумага электроизоляционная крепированная — бумага, предназначенная для изоляции отдельных узлов маслонаполненного оборудования при температуре до 105 °С. Изготавливается из электроизоляционной сульфатной целлюлозы, массой 1 м^2 130 г, с ограниченной зольностью и высоким относительным удлинением при растяжении в машинном направлении. Отличается высокой электрической прочностью в трансформаторном масле и низкой электрической проводимостью водной вытяжки.

Бумага электроизоляционная нагревостойкая — бумага класса нагревостойкости Е (рабочая температура до 120 °С), предназначенная для пр-ва электроизоляционных изделий и изоляции проводов, применяемых в трансформаторах и аппаратах с масляным заполнением. Получают путем обработки бумаги в процессе изготовления водорастворимыми азотсодержащими соединениями — органическими аминами или амидами (акриламид, дициандиамида, карбамид, меламин, 1,3- и 1,4-фенилендиамин).

Бумага электроизоляционная намоточная — бумага, предназначенная для производства получаемых намоткой электроизоляционных изделий, применяемых в трансформаторах и электроаппаратах всех классов напряжений при рабочей температуре до 105 °С. Изготавливается из сульфат-

ной небеленой целлюлозы, толщиной от 50 до 100 мкм, имеет высокие показатели механической и электрической прочности.

Бумага электроизоляционная оксидная — электроизоляционная бумага с введением активного оксида алюминия, предназначенная для межсекционной и корпусной изоляции силовых конденсаторов. Изготавливается из специальной сульфатной небеленой целлюлозы для конденсаторной бумаги. Толщина — 120 мкм.

Бумага электроизоляционная пропиточная — бумага, предназначенная для изготовления гетинакса электротехнического назначения. Изготавливается из сульфатной полубеленой целлюлозы, массой 1 м^2 50...120 г. Отличается высоким разрушающим усилием, высокой капиллярной впитываемостью и значительной электрической прочностью.

Бумага электроизоляционная трансформаторная — бумага, предназначенная для изготовления применяемых в трансформаторах и реакторах с масляным заполнением электроизоляционных изделий и изоляции проводов. В зависимости от назначения выпускается двух марок: высоковольтная (класса нагревостойкости А) толщиной 120 и 80 мкм, плотностью соответственно 0,80 и $1,10 \text{ г/см}^3$; нагревостойкая (класса нагревостойкости Е) тех же толщин. Более высокая плотность достигается каландрированием. Вырабатывается из сульфатной небеленой электроизоляционной целлюлозы.

Бумага электропроводящая, картон электропроводящий — бумага (картон), в состав которых входит электропроводящий материал (технический углерод, графит, углеродные волокна). Могут вырабатываться двухслойными с различными значениями электрической проводимости каждого слоя. Применяются для изготовления электронагревательных панелей, основы электротермических бумаг, термоактивной ламинированной фанеры и др.

Бумага электропроводящая кабельная — бумага, предназначенная для экранирования силовых кабелей и арматуры для них напряжением 6...110 кВ и выше. Вырабатывается из 100%-ной сульфатной небеленой целлюлозы с включением в композицию технического углерода. Толщина — 80 и 120 мкм.

Бумага электротермическая — бумага, состоящая из электропроводящей основы и электрочувствительного слоя (слоев). Применяется для регистрации электрических сигналов в регистрирующих приборах. Регламентируются показатели удельного электрического сопротивления и механической прочности.

Бумага электротехническая крепированная — бумага, предназначенная для изготовления диэлектрических элементов химических источников тока. Вырабатывается из сульфатной облагороженной целлюлозы, без наполнителя, с ограниченными показателями капиллярной впитываемости по эозину и впитываемости воды при полном погружении. Масса 1 м^2 28 г.

Бумага электрохимическая — бумага, предназначенная для записи информации в периферийных устройствах ЭВМ. Пропитана специальным составом. Нормируются показатели сопротивления разрыву в сухом и влажном состоянии и прозрачность.

Бумага эстампная — бумага с ограниченными показателями линейной и остаточной деформации при увлажнении для печатания художественных гравюр. Вырабатывается преимущественно из хлопковой беленой полумассы, малозольной, высококлееной, хорошей машинной гладкости или каландрированной. Масса 1 м^2 200...250 г.

Бумага этикеточная — клееная бумага, иногда мелованная, с ограниченной линейной деформацией после намокания, для печатания этикеток. Изготавливается трех марок: М — одностороннего мелования для печатания многокрасочных этикеток офсетным способом с последующей отделкой их (бронзированием, лакированием, конгревным тиснением) массой 1 м^2 70...100 г; А — каландрированная для тех же целей массой 1 м^2 70...80 г; В — односторонней гладкости для печатания этикеточной продукции без наложения красок массой 1 м^2 45 г. За рубежом выпускается бумага этикеточная влагопрочная и щелочестойкая, а также со специальной обработкой обратной стороны для предотвращения скручивания при печати и этикетировании, снижения потребления клея и др.

Бумаговедущий валик — валик, по которому движется бумажное полотно на БДМ или на отделочных станках.

Бумагоделательная машина — машина для непрерывного получения полотна бумаги путем обезвоживания бумажной массы на непрерывно движущейся сетке, или между двумя сетками, или на формующем цилиндре, обтянутом снаружи мелкой сеткой, с последующим прессованием и сушкой полотна.

Бумагокрасильная машина, баритажная машина, грунтовальная машина — машина, применявшаяся в пр-ве мелованной бумаги, обоев и цветных декоративных бумаг для нанесения покровного слоя (или грунта), разравнивания его на поверхности бумаги с последующей сушкой в петлевой (фестонной) сушилке непрерывного действия. В последующем для указанных целей стали применяться меловальные установки.

Бумагообразующие свойства волокнистого полуфабриката — совокупность характеристик волокнистого полуфабриката (целлюлозы, древесной массы и т. п.), определяющая свойства получаемой массы и готовой бумаги (картона).

Бумагорезательная машина, стопорезка — машина для разрезания листовой бумаги и подрезки ее краев. Состоит из талера, на котором укладываются разрезаемые листы, подвижного упора (*затл*), обеспечивающего правильное положение пачки листов во время резания, прижимного уст-

ройства и резательного устройства, включающего ножедержатель и стальной нож, движущийся в вертикальной плоскости.

Бумажная диазотипная светочувствительная калька, диазокалька — светочувствительная бумага на прозрачных и полупрозрачных основах для получения промежуточных оригиналов, пригодных для последующего светокопирования. Вырабатывается из сульфатной беленой целлюлозы, массой 1 м^2 55 г, с высокими показателями механической прочности и степени проклейки. Лицевая сторона с нанесенной эмульсией до проявления равномерно окрашена в бледно-желтый цвет, а после проявления параами аммиака — в темно-коричневый.

Бумажная калька, бумажная натуральная калька, калька (фр. *papier calque*) — прозрачная тонкая клееная каландрированная бумага для воспроизведения чертежей тушью и методом электрографии с последующим копированием на светочувствительные диазотипные материалы. Вырабатывается из беленой целлюлозы высокой степени помола, массой 1 м^2 40 г, с высокими показателями механической прочности и прозрачности.

Бумажная клеенка — бумага, которой покрывают столы, прилавки, оклеивают стены в ванной комнате и т. д. Вырабатывается с применением бумаги-основы из сульфатной или сульфитной небеленой целлюлозы, среднеклееной, без наполнителя. Бумага-основа подвергается следующей обработке: одностороннему крашению в белый или др. цвет, каландрированию для получения небольшого лоска, печатанию рисунка способом флексографической печати, нанесению клея, повторному каландрированию, лакированию нитроцеллюлозным лаком. Масса 1 м^2 160 г.

Бумажная масса — см. *Масса для изготовления бумаги (картона)*.

Бумажная мельница — старое название бумажной мануфактуры, а позднее — и бумажной фабрики.

Бумажная натуральная калька — см. *Бумажная калька*.

Бумажная пряжа — пряжа, изготовленная из сульфатной небеленой целлюлозы, предназначенная для выработки тканей и технических изделий бытового назначения.

Бумажная тара — упаковочные изделия из бумаги: мешки, пакеты, конверты, коробки, стаканы, этикетки для заправки молочнокислых продуктов и др.

Бумажное литье — 1) процесс изготовления фасонных изделий из целлюлозной массы под давлением и под вакуумом; 2) отформованные изделия из целлюлозной массы.

Бумажнослоистый пластик — листовый материал слоистой структуры, получаемый методом пропитки бумаги водными растворами синтетических смол с последующим прессованием набора из нескольких листов в гидравлическом прессе.

Применяется для внутренней отделки автобусов, троллейбусов, самолетов, железнодорожных вагонов, магазинов, а также в пр-ве мебели.

Бумажные мешки — мягкая тара с корпусом в форме рукава, с дном и открытым или закрытым (с клапаном) верхом, изготовленная из 2...6 слоев мешочной бумаги. Изготавливают двух типов: склеенные и сшитые. Различные марки бумажных мешков вырабатывают из непропитанной, битумированной, влагопрочной, ламинированной полиэтиленом, микрокрепированной бумаги или комбинированными из различных бумаг. Применяются для упаковки сыпучих материалов (цемента, минеральных удобрений, сухих пищевых продуктов и др.), а также штучной продукции.

Бумажные полотенца — полотенца, предназначенные для разового употребления. Изготавливаются из бумаги, выработанной из сульфитной беленой целлюлозы, массой 1 м^2 50...60 г, с хорошей впитываемостью, достаточно высокими показателями разрывной длины и влагопрочности.

Бумажные салфетки — салфетки из бумаги, предназначенные для одноразового использования в ресторанах, столовых общественного питания и в частном обиходе. Вырабатываются из бумаги салфеточной массой 1 м^2 20...50 г, крепированными, тиснеными без рисунка или с красочным печатным рисунком, окрашенными или белого цвета, квадратными, круглыми, с ровными или зубчатыми краями, однослойными и многослойными.

Бумажные скатерти — скатерти из бумаги, которыми покрывают столы в ресторанах, столовых общественного питания и в частном обиходе. Вырабатываются из белой или цветной бумаги, иногда с печатным рисунком.

Бумажный брак — см. *Брак*.

Бумажный ледерин — заменитель переплетной ткани, представляющий собой прочную бумагу-основу из сульфатной небеленой целлюлозы, покрытую грунтом такого же состава, какой применяется при изготовлении ледерина на тканевой основе: пластифицированная нитроцеллюлоза, наполнитель и пигмент. Изготавливается на том же оборудовании, что и тканевый ледерин. Выпускается тисненым.

Бумажный шпагат — шпагат, вырабатываемый путем скручивания одной, двух или трех лент крафт-бумаги. Предназначен для упаковки товара.

Бумвинил — переплетный материал на бумажной основе с поливинилхлоридным покрытием. Основа вырабатывается из хвойной сульфатной беленой целлюлозы.

Бумлитье, бумизы — литые изделия из бумажной массы.

Бурый клей — канифольный клей бурого цвета для проклейки бумаги (картона) в массе. Представляет собой р-р смолянокислого натрия, полученный в результате полной нейтрализации канифоли щелочью горячим способом.

Буферный бассейн — см. *Масный бассейн*.

Вакуумное сукно — прессовое сукно БДМ, разработанное фирмой «Tamfelt» (Финляндия), в котором на участке выхода его из зоны максимального давления вакуум создается быстрее, чем в бумажном полотне, и удерживается дольше, чем в обычном сукне. В результате бумажное полотно менее подвержено обратному увлажнению. Сухость полотна при прочих равных условиях повышается на 1,0...2,5 %. Эффективно работает при рабочих скоростях свыше 1000 м/мин.

Вакуум-пересасывающее устройство — см. *Пересасывающее устройство*.

Вакуум-пересасывающий вал — см. *Пересасывающий вал*.

Валик Венцеля — см. *Перфорированный валик*.

Валик Моунт Хоуп (Mount Hope) — дугообразный разгонный валик на продольно-резательных станках и на суперкаландрах для разглаживания в растянутом виде бумажного полотна.

Валиковый очиститель — устройство для очистки массы от узелков волокон, сучков и прочих легких включений при изготовлении картона. Состоит из ряда параллельно расположенных валиков, вращающихся в одну сторону. Масса проходит через зазоры между валиками (1...2 мм) и поступает в бункер для очищенной массы, а различные включения, не прошедшие через эти зазоры, транспортируются в бункер отходов.

Вал Кюстерс (Küstern) — см. *Плавающий вал*.

Вал Нипко (Nipco) — см. *Вал с регулируемым прогибом*.

Вал с регулируемым прогибом, вал Нипко (Nipco) — прессовый или каландровый вал, состоящий из массивного стационарного сердечника и установленного на нем вращающегося цилиндрического корпуса. Между сердечником и корпусом размещаются силовые элементы, выполненные по принципу «цилиндр—поршень». Подача жидкости к каждому цилиндру осуществляется индивидуально, что позволяет регулировать величину прогиба отдельных участков вала.

Валяльщик — рабочий, занятый переносом сырого листа бумаги с черпальной формы на сукно при ручном отливе бумаги.

Ватман, ватманская бумага — см. *Бумага ватман*.

Веерное сортирование бумаги — просмотр всех листов бумаги путем их роспуска веером с целью выявления дефектов.

Беленая бумага (фр. *velin* — тонкий сорт пергамента из телячьей кожи) — 1. Бумага превосходной отделки, похожая на пергамент, гладкая и плотная, с равномерным просветом. Первые выпущены в 1750 г. в Англии Баскервилем. 2. Бумага, на которой отсутствуют водяные знаки, характерные для бумаги *верже*.

Величина крепирования — см. *Степень крепирования*.

Верхняя сторона бумаги (картона), лицевая сторона бумаги (картона), суконная сторона бумаги (картона) — сторона, противоположная *сеточной стороне бумаги (картона)*.

Вид бумаги (картона) — единица классификации бумаги (картона), существенно отличающаяся своим назначением и наименованием: например, бумага писчая, для печати, папиросная, электроизоляционная; картон переплетный, тарный, обувной.

Винол — термопластичное синтетическое волокно, получаемое из поливинилового спирта. В некоторых случаях используется для изготовления бумаги мокрым способом с целью улучшения структурных и прочностных свойств полотна.

Вихревой очиститель, фортрап, вортрап (от англ. *vortrap*) — аппарат для тонкой очистки целлюлозной, бумажной, макулатурной и древесной массы, а также каолиновой суспензии, пигментных суспензий и оборотной воды от тяжелых примесей (песка, металлической стружки и т. п.). Состоит из длинной, вертикально укрепленной трубы, снабженной головкой, через которую тангенциально поступает масса под давлением. В центре головки установлен патрубков, через который удаляется очищенная масса. Труба снабжена двумя диафрагмами и внизу заканчивается конусом, соединенным с резервуаром для отходов. Масса, поступающая через головку, образует вихревой поток, а достигнув дна, поворачивает и возвращается вдоль центральной оси к выпускному отверстию. Тяжелые примеси отбрасываются к стенке трубы и удаляются через нижний конус.

Влагопрочность — отношение показателя прочности бумаги или картона во влажном состоянии к тому же показателю в сухом состоянии, определенное в соответствии со стандартными методами испытания. Обычно выражается в процентах.

Внутренняя удельная поверхность бумаги — суммарная поверхность всех элементов структуры бумаги в единице ее массы. Выражается в квадратных метрах на 1 г.

Внутрирулонный дефект бумаги (картона) — мелкий дефект бумаги (картона), который не может быть обнаружен в процессе перематки рулонов (например, малозаметная складка, морщина, залощенные и матовые полосы и др.).

Водонепроницаемость бумаги (картона) — свойство специально обработанной бумаги (картона) не пропускать воду с поверхности одной стороны листа на другую.

Водородная связь — межмолекулярная связь цепей целлюлозы и межволоконная связь в бумаге, определяющая главным образом механическую прочность бумаги. Осуществляется через гидроксильные группы целлюлозы. При этом атом водорода одной гидроксильной группы связывается с атомом кислорода другой гидроксильной группы.

Водородный показатель (pH) — параметр, характеризующий концентрацию (активность) водородных ионов в растворе, т. е. степень его щелочности или кислотности. Раствор, в котором pH равно семи, является нейтральным, ниже семи — кислым, выше — щелочным.

Водяной знак — рисунок или узор на бумаге, вызванный (обусловленный) локализованным сме-

щением волокон и наблюдаемый по контрасту с основным фоном. Водяной знак получают при помощи выпукло-вогнутого рисунка поверхности формирующего сеточного цилиндра круглосеточной машины либо равнителя длинносеточной БДМ.

Водяной нож — см. *Отсечка*.

Воздухопроницаемость бумаги (картона) — свойство бумаги (картона) пропускать воздух. Характеризуется объемом воздуха, прошедшего через определенную площадь образца бумаги (картона) за единицу времени в стандартных условиях.

Воздушно-сухая масса — волокнистый полуфабрикат, влажность которого является равновесной (нормальной), т. е. достигает равновесия с влажностью окружающего воздуха.

Воздушный короб, **воздушный ящик** — воздухораспределительное устройство, устанавливаемое в карманах между сушильными цилиндрами БДМ для подведения свежего воздуха и вентиляции карманов с целью регулирования профиля влажности бумажного полотна.

Воздушный пузырь — заметное местное утолщение бумаги (картона), обусловленное быстрым расширением водяного пара при сушке, вследствие чего в толще бумажного (картонного) полотна образуется полость.

Воздушный шабер — устройство для разравнивания покровной массы при меловании бумаги путем подачи сжатого воздуха через щелевидное сопло, перпендикулярное движению бумажного полотна.

Воздушный ящик — см. *Воздушный короб*.

Волк-машина — см. *Отпылитель тряпья*.

Волластонит — минеральное сырье, получаемое путем обогащения волластонитовой руды, содержащей силикат кальция (CaSiO_3) с игольчатой формой зерен. Коэффициент отражения — 90...95 %. Размер частиц молотого волластонита — 10...20 мкм. Может использоваться как наполнитель в бумаге.

Волнистость бумаги — дефект, характеризующий неровной поверхностью бумаги в виде возвышений и впадин неправильной формы, обычно по краям полотна или листа в поперечном направлении.

Волокнистые плиты из скопа — плиты, получаемые способом мокрого формования из скопа очистных сооружений бумажных и картонных фабрик. Вырабатываются толщиной от 6 до 18 мм, иногда с введением макулатуры, размолотых опилок и др. материалов. Плотность 400...900 кг/м³, сопротивление изгибу — 5...20 МПа.

Волокнистый полуфабрикат целлюлозно-бумажного производства, **волокнистый полуфабрикат** — волокнистый материал растительного происхождения, подготовленный для пр-ва бумаги (картона) и химической переработки.

Вортрап — см. *Вихревой очиститель*.

Впитываемость бумаги (картона) при полном погружении — показатель качества, характери-

зующий способность бумаги (картона) впитывать жидкость (воду, масло, бензин и др.). Определяется как увеличение массы образца бумаги (картона) в процентах после выдерживания его в жидкости при полном погружении в заданных условиях.

Впитываемость по Клемму — см. *Капиллярная впитываемость бумаги (картона)*.

Впитывающая способность бумаги — свойство бумаги впитывать различные жидкости, в частности, печатную краску. Зависит от кол-ва и размеров пор на ее поверхности. Большое влияние на впитывающую способность оказывают размеры волокон бумаги, кол-во, размер частиц и природа наполнителя, степень каландрирования бумаги. Впитывающая способность во многом определяет выбор печатных красок, скорость и прочность их закрепления на оттиске.

Вращающийся шабер, **роль-ракедь** — хромированный стержень обычно диаметром 10 мм, вращающийся навстречу движению бумажного полотна. Применяется в меловальных устройствах для нанесения покрытий массой 1 м² до 9 г (обмотанный проволокой — до 15 г). Недостатком является зависимость массы наносимого покрытия от равномерности движения бумажного полотна.

Вторичное волокно — волокно, получаемое из макулатуры или тряпья, применяемое для изготовления бумаги и картона.

Высечка — вырубка изделий различной конфигурации из бумаги и картона при помощи остро заточенного штампа. Обычно проводится на небольшой пачке листов.

Высокомолекулярная дисперсионная канифольный клей — стабилизированная дисперсия свободных смоляных кислот канифоли в воде. Используется для проклейки бумаги в массе. Способы получения: 1) диспергирование расплава канифоли в присутствии химических добавок; 2) растворение канифоли в органических растворителях, эмульгирование в воде и последующая отгонка растворителя; 3) обработка р-ра омыленной канифоли кислотными реагентами.

Высокомолекулярный клей — суспензия частиц свободной смолы в водном р-ре смолянокислого натрия, стабилизированная казеинатом натрия. Содержание свободной смолы в твердой фазе суспензии составляет 80...90 %. Применяется для проклейки бумаги в массе.

Высыпка сетки — дефект сетки БДМ, образующийся в результате естественного износа или механического повреждения нитей в отдельных местах сетки. Этот дефект вызывает маркировку, а иногда и отверстия в бумажном полотне.

Выщипывание бумаги — процесс разрушения (отделения волокон, пучков волокон или частиц покрытия) поверхностного слоя бумаги в процессе пр-ва и переработки, особенно при печати. Причиной выщипывания могут быть недостаточная связь отдельных волокон с прочими волокнами, образующими бумажное полотно, адгезионно-ко-

гезионные свойства печатной краски, состояние резиноканевого материала, нарушение режима печатания, применение краски повышенной вязкости и др.

Выщипы в бумаге (картоне) — дефект в виде неправильной формы углублений или отверстий на поверхности бумаги (картона) вследствие отделения пучков волокон от поверхности бумаги (картона). Вызываются наличием в сушильном сукне грубо выполненного шва, прилипших к сукну кусочков смолы и т. п.

Газовая гидрофобизация — обработка бумаги или картона для повышения их гидрофобности парами легколетучих кремнийорганических соединений (например, метилтрихлорсилана).

Гауч-вал — вал БДМ или КДМ, установленный в той части машины, где мокрое полотно сходит с сетки, на которой оно формовалось.

Гауч-вал Банинга — отсасывающий гауч-вал ячейкового типа. Имеет с обоих торцов неподвижные отсасывающие головки, с которыми попеременно соединяются продольные ячейки вращающейся рубашки.

Гауч-мешалка — бассейн с мешалкой, расположенный под гауч-прессом и предназначенный для аккумуляции: мокрого брака, образующегося при обрывах бумажного полотна на гауч-прессе, когда полотно полностью идет под сетку; непрерывно поступающих кромок бумажного полотна, обрезаемых на сетке кромкорезками; воды от первого sprыска сетки; иногда воды из отсасывающих ящичков. Вся масса из гауч-мешалки обычно перекачивается на специальный стгуститель, откуда уловленное волокно направляется в машинный бассейн, а вода поступает в массную ловушку.

Гауч-пресс — завершающий узел мокрой части БДМ (КДМ), предназначенный для окончательного формования и максимального обезвоживания бумажного полотна. Состоит из двух расположенных один над другим валов, из которых нижний облицован медной рубашкой, а верхний обтянут шерстяным чулком. Между валами проходит сформованное на сетке бумажное полотно.

Гач дистилляторный — продукт нефтепереработки, представляющий собой смесь твердых нефтяных парафиновых углеводородов с содержанием масел от 2 до 25 %. Применяется в качестве гидрофобизирующего вещества при пр-ве ДВП мокрым способом.

Геп-формер (GapFormer) — двухсеточное формующее устройство для получения бумажного полотна. У геп-формера струя массы непосредственно после выпускной губы фиксируется между двумя сетками. Максимальная рабочая скорость — 1500 м/мин.

Гидра-Нип (HydraNip) — устройство для повышения гладкости бумажного полотна, разработанное фирмой «Black Clawson» (США). Состоит из sprыска для увлажнения поверхности бумаги

и обрезиненного прижимного вала, прилегающего к последнему сушильному цилиндру. Увлажненное бумажное полотно пропускается под прижимным валом и поступает на машинный каландр. При этом гладкость бумаги повышается без уменьшения ее толщины.

Гидратация при размоле волокнистого полуфабриката — комплекс коллоидно-физических процессов *фибриллирования* и набухания волокон, а также адсорбция воды их поверхностью во время размола волокнистого полуфабриката в водной среде.

Гидроклон — см. *Центрбежный очиститель*.

Гидропланки — см. *Регистровые планки*.

Гидроразбиватель, гидропульпер — аппарат, предназначенный для роспуска в воде сухих волокнистых полуфабрикатов, бумажного брака и макулатуры. Различают гидроразбиватели вертикального и горизонтального типов. См. также *Сортирующий гидроразбиватель*.

Гидроразбиватель закрытого типа — см. *Сортирующий гидроразбиватель*.

Гидроразмол — способ размола бумажной массы при помощи гидравлического удара о чугунную рифленую плиту струи массы, создаваемой насосом высокого давления. В результате удара о поверхность плиты и трения между собой волокна разъединяются и гидратируются без укорочения.

Гидрофайнер — см. *Коническая мельница гидрофайнер*.

Гильза, гильза бумажная — толстостенная трубка, склеенная из оберточной бумаги или специального картона с помощью силикатного или другого клея на *гильзоклейном станке*. Предназначена для намотки на нее полотна бумаги при получении рулона.

Гильзоклейный станок — станок для изготовления бумажных гильз путем цилиндрической или спиральной намотки на сердечник толстой оберточной бумаги или специального картона с проклеиванием каждого слоя силикатным или другим клеем.

Гильотинная тряпкорубка — машина для рубки тряпья перед варкой или размолом. Имеет один поперечный и три—пять продольных ножей, движущихся вверх и вниз при помощи эксцентрикового привода. Ножи, опускаясь на свинцовую или цинковую подкладку, рубят несколько слоев подаваемого к ним тряпья.

Гипс — природный сульфат кальция (CaSO_4) \times $2\text{H}_2\text{O}$. Бесцветные, белые, серые кристаллы плотностью 2,3 г/см³. Применяется после измельчения в пр-ве гипсоволокнистых и гипсолитовых плит, а также в качестве наполнителя бумаги или пигмента для мелования.

Гипсоволокнистые плиты — плиты, изготавливаемые из смеси гипса с волокном в соотношении 10:1. Применяются в качестве сухой штукатурки и для изготовления междукомнатных перегородок.

Гипсолитовые плиты — плиты, используемые в качестве сухой штукатурки. Состоят из гипсовой массы, облицованной с обеих сторон облицовочным картоном. Толщина 8...10 мм. Являются био- и огнестойкими.

Гистерезис влажности бумаги — отставание равновесной влажности бумаги от изменения относительной влажности окружающего воздуха. В результате гистерезиса в бумаге достигается минимальная или максимальная точка равновесной влажности бумаги при одной и той же относительной влажности воздуха и температуре в зависимости от предыдущего состояния бумаги. Если бумага пересушена и при акклиматизации ее влажность повышается, то достигается минимальная равновесная влажность. Если бумага имеет повышенную влажность и при акклиматизации ее влажность снижается, то достигается максимальная равновесная влажность.

Главный пресс — узел мокрой части КДМ, являющийся первым прессом после предварительных прессов. Приводит в движение как съемное сукно, так и работающее с ним вспомогательное сукно. Нижний вал главного пресса облицован резиной и чаще всего является отсасывающим; верхний вал гранитный либо облицованный стонитом.

Гладильный станок — см. *Лощильный станок*.

Гладильный цилиндр — см. *Лощильный цилиндр*.

Гладкость — характеристика, позволяющая оценить состояние (рельеф) поверхности бумаги и картона, степень ее шероховатости, величину микровыступов и впадин. Стандартный метод определения гладкости заключается в измерении времени прохождения определенного объема воздуха в вакуумную камеру между поверхностью испытуемого образца бумаги или картона и поверхностью стеклянной полированной пластинки при определенных условиях. (См. *Метод определения гладкости по Бекку*.)

Глинозем, сернокислый глинозем — в пр-ве бумаги и картона обиходное название технического сернокислого алюминия $(Al_2SO_4)_3 \cdot 18H_2O$. Применяется при канифольной проклейке бумаги в массе для коагуляции и закрепления клея на волокне. В др. отраслях пром-сти глиноземом называют оксид алюминия (Al_2O_3) .

Глиномешалка — аппарат для размешивания сухого наполнителя (например, каолина) и получения равномерной водной суспензии. Состоит из корытообразной ванны с горизонтальным валом, на котором закреплены стальные била. Вал вращается обычно с частотой 20 мин⁻¹.

Глиномаялка — аппарат для размешивания сухого наполнителя и получения равномерной водной суспензии. Рабочая часть глиномаялки состоит из рифленого вращающегося барабана вместимостью 0,5...1,2 м³.

Голландер, голлендер — устаревшее название *ролла*, связанное с изобретением этой машины в Голландии.

Горка ролла — возвышающаяся часть дна ванны ролла, расположенная за размалывающим барабаном. Назначение горки ролла — обеспечение подъема массы на такую высоту, которая позволит под действием силы тяжести и уклона дна обратного канала обеспечить циркуляцию массы в ролле.

Горячий пресс — двухвалный пресс с отсасывающим нижним валом и охватывающим его бесконечным сукном, установленный между группами сушильных цилиндров в начале сушильной части с целью дополнительного отжима влаги из горячего бумажного полотна.

Гофр — форма волнистости гофрированной бумаги. На гофроагрегатах в основном производятся гофры А, В, С, D, Е (микрогофр), F (супермикрогофр), отличающиеся соотношением высоты и длины волны. Средняя высота гофра составляет от 4,7 мм (гофр А) до 0,75 мм (гофр F), средняя длина волны — от 8,7 мм (гофр А) до 2,6 мм (гофр F).

Гофрировальный агрегат, гофроагрегат — машина, предназначенная для выработки гофрированного картона. Состоит из следующих узлов: раската, предварительного подогрева полотен картона и бумаги, гофропресса (одного или нескольких, в зависимости от числа слоев гофрокартона), узлов склеивания и сушки. Скорость современных гофрированных агрегатов достигает 400 м/мин.

Градус Шоппер—Риглера (°ШР) — условная единица степени помола бумажной или картонной массы, соответствующая 10 см³ разности объемов анализируемой массы (1000 см³) и воды, вытекшей через боковую трубку аппарата для определения степени помола бумажной массы.

Грален — углеродное волокно, получаемое путем графитизации волокна *углен*. Применяется для изготовления электропроводных видов бумаги.

Граммаж (не рекомендуется) — см. *Масса 1 м² бумаги (картона)*.

Граница зеркала залива — линия перехода блестящей (зеркальной) поверхности в матовую на бумажном полотне, формируемом на сетке длинносеточной БДМ. Появляется после первого или второго отсасывающего ящика вследствие сильного обезвоживания полотна.

Гренирование, торшонирование — обработка поверхности материала (бумаги, картона, оттиска, а также обреза книжного блока) для изменения фактуры поверхности, например, придание зернистой или другой структуры. Обычно для этого используют тисильный каландр или фрезу (для обрезки блока издания).

Гриф бумаги — совокупность ощущений жесткости, гладкости, толщины и других характеристик бумаги при взятии образца в руку. Позволяет произвести предварительное определение качества бумаги.

Грудной вал — первый по ходу массы вал сеточного стола БДМ, который огибается сеткой и подерживает ее в начале регистровой части стола.

Грунтовальная машина — см. *Бумагокрасильная машина*.

Грунтование бумаги (картона) — нанесение на бумагу (картон) слоя грунтовой массы, на который затем будет нанесена печать или покровный слой.

Гуммирование бумаги (картона) — нанесение слоя клея на одну сторону бумаги (картона) с последующей сушкой (например, при изготовлении клеевой ленты, почтовых марок, конвертов и т. п.).

Давленость бумаги — 1. Дефект, вызванный нарушением режима прессования мокрого полотна бумаги, в частности, повышенным давлением, и проявляющийся в виде уплотненных пятен. 2. Дефект в виде участков большей прозрачности или отверстий, а также темных полос, образующийся при каландрировании в результате раздавливания валами утолщенных мест бумажного полотна с повышенной влажностью.

Двойная проклейка бумаги — проклейка бумаги в массе, комбинированная, с последующей поверхностной проклейкой.

Двусторонность бумаги (картона) (не рекомендуется) — см. *Разносторонность бумаги (картона)*.

Двухсеточная бумагоделательная машина — БДМ, формование полотна в которой происходит либо между двумя сетками, либо последовательно на двух плоских сеточных столах, расположенных один над другим. В последнем случае сформованное полотно с верхней сетки передается на отсасывающие ящики или гауч-пресс нижней сетки.

Деаэрация массы — удаление воздуха из потока бумажной массы с целью предотвращения пенообразования и ускорения ее обезвоживания на сетке БДМ.

Деинкинг (англ. *deinking*) — см. *Флотационный способ очистки макулатурной массы*.

Декельная рама — съемная прямоугольная рама, которая устанавливается на форме с сеткой для ручного отлива бумаги с целью предотвращения стекания массы с сетки.

Декельные линейки — см. *Ограничительные линейки*.

Декельные ремни — бесконечные резиновые ленты, обычно прямоугольного сечения, расположенные по краям сетки в начале сеточного стола и движущиеся вместе с сеткой. Предназначены для предотвращения растекания массы за пределы сетки на тихоходных БДМ.

Декоративный бумажно-слоистый пластик (ДБСП) — листовой материал, получаемый прессованием при температуре 135...155 °С и давлении 10...12 МПа пакета из нескольких (в зависимости от толщины) слоев специальной бумаги, пропитанной термореактивными связующими.

Декулатор — устройство для удаления воздуха из бумажной массы. Представляет собой емкость, в которой поддерживается высокий вакуум и подается турбулизированная масса. Устанавливается

между узлоловителями и напорным ящиком БДМ.

Делинт — короткое волокно (подпушек), остающееся на хлопковом семени после отделения от него лinta. Является отходом хлопкоочистительного пр-ва. Применяется для изготовления некоторых видов картона (например, шумо- и термоизоляционного).

Дензометр Шоппера — см. *Аппарат для определения воздухопроницаемости бумаги*.

Десть — единица счета бумаги, равная 1/20 части стопы, т. е. 25 листов.

«Дефибратор-секунда» — прибор для оценки степени помола и качества волокнистой массы в производстве ДВП. Принцип действия заключается в определении способности массы к обезвоживанию в единицу времени. Степень помола выражают в градусах помола массы «дефибратор-секунда».

Дефлекторы — см. *Отражательные планки*.

Деформация стопы — отношение разности высот стопы до и после прессования к высоте стопы после прессования.

Дзета-потенциал целлюлозы — см. *Электрокинетический потенциал целлюлозы*.

Диазобумага двухсторонняя — светочувствительная бумага с двухсторонним диазотипным слоем для получения позитивных двухсторонних копий со светопроницаемых штриховых и текстовых оригиналов, выполненных черной тушью. Вырабатывается двух марок: с высокой и низкой светочувствительностью (скорость копирования соответственно 2,2 и 1,2 м/мин). Цвет штрихов изображения — коричневый.

Диазокалька — см. *Бумажная диазотипная светочувствительная калька*.

Димеры алкилкетенов — синтетические производные жирных кислот (стеариновой, пальмитиновой и др.), включающие лактоновое кольцо и две алкильные группы, содержащие по 8...20 атомов углерода. Применяются в виде дисперсий для проклейки бумаги и картона в нейтральной и слабощелочной средах, преимущественно в тех случаях, когда в качестве наполнителя используется карбонат кальция.

Динамометр — см. *Разрывная машина*.

Диоксид титана, TiO₂ — порошок белого цвета (белизна до 98 %) с высоким (до 86 %) коэффициентом отражения света. Используется в качестве наполнителя бумаги при необходимости получения высокой белизны и непрозрачности, а также в составе меловальных суспензий.

Дисковая мельница — аппарат непрерывного действия для размолта массы при пр-ве бумаги и картона. Различают три основных типа дисковых мельниц: 1) с двумя дисками, из которых один вращается; 2) с двумя дисками, вращающимися в разные стороны; 3) с тремя дисками, из которых вращается один средний. На поверхности дисков имеются ножи и канавки. Интенсивность размолта регулируется величиной зазора между

дисками, а характер помола определяется усилием прижима дисков и профилем размалывающей гарнитуры.

Длина древесной частицы (в технологии ДВП) — размер древесной частицы в миллиметрах в направлении расположения волокон древесины.

Длина рулона бумаги (картона) — длина (в метрах) полотна бумаги (картона), образующего рулон.

Длина сеточного стола — расстояние (обычно в метрах) между осями грудного вала и нижнего вала гауч-пресса БДМ (КДМ).

Длинносеточная бумагоделательная машина, плоскосеточная бумагоделательная машина, столовая бумагоделательная машина, машина Фудринье — машина для пр-ва полотна бумаги или картона, которое формируется обезвоживанием бумажной массы на сеточной части, представляющей собой плоский стол с движущейся по нему бесконечной сеткой. Мокрое полотно затем подвергается прессованию и сушке.

Дозатор массы — аппарат для дозирования колва массы с отрегулированной концентрацией.

Долевое направление (не рекомендуется) — см. *Машинное направление бумаги (картона)*.

Древесная масса — волокнистый полуфабрикат для пр-ва бумаги и картона, получаемый без использования химических реагентов путем истирания древесины на дефибрерных камнях или размола щепы в дисковых мельницах при атмосферном давлении. Выход древесной массы составляет 93...96 %.

Древесноволокнистые плиты (ДВП) — листовый материал, получаемый измельчением древесины в волокнистую массу с последующим формованием из нее плит. Различают твердые и мягкие (изоляционные) ДВП. Толщина твердых плит от 2,5 до 5,0 мм, мягких — от 8 до 16 мм. Нормируются показатели: плотность, предел прочности при изгибе, величина набухания, влажность, водопоглощение. Применяются в строительстве и мебельной пром-сти.

Древесноволокнистая плита односторонней гладкости — ДВП, у которой одна из *пластей* имеет большую шероховатость поверхности или отпечаток транспортной сетки.

Древесноволокнистая плита с бесступенчатым изменением структуры — ДВП с постепенным изменением размеров волокон — от мелких к крупным, от пластей к середине.

Древесноволокнистые плиты средней плотности — ДВП плотностью 600...800 кг/м³, толщиной обычно 10...25 мм. В композицию ДВП средней плотности входят кроме волокна карбамидоформальдегидная смола и парафин.

Древесноволокнистая плита с тонкодисперсным лицевым слоем — ДВП, лицевой слой которой образован древесными волокнами в виде более мелких фракций, чем у остальной массы плиты.

Дрешер — см. *Отпылитель тряпья*.

Дробление бумаги — дефект бумаги в виде небольших утолщений участков полотна, перемежающихся с тонкими местами. Образуется на гауч-прессе и в прессах БДМ при затруднениях обезвоживания бумажного полотна (например, при слишком жирном помоле массы, недостаточном вакууме в отсасывающих ящиках, загрязненных прессовых сукнах и т. д.).

Дуоформер (DuoFormer) — двухсеточное формующее устройство для получения бумажного полотна. Бывают двух видов: 1) комбинированные — с односторонним обезвоживанием на плоской сетке и последующим двухсеточным обезвоживанием; 2) гепформеры, у которых струя массы непосредственно после напорного ящика фиксируется между двумя сетками. Максимальная рабочая скорость дуоформера 1-го типа — 1000 м/мин, 2 го — 2000 м/мин.

Дырявость бумаги (картона) — дефект, характеризующийся наличием в бумаге (картоне) сквозных отверстий.

Желобчатые валики — рифленые валики сеточного стола быстроходной БДМ, устанавливаемые взамен регистровых валиков для замедления обезвоживания массы и, следовательно, улучшения равномерности формования бумажного полотна, особенно в начале сеточного стола.

Желтый железистый пигмент, FeO(OH) — кристаллический моногидрат оксида железа в α-форме (гетит). Применяется для окрашивания бумаги-основы, используемой в пр-ве декоративных бумажнослоистых пластиков.

Жесткость бумаги (картона), жесткость при статическом изгибе — показатель качества бумаги (картона), характеризующий способность материала сопротивляться изменению первоначальной формы. Приборы для определения жесткости бумаги (картона) основаны на следующем: 1) на измерении усилия, необходимого для сгибания полоски бумаги (картона) под заданным углом; 2) на определении угла, под которым сгибается полоска бумаги (картона), подвергаемая действию определенного усилия; 3) на измерении угла, под которым полоска бумаги (картона), укрепленная горизонтально на двух опорах, сгибается под воздействием собственного веса. Жесткость бумаги (картона) прямо пропорциональна модулю Юнга, ширине образца и толщине в 3-й степени и обратно пропорциональна длине образца во 2-й степени.

Жесткость гофрированного картона — сопротивление гофрированного слоя сжатию, т. е. сопротивление гофры сближению поверхностных слоев картона под действием усилия, направленного перпендикулярно к поверхности картона.

Животный клей — высокомолекулярное белковое соединение, получаемое путем вываривания костей животных (костный клей), а также отходов мясопереработки (мездровый клей). Применяется для проклейки высококачественной бума-

ги в массе совместно с канифольным клеем и для поверхностной проклейки.

Жидкое стекло — см. *Силикатный клей*.

Жирная масса — размолотая бумажная масса, которая трудно обезвоживается и является на ощупь жирной.

Жирный помол — состояние массы, волокна которой при размоле или немного укорочены, но значительно расщеплены и фибриллированы (*длинный жирный помол*), или значительно укорочены, расщеплены и фибриллированы (*короткий жирный помол*). Волокна жирного помола жирны и скользки на ощупь, пластичны, медленно обезвоживаются и оседают на сетке БДМ плотным слоем.

Жиронепроницаемость бумаги (картона) — свойство специальных упаковочных видов бумаги (картона) не пропускать жиросодержащие вещества.

Жордан — см. *Коническая мельница Жордана*.

Задир картона (бумаги) — дефект, характеризуемый наличием закатанных кусочков и надрывов поверхностного слоя бумаги (картона).

Закалка древесноволокнистых плит — процесс термообработки при температуре 165...175 °С с целью повышения механической прочности и влагостойкости ДВП.

Закатыши — уплотненные комочки бумажной массы, образующиеся на различных стадиях процесса подготовки массы. Если закатыши попадают на сетку БДМ, то в бумаге появляются темные давленные пятна.

Залощенность бумаги (картона) — дефект, характеризуемый наличием пятен или полос на поверхности бумаги (картона), возникающих при каландрировании слишком влажного полотна.

Заправочные канатики, канатики Шихена — пара бесконечных тонких канатиков, предназначенных для заправки бумажного полотна с последнего пресса в сушильную часть и между сушильными цилиндрами до каландра БДМ. Впервые были применены Шихеном в Германии в 1913 г.

Затл (от нем. *Sattel*) — передвижной упор стопорезки, перемещаемый по столу машины и обеспечивающий правильное положение стопы листов во время резания.

Заугформер (SaugFormer) — многосекционный вакуум-формирующий цилиндр, разработанный фирмой «Escher-Wyss» (ФРГ) для КДМ. На КДМ устанавливаются обычно по несколько штук (до 8). Образование листа на заугформере начинается в момент напуска в зоне действия 1-й отсасывающей камеры с регулируемым вакуумом. Далее следуют камеры для завершения формования. Концентрация массы в напорном ящике 0,4...1,0 %, скорость — до 400 м/мин, масса 1 м² волокнистого слоя 20...100 г.

Зольность бумаги (картона) — массовая доля минеральных веществ в бумаге (картоне), выраженная в процентах. Характеризует кол-во напол-

нителя в бумаге (картоне). Определяется путем сжигания образца бумаги (картона) и прокаливания остатка при определенных условиях.

Иглопробивные прессовые сукна, прессовые сукна прошивные — особого изготовления сукна прессов БДМ. Представляют собой тканую основу, на которой закрепляется ворс при помощи иглопробивной машины. Содержат более 40 % (до 100 %) синтетических волокон. Имеют массу 1 м² 1100...1250 г. Эффективно удаляют воду, слабо маркируют бумажное полотно и отличаются большим сроком службы.

Изоляционные древесноволокнистые плиты — высокопористые плиты, обладающие низкой плотностью и малым значением коэффициента теплопроводности. Применяются в качестве тепло- и звукоизолирующего прокладочного материала.

Имитированный водяной знак — рисунок, наносимый на готовую бумагу, аналогичный по внешнему виду водяному знаку.

Импрегнированный гофрированный картон — гофрированный картон с высокой степенью водостойкости, пропитанный парафином, воском или другим гидрофобизирующим веществом путем погружения в расплав или нанесения при помощи сопел с последующим обдувом горячим воздухом.

Импульсная сушка бумаги — сушка под высоким давлением прижима полотна к поверхности сушильного цилиндра, нагретого до температуры 200...450 °С, в течение 0,005...0,05 с.

Инсульдур — см. *Бумага стабилизированная*.

Инфракрасная сушка, радиационная сушка — сушка материала с использованием инфракрасного нагрева — глубинного прогрева, возникающего при лучевом нагревании полупрозрачных, селективно поглощающих излучение материалов. Применяется для предварительной сушки бумаги и картона с покрытиями и в сочетании с контактной сушкой бумаги и картона.

Используемая ширина сетки — расстояние между декельными ремнями или ограничительными линейками на БДМ (КДМ).

ИСО (англ. International Organization for Standardization — ISO) — международная организация по стандартизации. Виды бумаги, картона и целлюлозы входят в сферу деятельности Технического комитета ТК 6 (ТС 6) этой организации.

Кажущаяся плотность бумаги (картона) — масса бумаги (картона) в единице объема. Рассчитывается исходя из значения массы 1 м², определенной по стандартной методике, и средней толщины отдельного листа из пачки, рассчитанной по измерению высоты пачки с применением статической нагрузки.

Каландр — устройство, предназначенное для придания гладкости бумаге (картону), состоящее из ряда валов, смонтированных друг над другом между двумя станинами, с прижимным и приводным механизмами. Основные виды каландров: ма-

шинный, мокрый, калибровочный, суперкаландр, тиснильный и др.

Каландр для выравнивания толщины — см. *Каландр калибровочный*.

Каландрование бумаги (картона), сатинирование бумаги (картона) — отделка бумаги (картона) путем пропускания между валами каландра с целью регулирования толщины и плотности, придания повышенной гладкости и лоска.

Каландрованная бумага, каландрованный картон — бумага (картон), пропущенные через суперкаландр с целью придания повышенной гладкости и лоска.

Каландр калибровочный, каландр для выравнивания толщины — тип каландра, состоящий из двух чугунных валов с регулируемым зазором, предназначенный для получения бумаги или картона с минимальными отклонениями от заданной толщины.

Каландр машинный — каландр в составе БДМ, предназначенный для отделки бумаги, ее уплотнения и придания гладкости поверхности (до 60 по Бекку). Состоит из нескольких отполированных чугунных валов, устанавливается между сушильной частью и накатом БДМ. Иногда верхние валы делают полыми для обогрева их изнутри паром.

Каландр мокрый, каландр полусухой, мокрый глезер — двухвальный каландр с тщательно отшлифованными валами из твердого закаленного чугуна, устанавливаемый в середине сушильной части или перед последней сушильной секцией БДМ с целью уплотнения влажной бумаги и придания большей гладкости ее поверхности.

Каландр полусухой — см. *Каландр мокрый*.

Каландр тиснильный, прегги-каландр — каландр, предназначенный для придания поверхности бумаги или картона тисненого изображения, текстуры хлопчатобумажного полотна, крокодиловой кожи и т. д. Состоит из верхнего, металлического вала с выгравированным на его поверхности рисунком и нижнего, набивного, вала. Между валами при определенном давлении пропускают бумагу или картон.

Каландр фрикционный — тип каландра, состоящий из набивного вала и металлического вала меньшего диаметра. Система привода обеспечивает валу с меньшим диаметром большую окружную скорость. Предназначен для одностороннего лощения бумаги.

Калибрование картона — отделка картона с помощью калибровочного каландра в целях уменьшения абсолютных значений отклонений по толщине.

Калька — см. *Бумажная калька*.

Канальная сушилка — сушильная камера в виде длинного канала, вдоль которого двигаются цепи с закрепленными на них держателями для листов картона. Обогревается горячим воздухом.

Канатики Шихена — см. *Заправочные канатики*.

Канифоль — хрупкое стекловидное вещество от светло-желтого до темно-красного цвета. Представляет собой смесь органических кислот (с преобладанием абиетиновой) состава $C_{20}H_{30}O_2$. Входит в состав смолистых веществ хвойных деревьев. Получают из живицы, экстракцией измельченной древесины органическими растворителями или из сырого таллового масла. Применяют для приготовления *канифольного клея*.

Канифольная проклейка — процесс обработки бумажной массы канифольным клеем с последующим осаждением и закреплением смоляных веществ на волокнах при помощи р-ра сернокислого алюминия (глинозема). Повышает гидрофобность бумаги (картона) и делает ее пригодной для письма чернилами.

Канифольно-парафиновый клей — *белый клей*, содержащий 10...20 % парафина. Иногда для стабилизации суспензии в клей вводится соевый казеин. Применяется для проклейки бумаги и картона в массе.

Канифольный клей, смоляной клей — клей для проклейки бумаги и картона в массе. Получают путем обработки канифоли щелочью, иногда с добавкой эмульгатора. В зависимости от степени омыления и содержания свободной смолы различают *белый, бурый, высокосмоляной дисперсионный* и др. виды.

Каолин — наполнитель и составная часть меловальных составов для бумаги и картона. Получают из минерала каолинита, который представляет собой гидратированный силикат алюминия, содержащий примеси оксидов железа, кальция, магния и др. В зависимости от способа обработки различают каолин сухого и мокрого обогащения. Белизна каолина для наполнения составляет 74...84 %, для мелования — 84...87 %.

Каолин кальцинированный — каолин, получаемый путем обжига каолинита при температуре 450...600 °С и затем при температуре 900 °С. Имеет высокую белизну (92,5 %), размер частиц 1,0...1,5 мкм, хорошо удерживается на волокне. Используется как наполнитель в пр-ве немелованных видов бумаги для печати с содержанием древесной массы для улучшения оптических свойств, а также в составе покрытий.

Капиллярная впитываемость бумаги (картона), впитываемость по Клемму — показатель качества бумаги (картона), характеризующий способность жидкости (обычно воды) подниматься по капиллярам материала. Выражается высотой, на которую поднимается жидкость в течение определенного времени по вертикально подвешенной полоске, нижний конец которой опущен в жидкость.

Карбоксилсодержащие латексы — бутадиенстирольные латексы с введением в систему эмульсионной полимеризации мономеров, в которых двойная связь сопряжена с карбоксилем, например, метакриловой кислоты $CH_2 = CCH_3COOH$. Применяются в качестве связующего при меловании бумаги. Имеют высокую адгезию к волокну, по-

зволяют получать покрытия, обладающие высокой прочностью и устойчивостью к механическим воздействиям.

Карбонат кальция, CaCO_3 , мел — вещество белого цвета, применяемое в качестве наполнителя при пр-ве бумаги и картона. Входит также в состав меловальных суспензий. В бумажной промышленности применяют природный CaCO_3 , получаемый путем размола высококачественных минералов с последующим фракционированием сухим или мокрым способом, и *осажденный* CaCO_3 . Белизна природного CaCO_3 — до 93 %, осажденного — до 97 %.

Каркасные плиты — ДВП, предназначенные для внутренней обшивки панелей и потолков автобусов. Вырабатываются из рафинерной древесной массы с добавкой сульфитной небеленой целлюлозы путем периодического однослойного отлива на специальной установке, последующего отжима и сушки в многослойном гидравлическом прессе. Проклейка осуществляется в массе эмульсией парафина.

Картон — листовый или рулонный материал, характеризующийся относительно высокой жесткостью, получаемый подобно бумаге из волокнистой массы. Обычно к картону относят материалы с массой 1 м^2 свыше 225 г. Однако различие между бумагой и картоном во многих случаях основано на характеристиках материала с учетом области применения. Например к картону относят картон для плоских слоев гофрированного картона с массой 1 м^2 менее 225 г, а к бумаге — рисовальную бумагу с массой 1 м^2 более 225 г. Иногда к картону относят материал, вообще не являющийся картоном, например, *гофрированный картон*.

Картонажные изделия — изделия из бумаги и картона, главным образом упаковочные коробки, банки, пеналы, пакеты, мешки, бочки, бумажные литые изделия, футляры, пробки, декоративные изделия, игрушки, предметы домашнего обихода. Подразделяются на следующие группы: 1) мягкие бумажные упаковочные изделия (пакеты, конверты, мешки); 2) полужесткие изделия (складные пачки и пр.); 3) клееные коробки; 4) сшивные коробки; 5) штампованные коробки (сборные, цельнотянутые и др.); 6) подарочные коробки и футляры; 7) бумажная посуда; 8) литая бумажная тара (ящики, бочки и пр.); 9) изделия из гофрированного картона; 10) упаковочные детали (пергородки, прокладки, гнезда и пр.).

Картон армированный — картон, упрочненный тканью, или нитями, или синтетической сеткой при прессовании во влажном состоянии, или путем склеивания.

Картон бескислотный для консервации документов — картон, предназначенный для изготовления микроклиматических контейнеров, папок и коробок для хранения книг, ценных документов, рисунков, икон, выставочных экспонатов в библиотеках, архивах и музеях. Вырабатывает-

ся толщиной 0,6...1,5 мм из высокосортной сульфатной беленой хвойной целлюлозы, не содержит соединений, способных к образованию свободной кислоты в условиях естественного старения или под действием атмосферных загрязнителей. Нормируются показатели рН водной вытяжки, щелочного резерва, прочности на излом.

Картон биостойкий — картон, содержащий антисептирующие вещества (оксидифенил, пентахлорфенол, салициланилид и др.), придающие стойкость к действию микроорганизмов. Предназначен для упаковки или строительных целей.

Картон влагопрочный — картон, подвергнутый специальной обработке для повышения прочности во влажном состоянии.

Картон водонепроницаемый — уплотненный эластичный картон с низкими показателями водопоглощаемости, линейной деформации при увлажнении и высыхании. Предназначен для изготовления водостойких деталей.

Картон гофрированный — тарный картон, состоящий из чередующихся склеенных между собой плоских и гофрированных слоев. Предназначен для изготовления коробок и ящиков. Вырабатывается двух-, трех-, пяти- и семислойным. Двухслойный картон гофрированный состоит из одного плоского и одного гофрированного слоев, трехслойный — из двух плоских и одного гофрированного слоев, пятислойный — из трех плоских (двух наружных и одного внутреннего) и двух гофрированных слоев. Шаг гофра 2,6...9,5 мм, высота гофра 0,75...5,5 мм.

Картон двухслойный склеенный — картон, состоящий из двух отдельно изготовленных листов или полотен, склеенных между собой.

Картон для плоских слоев гофрированного картона, картон-лайнер — картон, используемый в качестве плоских слоев *гофрированного картона*. Вырабатывается из небеленой сульфатной целлюлозы (*крафтлайнер*) или из макулатурной массы, иногда с добавкой небеленой сульфатной целлюлозы (*тестлайнер*), массой 1 м^2 125...350 г, клееным, с высокими механическими свойствами и ограниченной поверхностной впитываемостью воды.

Картон для стереотипных матриц — термостойкий картон с покровным слоем. Предназначен для изготовления матриц, применяемых при отливке стереотипов в полиграфии. Толщина 0,50...0,90 мм, плотность 1,00...1,05 г/см³. В состав картона входит беленая сульфитная и сульфатная целлюлоза из хвойных и лиственных пород древесины. Нормируются показатели впитываемости воды, линейной деформации, разрывного усилия и удлинения при разрыве.

Картон для упаковки жидкостей — картон, предназначенный для производства упаковки для жидкостей (молока, соков и др.). Как правило, является основой для многослойного комбинированного материала, из которого изготавливаются коробки различной формы и объема.

Картон для фильтрации вин — картон, предназначенный для удаления из виноматериалов взвешенных веществ, дрожжевых клеток, бактерий и пр. Вырабатывается из облагороженной, в том числе мерсеризованной целлюлозы, иногда с добавкой хризотилового асбеста и диатомита. Толщина 1,4...2,5 мм. Нормируются показатели сопротивления потоку воздуха, скорости прохождения воды и др.

Картон жаккардовый — (от фр. *Jacquard* — фамилия французского ткача и механика) — картон, применяемый в текстильной промышленности для изготовления перфорированных карт, используемых для автоматического регулирования процесса ткачества на жаккардовых машинах. Выпускается толщиной 0,8 и 1,0 мм. Получают путем склеивания полотен картона-основы толщиной соответственно 0,4 и 0,5 мм на специальной склеивающей машине. Картон-основу вырабатывают на плоскосеточной КДМ из сульфатной небеленой целлюлозы. В композицию добавляют каолин и канифольный клей. Характеризуется стабильностью размеров и стойкостью к деформации и износу.

Картон-заменитель фибры — картон с высокими показателями механической прочности и плотности. Предназначен для изготовления тазов к ленточным и чесальным машинам в прядильном пр-ве. Вырабатывается из сульфатной небеленой целлюлозы и окрашивается в массу. Выпускается толщиной 2,0 и 2,3 мм.

Картон клееный цветной — картон, предназначенный для оформления книжно-журнальной продукции и беловых товаров. Вырабатывают путем склеивания 2, 3 или 4 листов бумаги. Выпускается окрашенным с одной или двух сторон, каландрированным или тисненым. Масса 1 м² 150, 300 или 400 г.

Картон коробочный — тарный картон, предназначенный для изготовления потребительской и групповой тары. Вырабатывается толщиной от 0,3 до 3,0 мм из макулатуры, небеленой целлюлозы, древесной массы, иногда с покровным слоем из беленой целлюлозы. Сплошной коробочный картон толщиной до 0,9 мм может поставляться в рулонах, бобинах и листах; толщиной свыше 0,9 мм — в листах. Склеенный коробочный картон вырабатывается толщиной 1,0...3,0 мм и поставляется в листах. Нормируются показатели жесткости при статическом изгибе, сопротивления расслаиванию, влажности. Может вырабатываться в тропическом исполнении с введением биоцидов.

Картон кровельный — картон с высокой впитывающей способностью, предназначенный для пр-ва битумированных и дегтевых кровельных и гидроизоляционных материалов (толя, рубероида и др.). Масса 1 м² 300...500 г. Нормируются минимальное значение показателя впитываемости и максимальное значение времени пропитки.

Картон-лайнер — см. *Картон для плоских слоев гофрированного картона.*

Картон макулатурный — картон, изготовленный преимущественно из макулатурной массы.

Картон матричный — см. *Картон для стереотипных матриц.*

Картон мелованный — картон с покровным слоем из смеси пигментов, связующих и пластифицирующих веществ. Отличается высокой белизной и хорошими печатными свойствами. Предназначен для изготовления высококачественной упаковки с многоцветной печатью, в полиграфической промышленности — для мягких книжных переплетов (обложек), печатания гравюр и др. иллюстраций. Вырабатывается толщиной 0,3...1,2 мм, с высокой плотностью и ограниченной сорностью.

Картон металлизированный — картон с покровным слоем из металлической фольги или распыленного металла. Применяется для технических, декоративных и упаковочных целей.

Картон микрогофрированный — гофрированный картон с профилем гофра «Е». Максимальная высота гофра 1,6 мм, шаг гофров 3,2...3,6 мм. Применяется для изготовления потребительской тары для бытовой электроаппаратуры, парфюмерных и кондитерских изделий.

Картонная высечка — деталь из картона, получаемая методом высечки или штамповки на специальных прессах.

Картон негоряемый — картон, изготовленный в основном из хризотилового асбеста или стеклянного волокна. Используется в качестве огнезащитного и теплоизоляционного материала.

Картонный ящик, картонный короб — транспортная тара из картона с корпусом, имеющим в сечении, параллельном дну, преимущественно форму прямоугольника, с дном, двумя торцовыми и боковыми стенками и крышкой. Предназначен для транспортирования и хранения пищевых продуктов, телевизоров, металлических изделий и др. Вырабатывается различных размеров из многослойного гофрированного и гладкого картона. Является наиболее распространенным видом картонной тары.

Картон обивочный водостойкий — картон с ограниченными показателями впитываемости и линейной деформации после выдерживания в воде. Предназначен для внутренней отделки кузовов автомобилей и кабин тракторов. Может иметь одно- или двухстороннее покрытие водозмусьсонной краской или ламинирование пленкой. Толщина 1,75...3,0 мм.

Картон облицовочный — картон с повышенной воздухопроницаемостью. Используется в качестве облицовочного слоя при изготовлении гипсокартонных листов. Вырабатывается массой 1 м² 300...370 г с нормируемыми показателями воздухопроницаемости, разрушающего усилия в сухом и влажном состоянии, предела прочности при расслаивании и впитываемости воды.

Картон обувной — плотный, жесткий картон, вырабатываемый из кожевенных и растительных волокон. Предназначен для изготовления различ-

ных деталей обуви (задников, стелек, полустелек, протиллок, геленок, подпяточников и др.). Выпускается толщиной 0,8...3,0 мм с нормируемыми показателями плотности, жесткости при статическом изгибе, линейной деформации при увлажнении и высушивании, истираемости, гигроскопичности и др., в зависимости от назначения.

Картон огнестойкий — картон, содержащий антипирен и предназначенный для изготовления защитно-покровных материалов при изоляции трубопроводов и аппаратов.

Картон околышный — картон с нормированными показателями сопротивления разрыву и относительного удлинения. Предназначен для околышей головных уборов. Вырабатывается толщиной 1,5 мм, массой 1 м² 1200...1300 г. Имеет повышенное сопротивление надлому.

Картоноделательная машина — агрегат для непрерывного получения полотна картона путем обезвоживания волокнистой массы на непрерывно движущейся сетке или нескольких плоских сетках (*картоноделательная машина, плоскосеточная*), или на нескольких последовательно установленных формующих цилиндрах (*картоноделательная машина, круглосеточная многоцилиндровая*), или на комбинированных обезвоживающих устройствах с плоскосеточной частью и четырьмя—шестью круглосеточными цилиндрами. После формования полотна картона подвергается прессованию и сушке.

Картоноделательная машина круглосеточная многоцилиндровая — машина для выработки многослойного картона массой 1 м² до 800 г, включающая 5...8 полых формующих цилиндров диаметром 0,9...1,5 м, обтянутых снаружи мелкой сеткой. Цилиндры находятся в ваннах, в которые непрерывно поступает разбавленная волокнистая масса. При вращении цилиндра вода проходит через сетку, а переплетенные волокна остаются на ней в виде слоя массой 1 м² 30...100 г. Отдельные слои снимаются последовательно бесконечным сукном и соединяются в непрерывное полотно картона, которое затем подается в прессовую и далее — в сушильную части машины.

Картоноделательная машина плоскосеточная — машина для выработки картона массой 1 м² до 500 г. Состоит из одного или нескольких (2...4) плоскосеточных формующих устройств, включающих напорный ящик и сеточный стол. Иногда для ускорения обезвоживания над плоской сеткой устанавливается вторая сетка с отсасывающими ящиками. Отдельные слои со всех формующих устройств соединяются в одно полотно, поступающее далее на прессование и в цилиндрическую сушильную часть, более мощную, чем на БДМ.

Картон однослойный — картон, состоящий из одного элементарного слоя, формируемого на сетке односеточной картоноделательной машины.

Картонораскройная машина — машина, разрезающая в один рабочий ход картон в двух направлениях: машинном и поперечном.

Картонорезательная машина — машина, предназначенная для разрезания листов картона на полосы. Имеет режущее устройство, состоящее из нескольких пар дисковых ножей. Лист картона укладывают на стол машины, откуда он подающей планкой подводится к двум парам тянущих валиков, которые направляют лист в режущее устройство. Полосы картона выводятся третьей и четвертой парами тянущих валиков на приемный стол. Расстояние между соседними парами ножей определяет ширину готовых картонных полос.

Картонорезательный станок, папшер — станок для ручной резки листов картона и бумаги. Состоит из стола, на одном краю которого шарнирно закреплен нож, снабженный противовесом, удерживающим его в поднятом положении. На этом же краю стола установлена прижимная балка. Разрезаемый материал укладывают на стол, выравнивают по упорам и прижимают балкой. Нож, опускаемый вручную, отрезает требуемую часть листа.

Картон переплетный — картон, предназначенный для изготовления переплетных крышек книжных изданий. Вырабатывается толщиной 1,25...3,0 мм, каландрированный и машинной гладкости. Может быть склеенным. Нормируются значения показателей жесткости при статическом изгибе, предела прочности при расслаивании, впитываемости при одностороннем смачивании.

Картон прокладочно-упаковочный для мебельной промышленности — картон, предназначенный для использования в качестве основы плоских и гофрированных прокладок, заготовок и др. деталей, используемых для упаковывания мебели. Выпускается в рулонах, массой 1 м² 350 г, толщиной 0,70 мм. Отличается высокой прочностью на разрыв и на излом.

Картон прокладочный — картон толщиной 0,3...1,6 мм. Предназначен для изготовления уплотнительных прокладок (например, во фланцевых соединениях трубопроводов). Обладает высокой степенью сжимаемости (эластичности). Вырабатывается из сульфатной и сульфитной небеленой целлюлозы и макулатуры с введением в массу наполнителей и связующих, в некоторых случаях с пропиткой. Нормируются показатели впитываемости воды, масла, бензина и др. рабочих сред, а также механической прочности, линейной деформации, сжимаемости, эластичного возврата и др.

Картон противопыльный — гидрофобный фильтровальный картон, предназначенный для противопыльных респираторов.

Картон с покровным слоем — картон, на поверхность которого наносится слой, состоящий из одного или нескольких компонентов, для придания ему специфических свойств. Основные виды поверхностных покрытий: меловальное (смеси пигментов, связующих и пластифицирующих веществ), из металлической фольги или из распыленного ме-

талла, полимерное, микровосковое или парафиновое, латексное.

Картон строительный, энсонит — склеенный картон с ограниченными показателями гигроскопичности и линейной деформации при увлажнении. Предназначен для обшивки стен и перегородок помещений. Содержит 4...6 слоев картон-основы, изготовленного из древесного волокна. Выпускается толщиной 7...9 мм с нормируемым показателем плотности.

Картон тарный — прочный картон, обладающий хорошей способностью к сгибанию и рилеванию. Применяется при изготовлении тары. Выпускается сплошным, склеенным или гофрированным, массой 1 м^2 от 220 г (картон коробочный) до 1000...1500 г (картон тарный плоский склеенный), с нормируемыми показателями толщины, жесткости, сопротивления продавливанию, разрывного усилия, сопротивления излому и впитываемости воды.

Картон тарный плоский склеенный — картон, полученный склеиванием нескольких слоев картон-основы. Предназначен для изготовления различной тары (в основном ящичной), в том числе для упаковки сливочного масла, подшипников, изделий электротехнической промышленности и т. д. Толщина 1,4...2,2 мм.

Картон термоизоляционный прокладочный, картон шумоизоляционный прокладочный — картон для термоизоляционных и шумопоглощающих прокладок, применяемых в автомобильной и тракторной промышленности. Имеет ограниченные значения показателя водопоглощения и коэффициента теплопроводности, плотность — не более $0,50 \text{ г/см}^3$. Выпускается тисненым, иногда — дублированным бумагой.

Картон термосвариваемый — картон с поверхностным термосвариваемым слоем, применяемый для изготовления тары, герметизируемой методом термической обработки шва покровного слоя.

Картон тропикоустойчивый — картон, устойчивый к действию микроорганизмов, плесневых грибов в условиях повышенной влажности и температуры тропического климата. Для антисептирования волокнистой массы или готового картона применяют оксидифенил, пентахлорфенолят натрия, салициланилид и др. бактерицидные вещества.

Картон фильтровальный для пищевых жидкостей — картон фильтровальный, предназначенный для фильтрования винодельческой, пиво-безалкогольной, ликеро-водочной продукции и компонентов, используемых при их производстве. Выпускается различных марок — для грубого, среднего, тонкого и стерильного фильтрования. Изготавливается из белой хвойной и хлопковой целлюлозы иногда с введением специальных добавок, с односторонним латексным покрытием. Толщина 1,8...3,3 мм; масса 1 м^2 700...1000 г. Нормируются абсолютное сопротивление продавливанию, сопротивление потоку воздуха, скорость прохождения воды и др.

Картон фильтровальный технический — картон, предназначенный для фильтрации нефтепродуктов, трансформаторных, турбинных и др. технических масел для осушения их и очистки от механических загрязнений. Изготавливается из сульфитной вискозной и сульфатной белой целлюлозы. Масса 1 м^2 270 г. Нормируются показатели относительного сопротивления продавливанию, капиллярной впитываемости, сопротивления потоку воздуха, зольности и др.

Картон фрикционный — картон, поверхность которого обладает высоким значением коэффициента трения при работе в паре «картон—сталь (чугун)», а также стойкостью к истиранию в масляной среде. Предназначен для изготовления фрикционных накладок на диски сцепления.

Картон хромовый — высококачественный картон из 100%-ной белой целлюлозы, как правило, мелованный, с отличными печатными свойствами. Применяется для изготовления потребительской тары с многокрасочной печатью (упаковка косметики, парфюмерии, лекарственных средств, табачных изделий), а также в полиграфическом производстве для изготовления обложек книг и каталогов, папок, календарей и др.

Картон хром-эраза — вид коробочного картона для изготовления потребительской тары с одно- или многоцветной печатью. Вырабатывается, как правило, многослойным; наружные слои — из белой целлюлозы, внутренние — из макулатуры или древесной массы. Часто подвергается одно- или двухстороннему мелованию. Имеет хорошую способность к высеканию и бигованию, легко подвергается тиснению и устойчив при различных процессах отделки (кашировании, дублировании, нанесении различных барьерных покрытий). Масса 1 м^2 220...500 г.

Картон цветной склеенный — картон, окрашенный с одной или с двух сторон. Предназначен для оформления книжно-журнальной продукции и изготовления белых изделий. Наружные слои изготавливаются из белой целлюлозы и окрашиваются в массу. Внутренние слои состоят из древесной массы, макулатуры и целлюлозы. Выпускается массой 1 м^2 300...500 г, среднеклееным, односторонней гладкости. Нормируются показатели предела прочности при растяжении, удлинения при разрыве, сопротивления излому и надлому.

Картон шпунельный — ярко окрашенный картон машинной гладкости, предназначенный для изготовления конусов и патронов в текстильной промышленности.

Картон чемоданный — картон, предназначенный для изготовления чемоданов, вкладышей и прокладок в сумки, портфели и др. Имеет регламентированные показатели впитываемости воды и линейной деформации после сушки. Легко поддается сгибанию, фальцеванию, тиснению, склеиванию. Вырабатывается из сульфатной небеленой целлюлозы и макулатуры, калиброванным, в ли

стах толщиной 1,5; 1,7 и 2,0 мм. Может выпускаться с поверхностной окраской и тиснением.

Картонно-склейки — листы картона, изготовленные на картоноклеильных машинах путем склеивания нескольких слоев рулонной бумаги, из которых наружные слои имеют более высокое качество. Применяются для художественно-технических и брошюровочно-переплетных целей.

Картон электроизоляционный, электрокартон — картон, обладающий рядом специфических свойств: высокой электрической прочностью, долговечностью, отсутствием металлических и др. электропроводящих включений, однородностью по толщине и форме. Используется в электротехнической промышленности в качестве изоляции. Существует две разновидности: для работы в воздухе и в среде трансформаторного масла.

Катионный (катионизированный) крахмал — крахмал, химически модифицированный введением в молекулу функциональных групп, несущих положительный заряд (например, четвертичного аммония, фосфора, третичных амино-, сульфо- и др. групп). Степень замещения водорода в Д-глюкозных звеньях катионными группами — 0,02...0,07. Применяется путем введения в бумажную массу для упрочнения бумаги, повышения удержания наполнителя и усиления проклейки, а также для поверхностной проклейки.

Кашировальная машина — устройство для нанесения пленочного покрытия (например, полиэтилена, поливинилхлорида и др.) на полотно бумаги или склеивания полотен бумаги с др. материалами (например, фольгой). Состоит из раската, узла нанесения на бумагу клея или расплава полимера, сушильного или охлаждающего участка и наката. Применяется также для получения многослойных материалов (например, бумага — полиэтилен — фольга — лак или фольга — бумага — полиэтилен и др.).

Каширование — см. *Ламинирование*.

Квадрантные весы — специальные рычажные весы со шкалой в виде четверти круга. Применяются для определения массы 1 м² бумаги и картона.

Квасцы — кристаллогидраты двойных серно-кислых солей одновалентного и трехвалентного металлов (например, калия и алюминия). В бумажной промышленности используются при проклейке бумаги и картона в массе для осаждения и фиксации клея на волокне.

Кипа — упаковочная мера листовой бумаги, листового картона, а также листов целлюлозы и древесной массы. Масса кипы — до 200 кг.

Классификация бумаги — разделение бумаги на классы (например, класс А — бумага для печати), группы (например, книжно-журнальная и репродукционная) и виды (например, типографская, офсетная, для глубокой печати).

Клеильный пресс — двухвальный пресс с ванной, устанавливаемый во второй половине сушильной части БДМ. Применяется для поверхностной обработки, в том числе проклейки бумаги.

Клей — 1. Вещество, которое при введении в бумажную массу придает бумаге (картону) свойства ограниченного впитывания воды и водных р-ров и определенной влагостойкости. 2. Вещество, применяемое для поверхностной обработки с целью повышения влагостойкости, упрочнения поверхности, уменьшения пылимости и выщипывания бумаги (картона). 3. Вещество, способное при определенных условиях прочно соединять две поверхности одинаковых или разнородных материалов. Применяется в пр-ве склеенного и гофрированного картона и др. видов картона.

Клей Аквапел (англ. *Aquapel*) — проклеивающий состав на основе димера алкилкетена для проклейки бумаги и картона в массе. Производится фирмой «Hercules».

Клей Бевоид (англ. *Bewoid*) — канифольная дисперсия на основе частично омыленной канифоли и казеината натрия в качестве стабилизатора. Применяется для проклейки бумаги в массе.

Клей-расплав — см. *Термоклей*.

Клейстер — клей, приготовленный из крахмала. Применяется для проклейки бумаги в массе и поверхностной проклейки, а также для склеивания бумаги и картона.

Клей укрепленный — клей, применяемый для проклейки бумаги в массе. Приготавливается путем сплавления канифоли с малеиновым ангидридом. При этом получается малеопимаровая кислота, которая обрабатывается щелочью до полной нейтрализации. Выпускается в виде пасты с концентрацией 50...70 %. Перед введением в бумажную массу клей разбавляют водой без подогрева до концентрации 3...5 %. Иногда применяется совместно с белым клеем.

Клупак (Слупак) — установка для микрокрепления бумаги в сушильной части БДМ. Состоит из бесконечного резинового полотна толщиной 25 мм, охватывающего часть поверхности хромированного сушильного цилиндра, нагретого до 110...120 °С. Эффект микрокрепления возникает в результате упругой деформации резины в зоне контакта бумажного и резинового полотен. Торговая марка микрокрепленной бумаги также носит название «Клупак».

«Кожаные обои» — бумажные обои, имеющие вид кожи, что достигается путем покрытия бумаги специальной краской и последующим горячим тиснением рисунка, воспроизводящего фактуру кожи. Обладают большой водостойкостью. Изготавливаются из бумаги массой 1 м² 150...180 г.

Кожкартон — *обувной картон*, в композиции которого содержатся измельченные отходы кожи.

Комби-Блайхе (Combi-Bleiche) — система очистки макулатурной массы, разработанная фирмой «Escher-Wyss» (ФРГ). Макулатура пропаривается в шнековом диспергаторе и затем подвергается двухступенчатой отбелке при концентрации 12...15 %: сначала пероксидом водорода в щелочной среде, затем бисульфитом и формамидэтиловой кислотой в нейтральной среде.

Комбинированная банка — упаковка одноразового использования, предназначенная для заполнения продуктами с максимальным сроком хранения 1 год. Изготавливается из бумаги или картона, часто методом спиральной навивки. Внутренний слой может быть из бумаги, покрытой полиэтиленом или кашированной алюминием. Крышка изготавливается из полиэтилена, а основание — из белой жести.

Композиция бумаги (картона) — вид и соотношение волокнистых и неволокнистых компонентов бумаги (картона).

Композиция массы для изготовления бумаги (картона) — состав и соотношение всех компонентов массы для изготовления бумаги (картона) (исключая воду), в том числе волокна, наполнителя, проклеивающих веществ и красителей.

Кондиционирование бумаги (картона) — выдерживание бумаги (картона) в стандартных условиях окружающей среды для придания необходимых влажности и температуры.

Коническая мельница — аппарат для непрерывного размола бумажной массы. Состоит из ротора конической формы с укрепленными на его внешней поверхности ножами и статора (кожуха) конической формы с ножами на внутренней поверхности. Величина зазора между ножами ротора и статора регулируется осевым перемещением ротора внутри статора. Основные виды конических мельниц: гидрофайнер — с цельнометаллическими ротором и статором с выфрезерованными на них широкими ножами; жордан — с ножами, закрепляемыми на конических поверхностях ротора и статора.

Конический вихревой очиститель, центриклинер — аппарат для очистки бумажной массы от тяжелых примесей. Представляет собой полый усеченный конус, широкая верхняя часть которого соединена с головкой, имеющей впускной и выпускной патрубки для массы. Примеси скапливаются в нижней узкой части конуса, откуда периодически удаляются.

Контрастная непрозрачность — отношение коэффициента отражения света листом бумаги, расположенным сначала на белой, затем на черной подложках. Применяется главным образом для характеристики типографской и писчей бумаги.

Контрольная нитка сукна — поперечная нитка пресового сукна БДМ, окрашенная в синий или красный цвет. Позволяет судить о правильности натяжения сукна.

Контрольно-перемотный станок — см. *Перемотно сортировочный станок*.

Концентрация бумажной массы — масса а. с. вещества, содержащегося в 100 весовых частях или в 1 л жидкой бумажной массы. В первом случае выражается в процентах, во втором — в граммах на литр.

Кордель бумажный — нить, скрученная из одной или нескольких влажных бумажных полосок.

Выпускается диаметром 0,60 и 0,81 мм. Бумажные полоски формируются непосредственно на круглосечной БДМ либо нарезаются из готового бумажного полотна. Используется в электротехнической промышленности в пр-ве кабелей связи в качестве твердого диэлектрика. Нормируются показатели сопротивления растяжению и удлинению при разрыве.

Корнпапир (нем. *Kornpapier*, от *Korn* — зерно, *Papier* — бумага) — устаревшее название бумаги-основы для изготовления переводных торшонированных видов бумаги. Представляет собой плотную бумагу с зернистой поверхностью, предназначенную (после покрытия желатиново-крахмальным слоем) для нанесения на нее жирным литографским карандашом оригинальных рисунков. Затем эти рисунки переносятся на литографский камень или цинковую пластину, которые служат печатной формой.

Коробление бумаги (картона) — дефект в виде искривления листов (полотна) бумаги (картона) с образованием вогнутых и выпуклых участков.

Косина листа бумаги (картона) — отклонение формы листа бумаги (картона) от прямоугольной.

Коэффициент истечения бумажной массы — отношение фактической скорости поступления бумажной массы на сетку БДМ к теоретической скорости, рассчитанной исходя из величины напора массы перед выпускной щелью. Зависит от сопротивления вытеканию потока и составляет для напорного ящика высокого давления 0,94...0,98; для вертикально установленных линеек — 0,60...0,70; для наклонно установленных линеек — 0,75...0,80.

Коэффициент гофрирования — отношение длины гофрированного слоя (в растянутом состоянии) к длине склеенного с ним гладкого слоя гофрированного картона.

Коэффициент жесткости волокна — отношение толщины стенки волокна к его ширине.

Коэффициент крепирования — отношение длины бумаги до крепирования к ее длине после крепирования.

Коэффициент спрессованности стопы — показатель качества прессования стопы при изготовлении книжных блоков. Определяется как отношение суммы толщин бумажных листов в стопе к высоте блока после снятия давления.

Коэффициент ужирнения — показатель, характеризующий направление процесса размола и представляющий собой отношение прироста степени помола (жирности) массы в градусах Шоппер—Риглера (°ШР) к уменьшению средней длины волокна, выраженному в процентах от первоначальной длины.

Красковосприятие бумаги (картона), краскоемкость бумаги (картона) — свойство бумаги (картона) воспринимать определенное кол-во печатной краски во время печати при заданных условиях контакта.

Красный железоксидный пигмент — оксид железа Fe_2O_3 (содержание 95...98 %) преимуще-

ственно в α -форме. В зависимости от конфигурации и размеров частиц цвет колеблется от оранжево-красного до малинового и пурпурного. Плотность 4,5...5,0 г/см³. Применяется при изготовлении декоративных видов бумаги, в том числе для мебельной пром-сти.

Крафт-бумага — см. *Бумага высокопрочная упаковочная*.

Крафтлайнер — картон для плоских слоев гофрированного картона, состоящий главным образом из небеленой сульфатной хвойной целлюлозы.

Крахмал (C₆H₁₀O₅)_n — смесь углеводов (полисахаридов), являющаяся продуктом фотосинтеза растений. Основные фракции — амилоза и амилопектин. В промышленном масштабе крахмал получают в основном из картофеля и кукурузы. Применяется для проклейки бумаги в массе, поверхностной проклейки, в составе меловальных суспензий, а также в качестве клея для бумаги и картона (например, при изготовлении гофрированного картона). В последнее время широко применяется *модифицированный крахмал*: гидролизованный, окисленный, катионный и др.

Крашение бумаги — 1. Процесс окрашивания бумажной массы для получения бумаги требуемого цвета. 2. Нанесение на бумагу с одной или двух сторон водорастворимых красителей или клеевых суспензий пигментов.

Кремнийорганические соединения — высокомолекулярные элементоорганические вещества, содержащие атомы кремния, при этом последние могут быть в основной и в боковых ветвях макромолекулы. В главной цепи атомы кремния могут быть связаны с атомами кислорода, азота, алюминия, титана, углерода. Кремнийорганические соединения, содержащие в основной цепи чередующиеся атомы кремния и кислорода — полиорганосилоксаны (силиконы) — используются для обработки бумаги и картона с целью придания их поверхности гидрофобных и антиадгезионных свойств.

Крепировальная машина — машина для крепирования бумаги, состоящая из раскатного станка, увлажняющего или пропитывающего устройства, крепящего цилиндра, сушильного цилиндра и наката. Влажное бумажное полотно, двигаясь вместе с вращающимся подогреваемым крепящим цилиндром, наталкивается на прижатый к цилиндру плоский шабер, который сжимает полотно и снимает его с поверхности цилиндра, в результате чего на полотне образуются мелкие поперечные складки — креп.

Крепирование бумаги — обработка бумаги на крепировальной машине или на лощильном цилиндре БДМ с целью получения на бумажном полотне мелких поперечных складок. При этом длина полотна уменьшается на 15...50 %.

Критическая точка при сушке — влажность бумажного (картонного) полотна на границе между периодами постоянной и падающей скорости сушки.

Кровельный беспокровный толь, пергамин кровельный, пергамин — рулонный материал, предназначенный для нижних слоев кровельного ковра, паро- и гидроизоляции. Вырабатывается путем пропитки кровельного картона нефтяными битумами. Выпускается массой 1 м² 200...350 г с нормируемыми показателями температуры размягчения пропиточного состава, отношения массы пропиточного состава к массе а. с. картона и потерь массы при нагревании. Характеризуется достаточно высокими показателями разрывного усилия при растяжении, гибкости и водонепроницаемости.

Кровельный толь с песочной посыпкой, толь — рулонный материал, предназначенный для верхнего слоя кровельного ковра зданий. Вырабатывается путем пропитки кровельного картона нефтяными битумами и посыпки поверхностных пленок пропиточной массы кварцевым песком. Выпускается массой 1 м² 300 и 350 г с нормируемыми показателями температуры размягчения пропиточной массы, отношения массы битума к массе сухого картона, потерь массы при нагревании, разрывного усилия при растяжении, гибкости и водонепроницаемости.

Кромка древесноволокнистой плиты — боковая узкая поверхность ДВП.

Кроющая способность, укывистость — способность краски или пигмента, входящего в состав краски, покрывать бумагу или картон так, чтобы ее поверхность не просвечивала сквозь нанесенный слой краски.

Кроющая способность бумаги для декоративного слоя облицовочных материалов — способность бумаги после пропитки синтетическими смолами или композициями полностью укрывать соответствующую основу — поверхность ДСП, ДВП, фанеры или внутреннего слоя ДБСП, т. е. обеспечить создание системы, не пропускаемой для падающего света и формирующей эстетичный заданный цвет изделия. Характеризуется обычно непрозрачностью после процесса пропитки соответствующими смолами.

Круглосеточная машина — КДМ (БДМ), состоящая из одного или нескольких полых цилиндров, обтянутых снаружи мелкой сеткой, которые, вращаясь, частично погружаются в ванну, содержащую бумажную массу. При вращении цилиндра вода проходит через сетку, а переплетенные волокна образуют на сетке волокнистый слой. Отдельные слои снимаются последовательно бесконечным сукном и соединяются в непрерывное полотно.

Курлатор — аппарат для предварительной обработки целлюлозы перед размолотом с целью повышения гибкости и эластичности волокон. Состоит из двух горизонтально расположенных металлических дисков с шероховатой поверхностью: нижний диск неподвижен, а верхний имеет вращательное движение от эксцентрика с регулируемым давлением на нижний. Масса при концентрации 20 % подается в зазор между дисками.

Лабораторный размольный аппарат ЦРА — см. *Мельница Иокро*.

Лазерный метод анализа структурной неоднородности бумаги — метод неразрушающего контроля бумаги с помощью инфракрасного излучения от лазера, которое через прерыватель и поляризатор направляется на образец бумаги, а проходящее через него излучение воспринимается пироэлектрическим детектором. При этом одновременно определяются плотность и анизотропия листа, а также степень ориентации волокон в листе.

Лакирование бумаги (картона) — облагораживание бумаги (картона) нанесением на их поверхность слоя лака.

Ламинаты (англ. *laminates*) — материалы слоистой структуры, получаемые ламинированием бумаги.

Ламинирование, каширование — 1. Соединение (склеивание) двух или нескольких слоев одинаковых или различных материалов (бумаги с картоном, фольги и пленки с бумагой или картоном и т. п.). 2. Нанесение пленочного покрытия на бумагу и картон из расплава.

Ласа — лоснящееся пятно, полоса на бумаге с покрытием.

Латексы — водные коллоидные системы каучукоподобных полимеров. Натуральные латексы получают из сока растений-каучуконосов, синтетические — методом эмульсионной полимеризации диеновых углеводородов или их сополимеризацией с виниловыми углеводородами. Применяются в пр-ве влагопрочных, жиронепроницаемых и др. упаковочных видов бумаги путем проклейки в массу, нанесения на поверхность и пропитки бумаги, а также вводятся в меловальные суспензии в качестве связующего.

Легкие бумаги — все бумаги массой 1 м² менее 40 г.

Лейкометр — аппарат для измерения белизны бумаги.

Лента бумажная рулонная для печатающих устройств — лента бумажная шириной 25...590 мм. Предназначена для использования в качестве носителя информации в печатающих устройствах вычислительных машин и систем обработки данных. Изготавливается из бумаги писчей, офсетной, типографской, диаграммной и др. Масса 1 м² 45...70 г. Для контрольно-кассовых аппаратов с термографическим способом регистрации применяется лента с термочувствительным слоем.

Лента клеевая на бумажной основе — лента с клеевым слоем, активируемым смачиванием. Вырабатывается из *бумаги-основы для клеевой ленты* в бобинах шириной 10...200 мм. Масса клеевого слоя на 1 м² бумаги-основы — 23...50 г. Применяется для склейки шпона в пр-ве фанеры, оклейки картонных коробок, оклейки органического стекла.

Лента телеграфная — бумажная лента для приема телеграмм на телеграфных аппаратах. Выра-

батывается из древесной целлюлозы, среднелесной, без наполнителя, толщиной 80...93 мкм, хорошей машинной гладкости, с высокой разрывной длиной в машинном направлении, массой 1 м² 60...65 г.

Ленточный пресс — пресс непрерывного действия для производства ДВП, ламинирования картона, в котором используются гибкие бесконечные стальные ленты, передающие на обрабатываемый материал давление прижимных плит. Обычно ленты расположены одна над другой и натянуты вокруг вращающихся барабанов; между ними помещается обрабатываемый материал. Температура и давление в рабочей зоне могут регулироваться по участкам.

Лепесток в бумаге — дефект в виде местного утолщения бумаги, образующегося при попадании в бумагу неразмолотых сгустков волокон бумажной массы.

Летероид — разновидность рулонной фибры толщиной до 2 мм, вырабатываемой на фибровой машине непрерывного действия.

Линейная деформация бумаги (картона) — изменение линейных размеров листа бумаги (картона) (по ширине и длине) при изменении условий окружающей среды.

Линия для резки бумаги на листы потребительского формата — автоматизированная установка, включающая несколько раскатов, с которых одновременно разматываются до пяти рулонов с шириной полотна 3300 мм, разрезаемых на продольные полосы, которые затем на ножах поперечной резки разрезаются на листы формата А4 или А3 и затем формируются в пачки. Производительность одной из линий, установленных в России, составляет 140 000 т/год.

Линкруст (от лат. *linum* — полотно, *crusta* — корка) — тип линолеума, применяемый для оклейки стен вместо обоев. Вырабатывают обычно из толстой бумаги путем нанесения с одной стороны смеси окисленного льняного масла с копальной смолой, канифолью, наполнителем (древесной мукой, реже — корковой) и минеральными красителями, а с другой — биоцидной краски.

Линт хлопковый, линт — короткое хлопковое волокно, получаемое при линтеровании хлопковых семян на хлопко- и маслозаводах. Длина волокон в зависимости от типа линта хлопкового — от 6...7 до 13...14 мм и более. Количество сорных примесей — до 15 %.

Лист бумаги (картона) — часть полотна бумаги (картона) обычно прямоугольной формы.

Листовая бумага (листовой картон), флатовая бумага — бумага (картон), выпускаемые в листах определенного формата.

Листоотливной аппарат Нобль-Вуд, листоотливной аппарат ЛОА — аппарат, предназначенный для изготовления лабораторных образцов (отливок) бумаги размером 200×200 мм. Состоит из мерника для массы с мешалкой и дозировочным устройством, отливной формы, вакуумного насо-

са, бачка для оборотной воды, двухвального пресса и сушильного цилиндра.

Листорезка — см. *Саморезка*.

Листоукладчик — устройство для ровной укладки листов бумаги на саморезках.

Литопон, $ZnS \cdot BaSO_4$ — эквимолекулярная смесь сульфида цинка и сернокислого бария, применяемая для мелования и наполнения бумаги. Плотность $4,3 \text{ г/см}^3$, средний размер частиц $0,3...0,5 \text{ мкм}$, белизна $97...98 \%$.

Лицевая плоть древесноволокнистой плиты — гладкая плоть прессованной ДВП.

Лицевая сторона бумаги (картона) — см. *Верхняя сторона бумаги (картона)*.

Лицевая сторона бумагоделательной (картоноделательной) машины, рабочая сторона бумагоделательной (картоноделательной) машины — сторона, с которой производится основное обслуживание БДМ (КДМ).

Ловушка Вако, Вако-фильтр — *массная ловушка* фильтрационного типа. Состоит из двух перфорированных цилиндров, на которые надета одна общая сетка. Основной цилиндр большого диаметра погружен в ванну с отработанной водой. Вспомогательный цилиндр меньшего диаметра расположен в ванне, установленной выше ванны основного цилиндра, в которую поступает свежее волокно для создания фильтрующего слоя на сетке. Уловленное волокно вместе со свежим снимается шабером с прижимного вала.

Ловушка конусная, конусный отстойник — устройство непрерывного действия для улавливания методом седиментации волокна, наполнителя и проклеивающих веществ из воды, отходящей от БДМ. Имеет вид расширяющегося вверх конуса, изготовленного из стали или железобетона. Отработанная вода поступает сверху в центр конуса по расширяющемуся патрубку. Волокна, наполнитель и др. твердые вещества осаждаются и в виде сгустка собираются в нижней, сужающейся части конуса, а затем отводятся по трубопроводу. Осветленная вода удаляется из верхней части конуса, переливаясь в кольцевой и радиально расположенные желоба.

Ловушка скребковая, ловушка кратцерная, кратцерный отстойник (от нем. *Kratze* — скребок) — *массная ловушка*, работающая на принципе отстаивания. Состоит из железобетонной камеры большого объема, по дну которой передвигаются планки скребкового транспортера, направляющие осевший на дно сгусток к приямку. Осветленная вода удаляется сверху ловушки путем перелива.

Ловушка флотационная — *массная ловушка*. Принцип действия основан на флотации взвешенных веществ.

Лог — длинный рулон бумаги небольшого диаметра, который затем нарезается на рулончики туалетной бумаги или бумажных полотенец.

Лоск бумаги (картона) — направленные отражательные свойства, проявляющиеся в степени

видимости световых бликов или способности поверхности отражать изображения объектов.

Лощение бумаги (картона) — придание бумаге (картону) лоска с помощью фрикционного или лоцильного каландра или лоцильного цилиндра БДМ (КДМ).

Лоцильный цилиндр, гладильный цилиндр, Янки-цилиндр — сушильный цилиндр БДМ диаметром от 2 до 5 м с полированной поверхностью для придания бумаге односторонней гладкости. Под лоцильным цилиндром расположены один или два прижимных (гладильных) вала, прижимающих бумагу к гладкой поверхности цилиндра, что способствует приданию бумаге высокой степени лоска. В самосъемочной БДМ лоцильный цилиндр является единственным сушильным цилиндром и заменяет собой моноцилиндрическую сушку.

Люминесцентные пигменты, люминофоры — пигменты, обладающие люминесцентными свойствами, т. е. способностью излучать видимый свет в различных диапазонах спектра под воздействием внешних факторов: света (в том числе ультрафиолетового излучения), радиоактивного и рентгеновского излучений, электрического поля и др. Применяются в пр-ве специальной картографической, декоративной и др. видов бумаги, а также в составе меловальных суспензий. Частный случай люминесценции — флюоресценция — используется при *оптической отбелке бумаги и картона*.

Магнитность бумаги (не рекомендуется) — см. *Электризация бумаги*.

Маделейн валики (фр. *Madeleine*) — полые валики с отверстиями и ячейками, через которые подается горячий воздух ($90...100 \text{ }^\circ\text{C}$) для сушки сушильных сукон. Устанавливаются взамен сукноведущих валиков БДМ и позволяют исключить из ее конструкции сукносушильные цилиндры.

Макроструктура бумаги — строение агрегированных вторичных элементов пространственной структуры бумаги и распределение волокон и наполнителя в ее объеме и на поверхности бумажного листа.

Максимальная обрезная ширина — максимальная ширина полотна бумаги (картона), которую можно получить на данной машине. Определяется после обрезки кромок минимальной ширины с целью устранения неровности краев, образовавшейся в процессе выработки.

Максимальная ширина бумажного полотна — наибольшая возможная ширина полотна при его выходе из зоны формования.

Макулатура (от лат. *maculo* — пачкать) — вторичное сырье, получаемое в результате переработки или после использования всех видов бумаги и картона, пригодное для применения в качестве волокнистого полуфабриката для выработки бумаги, картона и др. изделий. По российской классификации макулатура разделяется на три группы: 1) группа А — высокого качества (4 марки) —

отходы пр-ва белой бумаги, бумаги из сульфатной небеленой целлюлозы, отходы пр-ва электроизоляционного картона, использованные мешки бумажные; 2) группа В — среднего качества (3 марки) — отходы пр-ва и потребления гофрированного картона, бумаги и картона, применяемых в его пр-ве; отходы пр-ва и потребления картона всех видов; использованные книги, журналы, брошюры, проспекты и т. п.; 3) группа В — низкого качества (6 марок) — отходы пр-ва и потребления газет и газетной бумаги; бумажные гильзы, шпули; литые изделия из бумажной массы; отходы пр-ва и потребления бумаги и картона с пропиткой и покрытием; черного и коричневого цветов и т. п. За рубежом очищенная и обесцвеченная, а также отбеленная макулатура выпускается как товарный продукт.

Маншон — см. *Чулок*.

Марзан — см. *Шпалька*.

Марка бумаги (картона, целлюлозы, фибры) — подразделение вида продукции по свойствам и назначению.

Маркировка бумаги (картона) от сетки (сукна) бумагоделательной (картоноделательной) машины — дефект, характеризуемый образованием на поверхности полотна бумаги (картона) отпечатков от сетки или сукна БДМ (КДМ).

Маркировочный пресс — обрезиненный вал с выпуклым или вдавленным рисунком на поверхности в комбинации с прессовым валом, находящимся в прессовой части БДМ, для нанесения рисунка на полотно.

Маслопоглощение бумаги и картона — количество масла (трансформаторного, касторового и др.), поглощаемое образцом бумаги или картона при определенных условиях. Обычно выражается в процентах.

Масса для изготовления бумаги (картона), бумажная масса — водная суспензия волокнистых полуфабрикатов, предназначенная для выработки бумаги (картона). Может состоять из одного или нескольких волокнистых полуфабрикатов, а также содержать наполнители, проклеивающие вещества, красители и др.

Масса 1 м² бумаги (картона) — масса единицы площади бумаги или картона, определенная по стандартному методу испытаний. Выражается в граммах.

Массная крыльчатка — перемешивающее устройство типа насосного колеса для массы в мешальных (массных) бассейнах.

Массная ловушка, массоловка — устройство для улавливания волокна, наполнителя и клея из отработанных вод целлюлозно-бумажного пр-ва. Работает по принципу осаждения, фильтрации или флотации волокна (см. *Ловушка Вако, Ловушка конусная* и др.).

Массный бассейн, мешальный бассейн, буферный бассейн, уравнительный бассейн, смесительный бассейн — бассейн для бумажной (картонной) массы с перемешивающим устройством (ме-

шальный бассейн). Применяется для создания запаса волокнистой массы на случай останова отдельных участков пр-ва (буферный бассейн); для выравнивания концентрации массы (уравнительный бассейн) и сохранения стабильности режима; для смешения целлюлозы от нескольких варок или отбелок или компонентов бумажной массы (смесительный бассейн) и т. п. Различают массные бассейны горизонтальные и вертикальные, для массы низкой и высокой концентрации, с различными мешальными устройствами. Широко распространены горизонтальные массные бассейны с пропеллерной мешалкой. Для массы высокой концентрации применяются большей частью массные бассейны вертикальные (башенные).

Массный размол — см. *Размол волокнистого полуфабриката*.

Массоловка — см. *Массная ловушка*.

Массопровод — система труб, по которым движется жидким потоком волокнистая масса (например, от размольной аппаратуры в машинный бассейн).

Масштабный фактор бумаги — влияние линейных размеров (длины и ширины) испытуемого образца бумаги на результаты испытаний его механических свойств.

Материал «Неофил» — фильтровальный материал, предназначенный для очистки воздуха от микрочастиц. Вырабатывается из стекловолокна. Масса 1 м² 150 г, толщина 0,8 мм, сопротивление потоку воздуха — не более 30 Па.

Материал переплетный на бумажной основе — материал, предназначенный для изготовления переплетных крышек на рулонных и листовых крышкоделательных машинах. Имеет нитрополиамидное или поливинилхлоридное покрытие различных цветов, с отделкой (тиснение, печать) или без нее. Масса 1 м² 150 и 220 г. Нормируются показатели сопротивления излому, разрывного усилия, истираемости, светопрочности.

Материал сепарационный — разделительный материал для герметизированных свинцово-цинковых аккумуляторов. Вырабатывается массой 1 м² 140...160 г из стекловолокна. Нормируется максимальный диаметр пор и показатель кислотопоглощения.

Материал фильтрующий однослойный для табачных фильтров — рилеванный волокнистый материал, намотанный в бобины шириной 200 мм. Масса 1 м² 42 г. Нормируются показатели белизны, капиллярной впитываемости воды и разрушающего усилия в машинном направлении.

Машинная гладкость бумаги — гладкость бумаги, приобретенная после прохождения ею машинного каландра. Обычно не превышает 60 с по Бекку.

Машинная ширина бумажного полотна — общая ширина мокрого бумажного полотна при выходе его из зоны формования.

Машинное направление бумаги (картона), продольное направление бумаги (картона), долевое

направление — направление полотна бумаги (картона), соответствующее направлению движения сетки на БДМ (КДМ).

Машинный бассейн, рабочий бассейн — аккумулятор бумажной массы, расположенный непосредственно перед БДМ (КДМ) и бесперебойно обеспечивающий ее массой. Имеет лопастные или пропеллерные устройства для перемешивания бумажной массы.

Машинный каландр — каландр, установленный между сушильной частью и накатом БДМ. Имеет только металлические валы.

Межволоконные силы связи — комплекс сил, связывающих между собой волокна в бумаге, в котором водородная связь играет основную роль и меньшее значение имеют силы Ван-дер-Ваальса, механические силы связи, а при достаточном влагосодержании бумаги играют роль и силы поверхностного натяжения воды.

Мел — см. *Карбонат кальция*.

Меламино-формальдегидная смола, триметиллолмеламин — продукт конденсации меламин с формальдегидом. Добавляется в волокнистую массу для придания бумаге и картону влагопрочности. Применяется также для пропитки бумаги-основы в пр-ве бумажно-слоистого пластика.

Меловальная суспензия, покровная суспензия, суспензия покровного материала — состав, предназначенный для нанесения покрытия на поверхность бумаги и картона. Содержит в качестве основных компонентов мелкодисперсный белый минеральный пигмент, клей (связующее вещество), а также красители, диспергаторы, модификаторы вязкости и др. вещества.

Меловальная установка — аппарат для нанесения покровного слоя меловальной суспензии на движущееся полотно бумаги (картона) с последующей сушкой. Может быть встроена в сушильную часть БДМ (КДМ) либо установлена отдельно.

Меловальное устройство — узел *меловальной установки*, обеспечивающий нанесение и разравнивание покровного слоя на полотне бумаги (картона). Наиболее употребительны следующие способы равномерного распределения покрытия по поверхности бумаги (картона)-основы: шаберный, валиковый, щеточный, а также при помощи воздушного шабера. В качестве установки для нанесения легкого мелования часто применяется клеевый пресс, в частности, *пленочный пресс*.

Меловальное устройство Билл Блэйд (Beel Blade) — устройство для двухстороннего мелования бумаги. Обрабатываемое полотно проходит вертикально через заполненное покровной массой пространство между гибким шабером и вращающимся по ходу движения полотна обрезиненным валом. Это устройство позволяет наносить покрытия массой 1 м^2 10...12 г при вязкости покровной массы 0,5...1,0 Па·с и содержании сухого вещества в ней 50...56%. Максимальная скорость движения бумаги 1000 м/мин.

Меловальное устройство Роул Блэйд (Role Blade) — комбинированная система для нанесения на бумагу покрытий массой 1 м^2 от 5 до 30 г. Основным элементом является *вращающийся шабер*, установленный на подвижном основании и с помощью пневмоустройства прижимаемый к поверхности бумажного полотна, проходящего по опорному валу. В целях регулирования профиля покрытия по ширине полотна предусмотрены винты для локального прижима отдельных участков шабера.

Меловальное устройство с воздушным шабером — устройство для мелования бумаги на БДМ, снабженное красконаносящим валом, частично опущенным в ванну, и поддерживающим валом, на котором покрытие разравнивается при помощи *воздушного шабера*. Шабер имеет выпускную щель для сжатого воздуха (давлением 3...35 кПа) шириной 0,45...0,90 мм. Путем вторичного дутья наружную поверхность воздушного шабера очищают от остатков покровной массы.

Меловальное устройство Твинблэйд (Twin-Blade) — система для двухстороннего мелования из двух противоположащих мундштучных щелей, при помощи которых меловальная суспензия выдавливается и равномерно покрывает проходящее между ними вертикально вверх полотно бумаги. Непосредственно после этой операции полотно проходит между двумя гибкими шаберами для регулирования массы наносимого покрытия.

Мелование бумаги (картона) — нанесение на поверхность бумаги (картона) покрытия, состоящего в основном из пигмента и связующих веществ, с целью облагораживания или придания специальных свойств поверхности листа. В качестве пигментов применяют каолин, сернокислый барий, мел, белый сатинит и диоксид титана. К числу наиболее часто применяемых связующих веществ относятся крахмал, казеин, животный клей, латекс и некоторые синтетические смолы. Мелование бумаги (картона) производится либо на *меловальной установке*, встроеной в сушильную часть БДМ (КДМ), либо на отдельных агрегатах. Наиболее употребительны следующие способы равномерного распределения покрытия по поверхности бумаги (картона)-основы: щеточный, шаберный, валиковый, а также при помощи воздушного шабера.

Мельница Биффара — см. *Мельница размольно-сортирующая*.

Мельница Жордана — см. *Коническая мельница Жордана*.

Мельница Иокро, центробежный размольный аппарат (ЦРА) — лабораторный аппарат для размола целлюлозы, позволяющий вести одновременный размол в шести бронзовых стаканах с расположенными внутри стаканов бронзовыми барабанами. При этом размольные стаканы одновременно вращаются вокруг вертикального вала мельницы и вокруг собственной оси. Цилиндрическая поверхность барабанов и внутренняя цилиндри-

ческая поверхность стаканов имеют рифление. С изменением скорости вращения мельницы изменяется удельное давление барабанов на стенки размольных стаканов.

Мельница Клаффина (Clafflin) — представляет собой комбинацию укороченной конической мельницы, имеющей большой угол подъема, с рафинером. Ножи этого рафинера укреплены с одной стороны на торцевой стенке широкого конца конуса, перпендикулярно к оси мельницы, а с другой стороны — на торцевой стенке кожуха.

Мельница Лампена — лабораторный аппарат для размола целлюлозной массы. Состоит из полого сферического резервуара с помещенным внутри бронзовым шаром. При вращении аппарата шар катается по внутренней поверхности резервуара и в присутствии воды размалывает целлюлозу, превращая ее в массу.

Мельница размольно-сортирующая, мельница Бифара — предназначена для размола и сортирования предварительно измельченных на мельнице гребенчатой сучков и непровара, а также отходов от тонкого сортирования массы. Представляет собой комбинацию рафинера с центробежной сортировкой.

«**Мертвый**» помол — чрезмерно короткий садкий помол целлюлозы, в результате которого волокна теряют способность к переплетению, а формируемое бумажное полотно не имеет достаточной механической прочности.

Металлизирование бумаги (картона) — облагораживание бумаги (картона) нанесением на поверхность тонкого слоя металла. Различают три способа: 1) нанесение на поверхность бумаги (картона) порошкообразного металла (бронзы, алюминия и др.); предварительно на поверхность бумаги наносится тонкий слой связующего (лака, печатной краски и др.); 2) приклеивание тонкой металлической фольги на поверхность бумаги (картона); 3) способ вакуумной металлизации.

Метилцеллюлоза (МЦ) — метиловые эфиры целлюлозы разной степени замещения: общая формула $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OCH_3)_x]_n$. Получают действием на целлюлозу щелочи в присутствии диметилсульфата или хлористого (йодистого) метила. Используют в качестве защитного коллоида в составе покрытий. МЦ хорошо совмещается с крахмалом, животным клеем, латексом синтетического каучука и др. компонентами покровных смесей.

Метод Кобба — способ определения степени проклейки, основанный на измерении поглощения воды поверхностью бумаги. Степень проклейки выражается в граммах воды, поглощенной поверхностью бумаги (картона) за определенное время в пересчете на $1 м^2$.

Метод краевого угла смачивания — метод, позволяющий определить степень гидрофобности или гидрофильности поверхности бумаги. Состоит в измерении угла между плоскостью листа и касательной к капле жидкости в любой точке ее контура на листе. Дает суммарную характеристи-

ку молекулярной природы поверхности листа, зависящей не только от степени проклейки бумаги, но также от природы волокна и наполнителя, степени помола, характера отделки и т. д.

Метод огневой трубы — метод определения способности картона и ДВП к воспламенению и горению. Находят потери массы испытываемого образца картона при воздействии на него пламени в течение определенного времени.

Метод определения белизны бумаги, картона и целлюлозы — устанавливается российским стандартом ГОСТ 30113-94 и стандартом ISO 2470-77; метод основан на измерении в синей области спектра при эффективной длине волны 457 нм коэффициента отражения поверхности светонепроницаемой стопы образцов по отношению к коэффициенту отражения абсолютного отражателя, принимаемого за 100 %. Результат определения выражают в процентах.

Метод определения водонепроницаемости — метод основан на одностороннем воздействии воды с определенным гидростатическим давлением на образец бумаги определенной площади в течение установленного времени. Если по истечении этого времени на поверхности испытываемого образца (с верхней и с сеточной стороны) отсутствуют признаки просачивания воды, бумагу считают водонепроницаемой.

Метод определения гладкости по Бекку — метод заключается в измерении времени прохождения определенного объема воздуха в вакуумную камеру между поверхностью испытываемого образца бумаги или картона и поверхностью стеклянной полированной пластинки при определенных условиях. Результаты испытания выражаются в секундах.

Метод определения жесткости при статическом изгибе — метод заключается в определении силы, приложенной к свободному концу консоли, закрепленного образца и изгибающей его на определенный угол. Результат испытания выражают в ньютонах.

Метод определения линейной деформации — метод заключается в измерении изменений размеров листа бумаги и картона и изменений толщины картона в результате воздействия воздуха, воды, растворов или заданных климатических условий. Результаты выражаются в процентах.

Метод определения лоска — метод заключается в измерении интенсивности световых потоков, зеркально и нормально отраженных от испытываемого образца бумаги или картона, освещаемого параллельным пучком света под углом 45° .

Метод определения поверхностной впитываемости капельным способом — метод основан на определении поверхностной впитываемости во времени поглощения капли воды, органического растворителя или р-ра, нанесенной на поверхность бумаги. Выражается в секундах.

Метод определения промокаемости бумаги — метод основан на определении времени, прошед-

шего с момента соприкосновения одной стороны образца бумаги с электролитом до проникновения его на другую сторону. Конец испытания фиксируется по достижении заранее установленной силы тока в электрической цепи, замкнутой двумя электродами через систему «бумага—электролит». Промокаемость бумаги выражается в секундах.

Метод определения числа вкраплений железа и меди — метод основан на переводе металлических вкраплений в растворимые соли, которые при взаимодействии с гексацианоферратом калия образуют комплексные соединения синего и красно-бурого цвета, проявляющиеся в виде окрашенных пятен на поверхности бумаги. Результат определения выражают кол-вом вкраплений на образце бумаги размером 200×250 мм.

Метод сухого индикатора — способ измерения степени проклейки бумаги, основанный на определении времени прохождения воды через толщину бумаги и увлажнения индикатора (появления окраски), помещенного на другую сторону листа. Для этого образец бумаги с загнутыми краями в виде лодочки помещается на поверхность воды; предварительно на внутреннюю поверхность лодочки насыпают сухой индикатор, состоящий из смеси красителя основного фиолетового К, сахарной пудры и крахмала. Степень проклейки определяют как отношение времени в секундах к толщине бумаги в миллиметрах.

Метод ускоренного определения влажности — метод определения влажности бумаги, картона и целлюлозной папки. Для каждого вида испытуемой бумаги (картона, целлюлозы) в зависимости от ее толщины, степени проклейки и др. свойств устанавливается предварительно опытным путем необходимая продолжительность сушки образца, составляющая обычно от 5 до 15 мин. Анализ состоит в определении массы 1 м² образца на квадратных весах, высушивании образца при температуре 130...150 °С в течение установленного срока, повторного определения массы 1 м² высушенного образца и расчета влажности. Сушат образец контактным способом или с помощью инфракрасной лампы большой мощности.

Механическая прочность бумаги (картона) — свойство бумаги (картона) сопротивляться разрушению под действием внешней механической нагрузки. Обычно характеризуется следующими показателями качества: сопротивление разрыву при растяжении, абсорбция энергии разрыва (ТЕА), сопротивление излому, продавливанию, раздиранию, удлинение при растяжении и др.

Механические массы — волокнистые полуфабрикаты для пр-ва бумаги и картона, получаемые из щепы на дисковых мельницах или из балансов на дефибрерах. Имеют выход 80...98 %. К механическим массам относятся дефибрерная древесная масса, рафинерная древесная масса, термомеханическая древесная масса (ТММ), химико-термомеханическая древесная масса (ХТММ) и др.

Механическое повреждение бумаги (картона) — дефект, характеризуемый нарушением целостности поверхности бумаги (картона) в виде выпячивов, отрыва мелованного слоя, задигов, вмятин, надломов (трещин), разрыва кромки полотна, разрывов, царапин и т. д.

Мешальный бассейн — см. *Массный бассейн*.

Микрогеометрия поверхности бумаги — микропрофиль бумаги, характеризуемый формой и величиной неровностей. Определяется игольчатым профилометром-профилографом.

Микрокрепление — процесс придания бумаге мелкого, малозаметного на глаз крепа, для увеличения растяжимости, сопротивления излому и динамическим нагрузкам. Осуществляется с помощью установок Сипрак или Экспанда, которые монтируются в сушильной части БДМ на участке, где влажность бумаги составляет 30...40 %.

Микроструктура бумаги — строение элементов композиции бумаги, в том числе надмолекулярная структура волокон, и характер связей компонентов бумаги.

Микрофибриллы — см. *Фибриллы*.

Многопроцессные обои — обои, полученные путем печатания рисунка на предварительно грунтованной бумаге.

Многослойная бумага, многослойный картон — бумага (картон), состоящие из нескольких элементарных слоев одинаковой или различной композиции, связанных в процессе пр-ва во влажном состоянии без использования склеивающего вещества.

Многослойная древесноволокнистая плита — ДВП, имеющая три и большее число слоев.

Модификаторы вязкости — вещества, вводимые в покровные или пропиточные составы бумаги в целях снижения или повышения вязкости для улучшения способности смачивать поверхность бумаги или для придания составу более однородного характера. К модификаторам вязкости относятся пластификаторы, эмульгаторы, стабилизаторы и др. вещества, тем или иным способом влияющие на вязкость.

Модифицированный крахмал — крахмал с измененными химическими и физическими свойствами в результате действия на него различных химикатов с целью снижения вязкости и улучшения адгезионных свойств. Применяется для проклейки бумаги, в пр-ве гофрированного картона, а также в качестве связующего в меловальных суспензиях.

Мокрая часть бумагоделательной машины — совокупность напускного устройства, сеточной и прессовой частей БДМ.

Мокрое крепление — процесс крепления на БДМ или вне машины, выполняемый на увлажненном или частично высушенном полотне бумаги.

Мокро-сухой способ производства древесноволокнистых плит — способ, при котором транспортирование древесноволокнистой массы и формо-

вание ковра осуществляют в водной среде, а перед подачей в пресс полотно проходит через сушильное устройство, в котором высушивается почти до а. с. состояния. Затем плиты прессуют при повышенных температуре и давлении. Способ позволяет получать ДВП высокого качества без добавления искусственных связующих компонентов.

Мокрый брак — оборотный бумажный (картонный, целлюлозный) брак, образующийся на прессах и первых секциях сушильных цилиндров БДМ (КДМ) в виде обрывов и выдирок.

Мокрый глезер — см. *Каландр мокрый*.

Мокрый пресс — см. *Пресс бумагоделательной машины*.

«Мокрый» ящик — разновидность вакуумного ящика сеточного стола БДМ, в котором вода удаляется *регистровыми планками* и отводится сифоном. Устанавливается в начале сеточного стола тихоходных БДМ (КДМ).

Морщинистость бумаги — локализованная деформация листа бумаги в виде близко расположенных складок (морщин), образующаяся вследствие неравномерной усадки.

Мочевина-формальдегидная смола, карбамидная смола — продукт конденсации мочевины и формальдегида. Вводится в бумажную массу в виде водного р-ра для придания бумаге влагопрочности. Применяется для пропитки бумаги-основы в пр-ве бумажно-слоистого пластика.

Мраморирование — процесс придания узора мрамора бумаге или картону при их формовании путем нанесения р-ра краски на влажную поверхность полотна в сеточной или прессовой части БДМ или КДМ.

Мшистый обрез бумаги (картона) — см. *Неровный обрез кромки бумаги (картона)*.

«Мэсонит» — метод получения волокнистой массы из щепы в производстве ДВП. Древесную щепу помещают в герметичную камеру, где в течение 30 с держат под давлением пара 2,5 МПа (220 °С), после чего на 4...5 с давление доводят до 7,0...8,5 МПа (290 °С). Затем давл. резко снижают до атмосферного, открывая разгрузочный клапан. Пар, мгновенно расширяясь, разрывает щепу на волокна. Оборудование для этого процесса называется «пушкой Мэсона».

Мягкая древесноволокнистая плита — ДВП плотностью до 400 кг/м³, изготовленная с использованием воздушной сушки волокнистого ковра без прессования.

«Мягкий» каландр, софткаландр — каландр, состоящий из двух пар последовательно установленных валов. В каждой паре один из валов имеет покрытие из специальной мягкой пластмассы, второй — стальной с нагревом до температуры 200 °С. Применяется взамен суперкаландра для обработки бумаги с покрытием в целях получения высокого глянца и одновременно хорошей пухлости и жесткости бумаги, а также для других видов бумаги и картона.

Мягкость бумаги — свойство бумаги деформироваться под действием механического напряжения (например, давления).

Набегание сетки — смещение сетки БДМ со своего среднего положения на одну или на другую сторону машины.

Набивной вал, бумажный вал — вал с бумажной набивкой, предназначенный для *суперкаландра*, где набивные валы чередуются с металлическими валами. Состоит из стального сердечника, бумажной набивки и торцовых стальных шайб. Бумажная набивка нарезается из полшерстяной бумаги в виде кругов с центральным отверстием для сердечника и запрессовывается под высоким давлением (35...45 МПа). Затем набивной вал обрабатывается на токарном станке и шлифуется. Наличие в суперкаландре эластичных набивных валов предотвращает раздавливание бумаги при суперкаландрировании и придает ей высокую гладкость и лоск.

Навивные банки — потребительская тара из бумаги, картона или комбинированных материалов на основе бумаги или картона. Цилиндрическая часть банки изготовлена способом спиральной или прямой навивки.

Надвижное приспособление для надевания сетки — устройство, выдвигаемое из сеточного стола БДМ и предназначенное для растягивания новой сетки и надевания ее на сеточный стол.

Надлом картона — дефект, характеризующийся разрушением поверхностного слоя картона под действием изгибающего усилия.

Накат — конечная часть БДМ (КДМ), где производится намотка непрерывного полотна в рулон. Различают два типа наката: *осевой* и *периферический* (барабанный). Последний иногда называют *накатом Попе*.

Наклонная линейка — разновидность *подпорной линейки* БДМ. Представляет собой нечто среднее между обычной вертикальной линейкой и насадкой напорного ящика высокого давления. Применяется совместно с двумя вертикальными линейками на тихоходных плоскосеточных БДМ и КДМ.

Наливной метод отделки древесноволокнистых плит — заключается в нанесении отделочного слоя на поверхность влажной плиты после регистровой части отливной машины. Отделочный слой состоит из целлюлозы или древесной массы тонкого помола с добавкой минерального наполнителя, подкрашенного красителями и проклеенного казеиновым клеем, осажденным на волокнах сернокислым глиноземом.

Намотка — намотка полотна бумаги, картона или фибры на гильзу или без гильзы.

Нанесение покрытия — процесс нанесения на поверхность бумаги и картона одного или более покровных слоев в виде суспензии или других материалов в жидком виде.

Нанесение покрытия валиком — способ нанесения покрытия на движущееся полотно бумаги или картона, при котором покровный слой наносится непосредственно на бумагу (картон) с помощью валика. Поверхность валика несет покровный материал в виде суспензии. Наносящий валик может иметь гравировку в виде небольших отверстий и углублений, расположенных по всей его поверхности на близком расстоянии друг от друга.

Нанесение покрытия методом экструзии — способ покрытия движущегося полотна бумаги смолами, пластмассами и другими аналогичными материалами. Слой наносится методом выдавливания расплавленного материала при помощи щелевого экструдера на охлажденное полотно.

Нанесение покрытия на клеильном прессе — способ нанесения тонкого покровного слоя на непрерывное полотно бумаги или картона путем введения небольшого количества покровного материала между валами клеильного пресса, установленного в сушильной части БДМ (КДМ).

Нанесение покрытия расплавом — способ нанесения на основу нагретого до жидкого состояния твердого вещества, состоящего из 100 % парафина, смол или полимеров или смеси этих веществ. Нанесение осуществляется с помощью валика (гладкого или гравированного) или фильеры с последующим охлаждением.

Нанесение покрытия распылением — способ нанесения покрытия на бумагу или картон пропусканием ее (его) через камеру, в верхней части которой через щелевидное сопло разбрызгивается струя покровного материала.

Нанесение покрытия с помощью воздушного шабера — способ нанесения покрытия валиком с дальнейшим выравниванием покровного слоя и снятием излишка покровной массы с помощью равномерной струи воздуха (воздушный шабер), подаваемого из щели, расположенной поперек направления движения полотна.

Нанесение покрытия шабером — способ нанесения покрытия на движущееся полотно бумаги (картона), где толщина наносимого слоя регулируется посредством гибкого металлического шабера.

Нанесение покрытия щетками — способ нанесения покрытия на движущееся полотно бумаги или картона, при котором покровная суспензия наносится и разглаживается щетками, часть которых закреплена неподвижно, а другая часть перемещается в поперечном к движению полотна направлении.

Наполнение бумаги (картона) — введение в массу минеральных веществ (наполнителей) для придания бумаге (картону) ровной поверхности, повышения непрозрачности, уменьшения линейной деформации и скручиваемости, придания других свойств, а также с целью экономии волокнистых материалов.

Наполнитель бумаги (картона) — нерастворимое или малорастворимое в воде минеральное вещество, добавляемое в бумажную массу, например каолин, тальк, гипс, карбонат кальция (мел, мрамор), сульфат бария (бланфикс), диоксид титана и т. д.

Напорная сортировка — сортировка закрытого типа с ротором, снабженным гидродинамическими лопастями. Профиль лопастей обеспечивает создание давления на массу с целью проталкивания ее сквозь сито. При этом на задней поверхности лопасти создается отрицательное давление для очистки сита. Применяется для грубого и тонкого сортирования всех видов волокнистой массы.

Напорный ящик, напускной ящик — элемент БДМ (КДМ), позволяющий поднять давление перед выпускной щелью до уровня, достаточного для придания массе при выходе на сетку необходимой скорости при равномерном слое по всей ширине. Различают напорные ящики открытого и закрытого типов, последние бывают с воздушной подушкой и без нее.

Напорный ящик БДМ Конверфло (Converflo) — разработан фирмой «Beloit» (США). Состоит из блока подводящих трубок с малым живым сечением на входе и относительно большим на выходе, выравнивающей (успокоительной) камеры, разделительной перфорированной стенки и напускного устройства, представляющего собой суживающееся пространство, заканчивающееся напускной щелью. В этом пространстве находится ряд горизонтально расположенных металлических пластин, закрепленных одним концом в перфорированной стенке, а другим — доходящим почти до напускной щели. Устройство обеспечивает получение стабильной струи выходящей массы с интенсивной микротурбулентностью при высокой степени диспергирования волокон.

Напорный ящик Турбо-Флоу (TurboFlo) — напускное устройство БДМ, состоящее из коллектора прямоугольного сечения, расположенного за ним блока трубок, уравнивающей камеры с воздушной подушкой для гашения пульсаций и находящегося перед напускной щелью канала с рядом наклонных параллельных пластин, поддерживающих и усиливающих микротурбулентность массы, создаваемую в блоке трубок. Применяется для плоскосеточных и двухсеточных БДМ. Разработан фирмой «Valmet» (Финляндия).

Напускной ящик — см. *Напорный ящик*.

Необрезная ширина бумаги (картона) — максимальная ширина бумаги или картона, возможная на данной машине (без обрезки кромок). Измеряется на накате и выражается в миллиметрах.

Непрозрачность бумаги — свойство бумаги поглощать и рассеивать поток световых лучей. Определяют на фотоэлектрическом приборе методом, основанным на сравнении значений коэффициента яркости испытуемого образца бумаги, наложенного на белый и черный эталоны.

Неравномерная окраска бумаги (картона), непрокрас — дефект мелованной или окрашенной бумаги (картона), характеризуемый неравномерным распределением красителя по площади полотна бумаги (картона).

Неравномерная плотность намотки рулона бумаги (картона), слабина, продушина — дефект, характеризуемый наличием в рулоне бумаги (картона) мест с разной плотностью намотки по ширине его, углублениями или выпуклостями на боковой поверхности рулона.

Неравномерность гофров — дефект, характеризуемый неодинаковой высотой гофров гофрированного картона.

Неравномерный просвет бумаги (картона), облачный просвет — дефект, характеризуемый неравномерным распределением волокнистых компонентов в структуре бумаги (картона), обнаруживаемый при рассмотрении в проходящем свете.

Неровный обрез кромки бумаги (картона), мшистый обрез бумаги (картона) — дефект в виде ворсистости по кромкам полотна бумаги (картона).

Неровный торец рулона бумаги (картона) — дефект, характеризуемый выступами или углублениями на торце рулона бумаги (картона).

Неформатная бумага (неформатный картон) — дефект, характеризуемый наличием листов бумаги (картона), не соответствующих требованиям нормативно-технической документации по форматам.

Ножи дисковые керамические — дисковые ножи продольно-резательного станка, изготавливаемые путем оснащения стального диска режущей кромкой из керамического материала на основе оксида циркония с добавлением в качестве стабилизатора магния. Материал обладает высокой прочностью и не подвергается коррозии. Срок службы в 10...15 раз выше, чем стальных ножей.

Номер сетки — характеристика частоты расположения нитей сетки БДМ. Определяется количеством нитей основы на погонный сантиметр сетки (ранее — на погонный дюйм сетки).

Нулевая разрывная длина — показатель, характеризующий прочность волокна целлюлозы. Определяют путем растяжения до разрыва образца бумаги, закрепленного между сдвинутыми вплотную зажимами разрывной машины.

Обертух (нем. *Obertuch*) — съемное сукно пресовой части БДМ, при помощи которого бумажное полотно передается с *гауч прессы* на первый пресс или с первого прессы на второй.

Обесцвечивание — снижение интенсивности окраски цветной бумаги под действием внешних условий.

Облагораживание бумаги — повышение качества бумаги путем каландрирования, тиснения, пропитки, лакирования, нанесения покрытий, пленок высокомолекулярных веществ и т. п.

Облагораживание макулатурной массы — повышение качества макулатурной массы, в том

числе белизны, за счет удаления из массы частиц печатной краски, чернил и др. нежелательных примесей путем флотации, промывки или обработки химикатами и отбеливающими реагентами.

Облачный просвет — см. *Неравномерный просвет бумаги (картона)*.

Облицованная древесноволокнистая плита — ДВП, у которой одна или обе пласти облицованы листовыми отделочными материалами.

Облицовывание — оклеивание пластей ДВП, а также поверхностей заготовок из них слоем декоративной пленки или строганым шпоном ценных пород древесины.

Обои — декоративная бумага, для оклейки стен и потолков жилых и служебных помещений. Изготавливаются путем нанесения на бумагу декоративного покрытия печатным способом (глубоким, высоким, флексографическим и др.) с последующей отделкой или без нее. По фактуре бумажные обои подразделяются на три типа: гладкие, тисненные и гофрированные. По структуре декоративного покрытия бывают фоновые, с печатным рисунком (с фоном и без него), с отделкой «под шелк», металлизированные, велюровые и т. д. Характеризуются устойчивостью окраски к воздействию света, достаточно высоким разрушающим усилием во влажном состоянии, высоким сопротивлением истиранию.

Обои армированные — обои, основой которых является бумага (масса 1 м² 150...180 г), склеенная с тонкой тканью. Рисунок создается путем покрытия армированной бумаги эмульсионной краской с последующим горячим тиснением.

Обойная бумага — см. *Бумага для обоев*.

Оборотная вода — вода, отходящая при обезвоживании волокнистой массы на БДМ (КДМ) или при сгущении массы в процессе ее подготовки. Содержит мелкое волокно, наполнитель, проклеивающие и др. вещества. Повторно используется для разбавления массы в процессах целлюлозного пр-ва.

Оборотная пластъ древесноволокнистой плиты — пластъ ДВП менее гладкая или с отпечатком транспортной сетки.

Оборотная сторона бумаги (картона) — см. *Сеточная сторона бумаги (картона)*.

Оборотный брак — брак бумаги (картона), образующийся на бумажной (картонной) фабрике на разных участках производственного процесса и перерабатывающийся на той же фабрике. Различают *мокрый, сухой машинный и паккамерный брак*. Является неизбежным отходом пр-ва. Перерабатывается на бумажную массу при помощи специальных мельниц, бракомольных роллов, бракомолок и гидроразбивателей.

Оборот ролла — время, затрачиваемое на загрузку ролла, размол и выгрузку волокнистой массы из ролла.

Обработка бумаги — процессы мелования, поверхностной проклейки, пропитки, окраски, нанесения различных покрытий, а также гуммиро-

вание, гофрирование, крепирование, армирование, тиснение и др.

Обратный отсасывающий пресс — см. *Перевернутый пресс*.

Обратный пресс — пресс БДМ, последний по ходу бумажного полотна. Сегочная шероховатая сторона бумажного полотна соприкасается с гладкой поверхностью верхнего (гранитного) вала прессы, благодаря чему приобретает большую гладкость.

Обрезная ширина бумаги (картона) — ширина полотна бумаги (картона) после обрезки кромок на продольно-резательном станке.

Объемная масса — см. *Кажущаяся плотность бумаги (картона)*.

Огнезащитные древесно-волоконные плиты — ДВП, в композицию которых входит антипирен.

Ограничительные линейки, декельные линейки — стационарные приспособления, предотвращающие растекание массы за пределы сетки в начале сеточного стола БДМ (КДМ).

Одежда машины — совокупность периодических заменяемых элементов БДМ (сетка, чулок, прессы и сушильные сукна, декельные ремни, фартук и др.).

Однородность бумаги — постоянство технических показателей бумаги в одной партии. Является важным показателем большинства видов бумаги, особенно бумаги для печати.

Однослойная древесно-волоконная плита — ДВП, имеющая по толщине однородную структуру по размерам волокна, его ориентации, плотности, доле связующего.

Односторонняя гладкость — повышенная гладкость бумаги с одной стороны. Придается бумаге преимущественно при помощи *лощильного цилиндра* БДМ или при сушке бумажного полотна на одном сушильном цилиндре большого диаметра (*самосъемочная бумагоделательная машина*).

Окисленный крахмал — продукт модификации крахмала, получающийся при его окислении (чаще всего гипохлоритом). Позволяет получать высокодисперсный клейстер с более низкой вязкостью и более высокой клеящей способностью по сравнению с немодифицированным крахмалом. Применяется для поверхностной обработки бумаги и в составе меловальных суспензий.

Опациметр (от нем. *Opazität* — непрозрачность) — аппарат для измерения светопрозрачности бумаги.

Оптическая отбелка бумаги, отбелка с помощью флюоресцирующих веществ — введение в бумажную массу или покровный слой флюоресцирующего вещества, которое преобразовывает ультрафиолетовое излучение в видимый свет, обеспечивая существенное повышение белизны бумаги или картона.

Оптические отбеливатели бумаги (картона), флюоресцентные отбеливатели, оптически отбеливающие вещества (ООВ), бланкфоры — бесцвет-

ные или слабоокрашенные вещества, действие которых основано на их способности к флюоресценции. Они поглощают энергию невидимой ультрафиолетовой части спектра и преобразуют ее в излучение видимого света — от сине-фиолетового до зелено-синего оттенка. Желтый оттенок целлюлозы компенсируется синим светом флюоресценции оптического отбеливателя и поэтому бумага (картон) с ним кажутся при дневном свете светлее. Вводятся в бумагу (картон) различными способами: в бумажную массу, на клейном прессе, при меловании — в кол-ве от 0,005 до 0,15 % к массе бумаги (картона).

Оптические свойства бумаги — свойства бумаги, определяемые относительным кол-вом проникающего через нее света и характером его отражения, прохождения и поглощения. К ним относятся: белизна, цвет, светопрозрачность, прозрачность, лоск и просвет.

Ороговение волокон — необратимое изменение морфологической структуры волокон целлюлозы при ее термической обработке. Характеризуется уменьшением их внутренней поверхности, уплотнением, снижением гидрофильности и понижением доступности к проникновению реагентов.

Осажденный карбонат кальция — продукт, получаемый обжигом известняка при температуре 1000...1200 °С для получения негашеной извести, которая затем при взаимодействии с водой превращается в гидроксид кальция, подвергающийся очистке и фильтрованию и далее карбонизируемый обработкой CO₂. Имеет более высокие белизну, дисперсность и непрозрачность, более низкую абразивность по сравнению с природным мелом. Применяется в составе меловальных суспензий и как наполнитель бумаги.

Осевой накат — механизм для наматывания бумаги в рулон. Частота вращения намоточного вала постепенно уменьшается, а окружная скорость наматывания бумаги сохраняется при этом постоянной. На современных БДМ почти повсеместно заменен *периферическим накатом*.

Основа абразивной бумаги — см. *Бумага-основа для шлифовальной шкурки*.

Основа битумированной бумаги — толстая неклееная бумага из макулатуры с нормируемыми показателями впитываемости и времени пропитки по керосину. Масса 1 м² 140...160 г.

Основа двухслойной водонепроницаемой бумаги — клееная без наполнителя бумага односторонней или машинной гладкости с нормируемым сопротивлением разрыву. Применяется для изготовления упаковочной водонепроницаемой бумаги.

Основа для бакелитовой пленки — бумага, предназначенная для изготовления бакелитовой пленки, используемой для склеивания фанеры. Вырабатывается массой 1 м² 20 г из сульфатной небеленой целлюлозы. Нормируются показатели минимальной капиллярной впитываемости и pH водной вытяжки.

Основа для бумажных офсетных пластин — плотная высококлееная бумага с высокой влагопрочностью, с ограниченными показателями удлинения и остаточной деформации, для изготовления печатных форм.

Основа для гигиенических салфеток — впитывающая влагопрочная крепированная бумага, предназначенная после специальной пропитки для изготовления гигиенических салфеток одноразового пользования.

Основа для диазотипной бумаги — клееная малозольная бумага с высокой белизной, с ограниченной поверхностной впитываемостью, не содержащая железа и меди. Применяется для изготовления светочувствительной бумаги. Вырабатывается из сульфитной и сульфатной белиных целлюлоз, массой 1 м^2 55...80 г, машинной гладкости, с достаточной механической прочностью.

Основа для диазотипной кальки — высококлееная бумага с нормируемыми показателями прозрачности, поверхностной впитываемости, гладкости. Вырабатывается из белиной целлюлозы, массой 1 м^2 55 г, с высокими показателями механической прочности и степени проклейки.

Основа для клеевой ленты — прочная бумага, предназначенная для изготовления клеевой ленты, активируемой смачиванием. Вырабатывается преимущественно из сульфатной небеленой целлюлозы, массой 1 м^2 45, 70 и 125 г, высококлееной, без наполнителя, с высокими значениями разрушающего усилия при разрыве.

Основа для крепированной декоративной бумаги — тонкая бумага из белиной целлюлозы с нормируемым сопротивлением разрыву для изготовления декоративной бумаги. Вырабатывается массой 1 м^2 20...80 г.

Основа для пакетов тетра-пак и тетра-брик — см. *Основа комбинированного материала для упаковки жидких пищевых продуктов.*

Основа для переводной фольги — тонкая клееная прочная без наполнителя бумага с высокой гладкостью для нанесения на нее металлического слоя или красящего порошка.

Основа для фибры — впитывающая бумага с нормируемым показателем реакционной способности к действию пергаментирующих реагентов (р-ра хлорида цинка, серной кислоты). Вырабатывается из хлопковой целлюлозы и/или древесной белиной облагороженной целлюлозы, иногда — смешанной композиции. Масса 1 м^2 70 и 90 г. Ранее вырабатывалась из белиной хлопчатобумажной тряпичной полумассы.

Основа комбинированного материала для упаковки жидких пищевых продуктов, основа для пакетов тетра-пак и тетра-брик — высококлееная бумага машинной гладкости массой 1 м^2 150...260 г с высокими значениями показателей механической прочности и жесткости, предназначенная для изготовления бумажной тары разового пользования для молока, молочных продуктов, консервированных соков и пр.

Основа копировальной бумаги — тонкая бумага машинной гладкости с высоким сопротивлением разрыву и ограниченной воздухопроницаемостью. Вырабатывается из белиной целлюлозы. Масса 1 м^2 14, 16 и 20 г.

Основа мелованной бумаги — клееная среднезольная белая бумага машинной гладкости с ограниченной линейной деформацией при увлажнении. Вырабатывается из белиной целлюлозы и белой древесной массы. Масса 1 м^2 60...200 г.

Основа парафинированной бумаги — тонкая неклееная бумага, применяемая при изготовлении парафинированной бумаги, используемой для упаковки кондитерских и др. изделий. Вырабатывается из белиной и небеленой целлюлозы (сульфатной и сульфитной), массой 1 м^2 25...40 г, плотностью 0,52...0,65 г/см³. Нормируются также удлинение при растяжении и сопротивление продавливанию.

Основа пароводонепроницаемой бумаги — прочная высококлееная влагопрочная бумага. Вырабатывается массой 1 м^2 60 г, чаще всего крепированной.

Основа пергамента — неклееная без наполнителя бумага с повышенной впитываемостью воды и нормируемой механической прочностью. Вырабатывается из смеси сульфатных белиных хвойной и лиственной целлюлозы, массой 1 м^2 40...70 г.

Основа текстурной бумаги — прочная впитывающая бумага с зольностью до 25 %. Предназначена для нанесения рисунка, имитирующего текстуру ценных пород древесины, и последующего использования в качестве декоративного слоя ДБСП и декоративных пленочных материалов.

Основа термосвариваемой бумаги — тонкая прочная бумага с нормируемыми показателями капиллярной впитываемости и воздухопроницаемости для нанесения термосвариваемых покрытий.

Основа фотокальки, бумага-основа для фотокальки — прозрачная бумага, вырабатывавшаяся из сульфитной белиной целлюлозы очень высокой степени помола с добавлением крахмального клейстера, массой 1 м^2 85 г, без наполнителя. Отличается высокой степенью свегопроницаемости, высокими показателями сопротивления надрыву и излому, разрушающего усилия, однородной структурой и толщиной, минимальной сорностью.

Основа электрохимической бумаги — бумага с нормируемыми показателями механической прочности в сухом и влажном состоянии, водопоглощения и линейной деформации, с ограниченным содержанием солей железа и кальция.

Остаточная деформация бумаги (картона) — уменьшение размеров листа бумаги (картона) по ширине и длине после его намочения в воде и последующего высушивания. Выражается в процентах к первоначальным размерам листа.

Отбелка бумаги с помощью флуоресцирующих веществ — см. *Оптическая отбелка бумаги.*

Отбухание волокон (не рекомендуется) — процесс дегидратации волокон, происходящий в ос-

новном при сушке бумаги (картона, целлюлозы) в сушильной части БДМ (КДМ).

Отделка бумаги — 1. Операции, завершающие процесс пр-ва бумаги: каландрирование на *супер каландре*, *каландре-сатинере* или *фрикционном каландре*, продольное разрезание на рулоны или бобины, разрезание на листы, сортирование, упаковка; 2. Характеристика внешнего вида бумаги при помощи осязания и зрения. Является комплексной характеристикой, включающей в себя следующие качественные показатели: гладкость, лоск, мягкость, сомкнутость поверхности и др.

Отделка при помощи щеток — метод придания бумаге (картону) с пигментированным покрытием путем обработки поверхности вращающимися щетками.

Отлежка бумаги (картона) — см. *Акклиматизация бумаги (картона)*.

Отлив бумаги — формование бумажного полотна на движущейся бесконечной сетке БДМ.

Относительная влажность воздуха — отношение упругости водяного пара, содержащегося в воздухе, к упругости насыщенного пара при той же температуре; выражается в процентах. Стандартное значение при испытаниях бумаги и картона составляет $(50 \pm 2) \%$.

Относительное сопротивление надлому — показатель механической прочности картона. Определяется усилием, при котором надрывается поверхностный слой картона, и выражается в паскалях.

Относительное сопротивление продавливанию картона — показатель механической прочности картона. Определяется путем приведения значения *сопротивления продавливанию* картона к определенной толщине или массе 1 м^2 .

Относительное удлинение — см. *Удлинение при растяжении*.

Относительный прогиб вала — отношение максимальной стрелы прогиба к длине вала.

Отпылитель тряпья, волк-машина, дрешер (нем. *Drescher* — молотильщик) — машина периодического действия для сухой очистки тряпья от пыли и грязи. Представляет собой камеру, внутри которой расположено несколько барабанов, вращающихся с разной скоростью, с закрепленными на их поверхности билами и эксгаустером, удаляющим пыль и легкие загрязнения; тяжелые загрязнения оседают в ваннах, находящихся под барабанами.

Отражательные планки, планки-отражатели, дефлекторы (фр. *deflecteur*) — пластины, предотвращающие забрасывание воды на нижнюю сторону сетки БДМ между регистровыми валиками. Иногда отражательные планки касаются сетки, в этом случае их верхнюю часть обрезают. Различают отражательные планки одинарные, двоянные и с подачей сжатого воздуха.

Отрыв мелованного слоя бумаги — дефект в виде частичного отслаивания покровного слоя

мелованной бумаги от основы в процессе ее изготовления или применения.

Отсасывающий гауч-вал — вал, который обгибает сетка в конце сеточного стола. Состоит из вращающейся перфорированной оболочки; внутри оболочки находятся одна или несколько неподвижных вакуумных камер.

Отсасывающий поворотный вал — элемент мокрой части многоцилиндровой КДМ, на котором съемное сукно отжимается и меняет направление движения.

Отсасывающий прессовый вал — вал пресса БДМ, состоящий из вращающегося перфорированного цилиндра, внутри которого находится неподвижная отсасывающая камера. В зависимости от числа зон отсоса в камере, отсасывающие прессовые валы подразделяются на валы одно-, двух- и трехкамерные. В многокамерных валах различают камеры прессования, пересасывающие и поддерживающие. Отсасывающие прессовые валы рассчитаны на скорость БДМ по приводу от 250 до 1500 м/мин.

Отсасывающий ящик — ящик, расположенный в конце сеточного стола БДМ (непосредственно под сеткой), в котором создается вакуум, позволяющий значительно усилить обезвоживание бумажного полотна.

Отсечка, водяной нож — приспособление, разделяющее полотно бумаги на сетке БДМ на продольные полосы при помощи тонкой струи воды. Две крайние отсечки (кромкорезки) используют для обрезания неровных кромок перед гауч-валом, переводная отсечка передвигается в поперечном направлении и служит для облегчения заправки полотна при пуске БДМ.

Офсетный пресс, сглаживающий пресс — двухвальный пресс без сукна, расположенный между прессовой и сушильной частями БДМ (КДМ), предназначенный для улучшения поверхности бумаги или картона, повышения ее гладкости и удаления маркировки от сукна.

Очиститель — аппарат для очистки бумажной массы перед отливом от посторонних примесей (например, узелков, пучков волокон и др.). Выпускаются: *вихревой* и *конический вихревой*, *центробежный*, *селектифайер*, *центрискрин* и разного типа *узловителли*.

Очиститель фомджектор (от англ. *foam* — пена) — тип вихревого очистителя, предназначенный для удаления пены из бумажной массы.

Очиститель фомтрап (от англ. *foam* — пена) — тип вихревого очистителя. Применяется для удаления воздуха из бумажной массы с целью предотвращения образования пены.

Очистка массы для изготовления бумаги (картона), очистка бумажной массы, сортирование бумажной массы — процесс удаления из массы инородных включений, узелков и пучков волокон физическими способами (например, под действием силы тяжести, центробежной силы, пропусканием массы через сита с определенными размерами ячеек).

Падающий гофр — дефект гофрированного картона, характеризуемый несимметричным (наклонным) профилем гофров. Вызывается нарушением режима приклеивания верхнего слоя гофрированного картона.

Папкамера (от нем. *packen* — упаковывать) — сортировочный и упаковочный цех бумажной или картонной фабрики.

Папетри (фр. *papeterie*) — набор почтовой бумаги и конвертов в специальной упаковке.

Папирус — старинный материал для письма, предшественник бумаги. Употреблялся за 3 тыс. лет до н. э., вначале в Древнем Египте, а потом и в некоторых др. странах. Выделывался из стеблей растения того же названия путем расщепления стебля на тонкие пластинки, которые затем склеивали между собой в длинные полосы от светло-желтого до темно-желтого цвета. От корня слова «папирус» получила название бумага в ряде европейских стран: *das Papier* (нем.), *le papier* (франц.), *the paper* (англ.) и т. д.

Папка — 1. Малоупотребительное название картона; 2. Изделие из картона для хранения различных документов; 3. Переpletная крышка в брошюровочно-переpletных цехах; 4. Слой волокнистой массы, получаемый на обезвоживающей или сгущающей машине.

Папмашина, папочная машина — машина для формования листов картона, а также для обезвоживания древесной массы, целлюлозы, тряпичной полумассы и др. Состоит из плоской сеточной части или одного или более круглосеточных цилиндров. Мокрое полотно непрерывно наматывается на форматный вал, образуя многослойный лист. При достижении нужной толщины лист разрезают по образующей и снимают с вала.

Паприформер (PapiFormer) — см. *Формущее устройство Паприформер*.

Папшер — см. *Картонорезательный станок*.

Папье-маше (фр. *papier maché*, — букв. «жеванная бумага») — пластичный материал, получаемый из бумаги или картона обычно с добавлением клеящих веществ и наполнителей (крахмал, гипс и др.). Из папье-маше формуется различные бытовые и художественные изделия.

Парафин — воскоподобное вещество, смесь предельных углеводородов состава $C_{19}H_{40} \dots C_{35}H_{72}$, молекулярная масса 300...500, температура плавления 50...70 °С. Получают главным образом из нефти. Используют для парафинирования упаковочных бумаг и для приготовления проклеивающих составов.

Парафинирование бумаги (картона) — обработка бумаги или картона расплавленным парафином на парафинирующих машинах. Производится пропусканием полотна через парафинирующую ванну с последующим отжимом на двухвальном прессе с подогревом или без подогрева валов, либо нанесением слоя парафина на одну сторону полотна при помощи полупогруженного в ванну с парафином валика (одностороннее парафиниро-

вание), или нанесением парафина на поверхность бумаги (картона) с помощью распылительного устройства.

Парафинопроницаемость — характеристика бумаги, определяемая временем проникновения расплавленного парафина через несколько слоев испытуемого образца при определенном давлении.

Паровой ящик — устройство для подачи пара на полотно бумаги в целях интенсификации процесса обезвоживания в прессовой части БДМ. Устанавливается между первым и вторым прессами БДМ. Повышает сухость полотна после прессования на 4...8 %.

Паровые карманы, паровые мешки — застой влажного воздуха в отдельных местах между сушильными цилиндрами верхнего яруса БДМ и сушильными сукнами.

Паспарту (фр. *passe-partout*) — картонная рамка или лист толстой бумаги или тонкого картона, иногда с тисненой или печатной рамкой, в которую вставляется или на который наклеивается рисунок, отпечатанная иллюстрация, фотография и т. п.

Пачка бумаги — первичная упаковочная единица листовых бумаг. Представляет собой определенное кол-во листов бумаги общей массой не более 20 кг, упакованных в два или три слоя оберточной бумаги. В зависимости от массы 1 м² и формата бумаги кол-во листов в пачке составляет от 100 до 500.

Пековый клей — клей, получаемый путем варки пека (неперегоняющийся остаток при фракционной разгонке таллового масла) со щелочью. Используется для проклейки темных видов бумаги и картона.

Пенный способ формования бумаги — отлив бумаги из относительно длинных волокон, в том числе синтетических, диспергированных в водной, сильно вспененной среде, содержащей 65...75 % воздуха. При отливе пена разрушается, а на сетке образуется бумажное полотно, отличающееся повышенной пухлостью и равномерным просветом.

Пеногаситель, антивспениватель — вещество, которое предотвращает образование пены или разрушает ее в эмульсиях, суспензиях, красках, клеях и т. д. Применяется при меловании бумаги, иногда вводится в небольших кол-вах в бумажную массу перед отливом.

Пергамент — 1. Материал для письма, выработанный из шкур животных. Отличается большой прочностью и долговечностью. Название «пергамент» происходит от города Пергам в Малой Азии, где его изготавливали, начиная с IV в. до н. э.; 2. Сокращенное наименование *растительного пергамента*.

Пергаментация — 1. Процесс обработки бумаги-основы концентрированной серной кислотой при пр-ве растительного пергамента; 2. Процесс набухания и частичного растворения целлюлозных волокон, происходящий при обработке неклееной бумаги серной кислотой или концентриро-

ванными р-рами некоторых солей. Используется при пр-ве *фибры* и *растительного пергамента*.

Пергаментная машина — машина для изготовления растительного пергамента, состоящая из размоточного станка, кислотной (пергаментирующей) ванны, кислотных прессов, улавливающих ванн, промывного узла, промежуточных отжимных прессов, ванн для нейтрализации и пластификации полотна, сушильной части, каландра, резательного устройства и наката.

Пергамин — 1. Полупрозрачная клееная без наполнителя бумага с высокими показателями механической прочности, жиро- и маслонепроницаемости, для изготовления кальки, а также для упаковывания пищевых продуктов; 2. Рулонный материал, получаемый пропиткой кровельного картона нефтеститумами. Применяется как кровельный, изоляционный и т. п. материал. См. *Кровельный беспокровный толь*.

Пергамин упаковочный — пергамин, предназначенный для упаковки пищевых продуктов. Вырабатывается из беленой целлюлозы, массой 1 м² 40 г, хорошо клееным, машинной гладкости, с высокой разрывной длиной.

Перевернутый пресс, обратный отсасывающий пресс — прямой пресс БДМ, заменяющий обратный пресс. Верхний вал отсасывающий, а нижний — обычный, из гранита или стонита. Сукно охватывает верхний вал. Бумажное полотно, проходя перевернутый пресс, не делает обратной петли и соприкасается лицевой стороной с сукном, а сеточной — с гранитом или стонитом нижнего вала. В прессовой части перевернутый пресс является вторым или третьим прессом.

Переводная фольга — бумага, получаемая путем нанесения сухого пигмента разного цвета на поверхность бумаги-основы с воскосмоляным покрытием. Используется для художественного оформления книжных переплетов, альбомов, тетрадей и др. изделий путем переноса цветного поверхностного слоя с бумажной основы методом горячего тиснения, в результате чего на указанных изделиях образуется желаемое изображение или текст.

Перекатный станок — см. *Перемотно-сортировочный станок*.

Перемотно-резательный станок — см. *Продольно-резательный станок*.

Перемотно-сортировочный станок, контрольно-перемотный станок, перекатный станок — устройство, предназначенное для устранения дефектов рулонной бумаги, снятой с БДМ, склейки концов бумаги в местах обрывов и улучшения качества намотки рулона. Состоит из механизма размотки и намотки с регулированием натяжения и возможностью устранения перекоса полотна.

Переработка бумаги — операции превращения бумаги в другие изделия: фибру, растительный пергамент, мешки, тетради, блокноты, конверты, альбомы, гильзы, шпули, бумажную пряжу и др.

Пересасывающее устройство, вакуум-пересасывающее устройство, пикап — устройство для ав-

томатического съема бумажного полотна с движущейся сетки и для передачи его в первый пресс БДМ. Состоит из *пересасывающего вала* с вакуумной камерой внутри и огибающего вал *съемного сукна*, к которому присасывается влажное бумажное полотно и которое проходит затем вместе с полотном между валами первого пресса. Применяется на современных быстроходных БДМ.

Пересасывающий вал, вакуум-пересасывающий вал — основной элемент пересасывающего устройства. Состоит из полого вала с вращающейся перфорированной рубашкой и вакуумной камеры внутри вала, соединенной с вакуум-насосом.

Периферический накат, барабанный накат, накат Попе — устройство для наматывания непрерывного бумажного полотна в рулон. Намоточный вал опирается на один или два несущих вала, имеющих постоянную окружную скорость. Вращается намоточный вал за счет трения, точнее, окружного усилия, приложенного к поверхности наматываемого рулона. По мере увеличения диаметра рулона частота вращения его автоматическим и непрерывно уменьшается, а окружная скорость остается постоянной, приблизительно равной окружной скорости несущего вала (или несущих валов).

Перлитоволокнистые плиты — мягкие высокопористые плиты, содержащие до 80 % вспученного перлита, а также макулатурную массу и древесное волокно. Имеют повышенную биостойкость.

Перфорирование (фр. *perforation* — просверливание) — процесс образования линий отрыва на бумаге (для листов блокнота, салфеток и т. п.) путем прокалывания ряда отверстий по прямой линии на перфорировальном станке.

Перфорированный валик, валик Венцеля — элемент напорного ящика БДМ. Поддерживает бумажную массу в диспергированном состоянии, предотвращает хлопьеобразование, а при наличии в напорном ящике *пластинчатых распределителей потока* ликвидирует перекрестные струи в потоке массы, выходящей на сетку.

Песочница — приспособление, представляющее собой длинный желоб с поперечными перегородками в нижней части. Применяется для очистки бумажной массы путем осаждения из нее тяжелых примесей. Впервые была применена в 1838 г.

Петлевая сушилка, фестонная сушилка — сушильная камера, в которой при помощи цепного транспортера движется подвешенная на штангах в виде петель (фестонов) непрерывная лента бумаги. Воздух петлевой сушилки подогревается до требуемой температуры (обычно 35...40 °С) калориферами. Применяется для сушки бумажного полотна после нанесения на него влажного покрытия на бумагокрасильных машинах и машинах для грунтования обоев. В настоящее время применяется редко.

Печатающий слоттер — печатно-высекальная машина. Осуществляет печать рисунка и надпи-

сей в одну-две краски, просечку прорезей, поперечную рилевку, высечку бокового клапана, высечку круглых вентиляционных отверстий и двух овальных отверстий под ручки, а также штабелирование заготовок ящиков из гофрированного картона.

Печатная непрозрачность — отношение коэффициента отражения бумаги на черной подложке к коэффициенту отражения стопы испытуемой бумаги.

Печатные свойства бумаги (картона) — способность бумаги (картона) в нормальных условиях процесса печатания обеспечить получение требуемых тиражей оттисков, точно воспроизводящих мельчайшие детали печатной формы. Определяются следующими показателями: 1) однородностью по композиции, структуре и основным свойствам в одной партии бумаги; 2) ровной поверхностью, без волнистости и коробления; 3) гладкостью поверхности; 4) хорошей поверхностной впитываемостью печатных красок; 5) прочностью поверхности; 6) непрозрачностью; 7) низкой пылимостью; 8) отсутствием разнооттеночности; 9) отсутствием статического электричества; 10) ограниченной линейной деформацией и др.

Печатный лист — единица измерения натурального (фактического) объема издания, оттиск на одной стороне бумажного листа формата 60×90 см. Оттиск на бумаге стандартных размеров и др. форматов называют физическим печатным листом данного формата. При планировании и учете издательской продукции физические печатные листы пересчитываются на так называемые условные листы формата 60×90 см.

Печать — термин, объединяющий различные способы получения оттисков на бумаге, картоне и др. материалах.

Пигменты (от лат. *pigmentum* — краска) — окрашенные химические соединения, применяющиеся в виде мелкодисперсных порошков для окрашивания бумаги (картона).

Пигменты металлические — порошки (пудры) алюминия, меди, свинца, цинка с частицами шарообразной или чешуйчатой формы. Характеризуются высокой светостойкостью, укрывистостью, большой отражательной способностью и хорошей электропроводностью. Находят применение при пр-ве обоев, декоративных и упаковочных видов бумаги, а также бумаги для оргтехники и средств связи, используемой в различных приборах для приема и хранения информации.

Пикап — см. *Пересасывающее устройство*.

Писчая бумага потребительских форматов — бумага, применяемая для изготовления белых товаров, бланков и др. изделий, предназначенных для письма и канцелярских работ. Выпускается одинарными или двойными (сфальцованными в один сгиб) листами в форматах 297×420 мм (A3), 148×210 мм (A5) — для одинарных листов и 210×297 мм (A4) — для одинарных и двойных листов.

Плавающий вал, вал Кюстерс (Kusters) — каландровый или прессовый вал, не требующий бомбиривки. Состоит из вращающейся рубашки, которая через роликовые самоустанавливающиеся подшипники опирается на неподвижный сердечник. Кольцевое пространство между рубашкой и сердечником разделено при помощи продольных уплотнительных планок на две камеры. При работе в камеру, обращенную к смежному валу (напорную камеру), закачивается под давлением масло. В результате этого компенсируется прогиб вала, обеспечивая тем самым равномерное распределение давления между валами каландра или прессы.

Планка ролла — размалывающий орган ролла в виде набора стальных ножей, закрепленных в чугунном кожухе, установленном на дне ванны ролла под размалывающим барабаном. Иногда планка ролла изготавливается из базальта.

Планки-отражатели — см. *Отражательные планки*.

Пластик фибровый слоистый (ПФС) — материал, получаемый путем склеивания листов фибры толщиной 0,3...2,5 мм в гидравлических прессах с обогреваемыми плитами. В качестве связующего используются синтетические смолы и др. клеящие вещества (например, сополимер этилена с винилацетатом). Толщина ПФС 3...100 мм, прочность клеяющего шва 4...10 МПа. Предназначен для изготовления уплотнительных и электроизоляционных деталей для материалобработывающего и электротехнического оборудования.

Пластинчатый распределитель потока — деталь напорного ящика ВДМ. Предотвращает образование перекрестных струй в потоке массы, вытекающей на сетку. Пластинчатый распределитель потока бывает вращающимся и неподвижным.

Пластификация бумаги — процесс обработки бумаги пластификаторами — веществами, придающими бумаге мягкость и пластичность, что повышает удлинение ее при разрыве. Пластификаторами являются глицерин, сорбит, глюкоза, меласса, хлористый магний, мочевины, латексы и др.

Пласть древесноволокнистой плиты — наибольшая поверхность ДВП.

Пленка ротаторная — тонкая длиноволокнистая бумага, пропитанная специальной эмульсией и применяемая в качестве матриц ротатора.

Пленкосинтокартон — электроизоляционный материал, получаемый путем приклеивания к слою полиэфирной или полиамидной пленки с двух сторон слоев синтетической бумаги (*лавсановой* или *арамидной*). Выпускается толщиной 0,2...0,6 мм, электрическая прочность — до 50 кВ/мм. Применяется для пазовой изоляции электродвигателей.

Пленочный пресс — разновидность *клеильно го прессы* ВДМ (КДМ). Применяется для нанесения тонких покрытий на полотно бумаги (например, для получения *легкой мелованной бумаги*).

Плешины (жарг.) — дефект бумаги в виде тонких просвечивающих мест, иногда переходящих в сквозные отверстия.

Плешки (не рекомендуется) — см. *Пятна на бумаге (картоне)*.

Плиты теплоизоляционные трудногораемые — асбодревесные плиты, применяемые в качестве теплоизоляционного материала в конструкциях судостроения, рассчитанных для работы при температуре не выше 100 °С. В композицию массы вводится не менее 30 % асбеста. Вырабатываются толщиной 20...40 мм с очень низкой плотностью (ниже 240 кг/м³). Имеют невысокую прочность при изгибе. Нормируются также показатели влажности, водопоглощения, сопротивления расслаиванию, потерь массы при прокаливании.

Плоскосеточная бумагоделательная машина — см. *Длинносеточная бумагоделательная машина*.

Плоскостность — состояние бумаги и картона при отсутствии скручиваемости, морщинистости и волнистости.

Поверхностная впитываемость бумаги — свойство бумаги впитывать воду или другую жидкость, соприкасающуюся с ее поверхностью. Определяется различными методами: весовым (*метод Кобба*), *капельным* и др.

Поверхностная обработка бумаги (картона) — обработка поверхности бумаги (картона) в целях придания ей специфических свойств или улучшения качества. Подразделяется на поверхностную пропитку, проклейку, мелование, лакирование и пр.

Поверхностная проклейка бумаги (картона) — нанесение на поверхность бумаги (картона) проклеивающих или упрочняющих веществ (например, модифицированного крахмала, карбоксиметилцеллюлозы, казеина и др.). Осуществляется на БДМ (КДМ) с помощью *клеильного пресса*.

Поверхностный слой бумаги (картона) — наружный слой многослойной бумаги (многослойного картона).

Подготовка бумажной массы — общий термин для любого вида обработки, необходимой для приготовления бумажной массы до ее поступления на БДМ.

Подкладочная сетка, подстилочная сетка — крупноячеистая сетка, натягиваемая на цилиндры папочной машины, вакуум-фильтра, массоулавливающей машины и др. На эту сетку надевается более мелкая фильтрующая сетка. Подкладочная сетка придает фильтрующей сетке жесткую, строго цилиндрическую форму.

Подпергамент — тонкая бумага, изготовленная из массы жирного помола, с ограниченной жиропроницаемостью и высокой механической прочностью. Предназначен для упаковывания пищевых продуктов. Вырабатывается из сульфитной беленой или небеленой целлюлозы из хвойной древесины, массой 1 м² 40...55 г.

Подпорные линейки — элементы напускного устройства тихоходных БДМ, предназначенные

для повышения уровня массы перед выпускной щелью, а также для выпуска массы на сетку с заданной скоростью без завихрений и перекрестных струй. Последняя подпорная линейка образует с основанием щель, через которую масса поступает на сетку БДМ.

Подрольный бассейн — *массный бассейн* для приема размолотой массы из роллов.

Подстилочная сетка — см. *Подкладочная сетка*.

Подцветка бумаги (картона) — введение в бумажную массу незначительного кол-ва красителя для придания бумаге (картону) желаемого оттенка. Так, при желтоватом оттенке массы к ней добавляют р-р синего красителя (например, ультрамарина). Красителем поглощаются длинные волны желтого и красного света, вследствие чего желтизна в известной степени компенсируется.

Пожелтение бумаги — снижение белизны бумаги (например, под действием света и/или воздуха при хранении). Вызывается реакциями окисления содержащихся в бумаге лигнина, продуктов деструкции целлюлозы, частиц канифольного клея и др.

Показатель крепирования — см. *Степень крепирования*.

Показатель склейки, склейка — характеристика прочности сцепления элементарных слоев фибры. Определяется на основании расчета усилия, необходимого для расслаивания образца фибры, подвергнутого предварительному набуханию в воде. Усилие рассчитывают на единицу ширины образца (ньютон на метр).

Покровная суспензия — см. *Меловальная суспензия*.

Покровный слой бумаги (картона) — слой в виде пленки, фольги, лака или смеси из минеральных, пластифицирующих и связующих веществ, наносимый на поверхность бумаги (картона) для облагораживания или придания специальных свойств.

Покрытие — 1. Процесс нанесения на бумагу или картон покровного слоя (например, слоя из синтетических или натуральных смол, меловальной суспензии и др.); 2. Покровный слой, нанесенный на бумагу или картон.

Покрытие с ласами — брак мелованной бумаги в виде темных блестящих мест на поверхности полотна.

Покрытие с непрокрасами — брак мелованной бумаги в виде светлых мест на ее поверхности, отчетливо выделяющихся при рассматривании бумаги на просвет. Причиной такого брака являются уплотненные, или давленные (залощенные), места на бумаге-основе, недостаточно хорошо воспринимающие и плохо удерживающие мелованный слой.

Покрытие со штрихами — брак мелованной бумаги в виде тонких линий в машинном направлении, особенно хорошо заметный при рассматривании бумаги на просвет.

Покрытие с растирами — брак мелованной бумаги в виде продольных штрихов, которые получают при наличии в краске крупинки неразработанного пигмента.

Полезная поверхность нагрева сушильных цилиндров — см. *Рабочая поверхность сушильных цилиндров*.

Полезная ширина бумагоделательной (картоноделательной, обезвоживающей) машины — фактическая ширина машины, используемая при отливе полотна.

Полиакрилаты, $[-CH_2-CH(COOR)]_n-$ — карбоцепные полимеры сложных эфиров акриловой кислоты. Представляют собой бесцветные прозрачные термопластичные вещества от вязких жидкостей до твердых продуктов, в зависимости от степени полимеризации и природы радикала. Применяются в виде водных дисперсий (латексов) для нанесения жировластойких покрытий на бумагу и картон. Полиакрилатные покрытия отличаются высокой способностью к восприятию печатных красок и низкой склонностью к пожелтению.

Поливочная машина — машина, предназначенная для нанесения на поверхность бум. полотна р-ров и эмульсий в целях придания бумаге специфических свойств. Применяется при изготовлении светочувствительной, фотографической и др. видов бумаги. Состоит из раската, пропиточной части (ванна, пропиточный валик, шабер), сушильной части и наката.

Полиорганосилоксаны — см. *Силиконы*.

Полистное сортирование бумаги (картона) — просмотр каждого отдельного листа бумаги (картона) в целях удаления дефектных листов.

Полосы на бумаге (картоне) — дефект в виде узких участков на бумаге (картоне), отличающихся по внешнему виду и/или цвету от основной поверхности.

Полотно — непрерывная лента бумаги или картона во время производства или переработки.

Полумасный размол — процесс механического разделения на волокна растительного сырья (тряпья, щепы и др.) непосредственно после его химической и/или тепловой обработки.

Полумасный ролл, промывной ролл — ролл для полумасного размола и промывки волокнистого материала после химической обработки. Имеет помимо размалывающего барабана и планки отчерпывающий барабан, который, вращаясь, непрерывно удаляет из ванны ролла загрязненную воду и, таким образом, промывает массу.

Полусухое крепирование — способ крепирования бумаги путем снятия полотна шабером с цилиндра большого диаметра самосъемочной машины при сухости 75...85 %. Окончательное высушивание бумаги производится на досушивающих цилиндрах. Осуществляется при скорости до 650 м/мин.

Полусухой способ производства древесноволокнистых плит — способ, отличающийся формованием и прессованием волокнистого ковра при влажности 20 %. Настил ковра выполняют меха-

ническим способом или с применением вакуумформирующих машин. В результате получают твердые ДВП со значительным сокращением расхода связующего по сравнению с сухим способом.

Полусырой пресс — двухвальный пресс КДМ, предназначенный для уплотнения картона и выравнивания его поверхности. Устанавливается между сушильными цилиндрами в начале сушильной части машины.

Полутвердые древесноволокнистые плиты — прессованные ДВП мокрого способа пр-ва плотностью от 400 до 800 кг/м³. Применяются в качестве отделочного материала взамен штукатурки и как основание под паркет и линолеум. Толщина 4...6 мм.

Полуцеллюлоза — волокнистый полуфабрикат, получаемый неглубокой варкой растительного сырья, в результате которой удаляется лишь часть нецеллюлозных компонентов, с последующим размолом для разделения на волокна. Выход полуцеллюлозы из исходного сырья составляет 65...85 %.

Помол — качественная характеристика бумажной массы после размола. Различают *садкий* и *жирный* помол. Характеристикой помола служит *степень помола массы*.

Поперечное направление бумаги (картона) — направление, перпендикулярное к машинному направлению бумаги (картона).

Пористость бумаги — отношение объема всех пор к объему образца бумаги.

Посторонние включения в древесноволокнистой плите — дефект в виде включений недревесного происхождения (например, камней, песка, частиц металла) в массе ДВП.

Потребительский формат — размеры листа бумаги или картона, готового для непосредственного потребления.

Почтовая открытка — изделие, предназначенное для отправления почтовой корреспонденцией без конверта. Представляет собой лист прочной и плотной бумаги, одна сторона которого отводится для корреспонденции.

Почтовый конверт — плоский чехол прямоугольной формы, обычно сделанный из одного листа бумаги. Предназначается для почтовых отправок. Лицевая сторона конверта может иметь одно или более прозрачных окон.

Правильный валик — сетководущий валик БДМ (КДМ), который установлен на передвигающихся в направлении хода сетки подшипниках. Предназначен для предотвращения бокового смещения сетки в процессе ее движения при работе БДМ (КДМ).

Правка сетки — регулирование движения сетки в процессе работы БДМ (КДМ) путем изменения положения *правильного валика*. Производится с помощью системы автоматизированного управления или вручную.

Преги-каландр — см. *Каландр тиснильный*.

Предварительный пресс, форпресс — устройство, предназначенное для подпрессовки сформиро-

ванного волокнистого слоя при пр-ве ДВП или предварительного прессования полотна картона на КДМ. У формующей машины для ДВП предварительный пресс состоит из трех или четырех последовательно установленных пар валов. Регулирование расстояния между валами каждой пары и усилия прессования осуществляют путем перемещения верхних валов в вертикальном направлении при помощи гидравлического механизма. Для КДМ предварительные прессы могут иметь различную конструкцию в зависимости от скорости машины и качества картона.

Предел прочности картона и фибры при растяжении — характеристика механической прочности картона и фибры. Определяется на разрывной машине при расстоянии между зажимами 100 мм и ширине испытуемого образца картона 50 мм (фибры — 15 мм). Выражает наибольшее предшествующее разрыву образца напряжение в пакалях.

Предел прочности картона, фибры и древесноволокнистых плит при статическом изгибе — характеристика механической прочности картона, фибры и ДВП. Выражает напряжение, возникающее в момент разрушения образца испытуемого материала сосредоточенной нагрузкой, приложенной посередине пролета между двумя опорами. Определяется обычно на разрывной машине, снабженной приспособлением, которое имеет две опоры и изгибающую линейку с закругленной кромкой.

Пресс бумагоделательной машины, мокрый пресс — устройство, предназначенное для отжима воды из сформованного на сетке влажного полотна бумаги (картона) и для его уплотнения. Представляет собой комбинацию из двух и более валов или вала и противолежащего башмака (*башмачный пресс*). Как правило, снабжается специальными *прессовыми сукнами*. Устанавливается между сеточной и сушильной частями БДМ (КДМ).

Пресс высокой интенсивности — пресс БДМ, состоящий из двух прессовых валов (нижний — гладкий), между которыми установлен валик малого диаметра с желобками на поверхности. Бумажное полотно с сукном проходит между верхним гранитным валом и желобчатым валиком. Вследствие малого диаметра валика давление на 1 см^2 в зоне контакта значительно выше, чем у обычных прессов (при сравнительно низком линейном давлении), что повышает интенсивность обезвоживания полотна.

Пресс Кюстерс (Küstners-press) — тип ленточного прессы для обработки ДВП. Состоит из двух движущихся с одинаковой скоростью стальных лент шириной около 3 м, между которыми помещается сформированный волокнистый ковер. Сверху и снизу ленты поддерживаются рядами роликовых цепей, опирающихся на обогреваемые плиты. Нижняя плита снабжена гидравлическими опорами, с помощью которых можно регули-

ровать давление прижима. Длина зоны прессования не более 30 м, скорость движения ленты 0,3...30,0 м/мин, температура плит 200 °С, максимальное рабочее давление 8 МПа.

Прессован — канифоль, получаемая из живицы пневого осмола. Используется для приготовления канифольного клея для проклейки бумаги и картона темных цветов.

Прессование бумаги (картона) — обезвоживание и уплотнение полотна бумаги (картона) под давлением с помощью прессы БДМ (КДМ).

Прессовое сукно — сукно в виде бесконечной ленты, применяемое на прессах БДМ (КДМ) с целью улучшения условий прессования сырого бумажного (картонного) полотна и для его транспортирования. Вырабатывается, как правило, из синтетических волокон, иногда — с добавкой шерсти. Масса 1 м^2 400...2500 г. По способу изготовления различают тканые и *иглопробивные* прессовые сукна.

Прессовые сукна прошивные — см. *Иглопробивные прессовые сукна*.

Пресс с желобчатым валом, пресс Вента Нип (VentaNip) — пресс БДМ с нижним обрезиненным валом, на поверхности которого имеются узкие канавки. Расстояние между канавками в 2...10 раз больше их ширины. Вода в зоне прессования попадает в канавки и тем самым выводится из этой зоны. Из канавок вода удаляется под действием центробежной силы, а также с помощью шабера. Благодаря такой конструкции повышается сухость бумажного полотна после прессования.

Пресс с подкладной сеткой, сукносеточный пресс, Фэбрик пресс (Fabric press) — пресс БДМ, в котором между сукном и нижним валом проходит синтетическая подкладная сетка, образуя петлю, находящуюся внутри петли сукна. Благодаря такой конструкции бумажное полотно, проходя между сукном и верхним валом, испытывает большее давление без повреждения структуры бумаги, что обеспечивает более интенсивное обезвоживание полотна. В *перевернутом прессе* подкладная сетка находится между сукном и верхним валом, а бумажное полотно проходит между нижним валом и сукном.

Пресс с расширенной зоной прессования, пресс с удлиненной зоной прессования, башмачный пресс — пресс БДМ (КДМ), образованный установленными один под другим прессовым валом и башмаком с вогнутой поверхностью. По сравнению с обычным прессом БДМ (КДМ) время прессования полотна увеличивается в 3...5 раз, что позволяет существенно повысить сухость полотна бумаги.

Пресс с чулком из синтетической сетки — пресс БДМ, нижний вал которого обтянут тканым чулком из синтетической сетки. Вода из ячеек сетки удаляется под воздействием центробежной силы и дополнительно — струей сжатого воздуха.

Прессшпан — сильно уплотненный, прочный, лощеный картон, иногда лакированный, применяемый в полиграфическом и электротехническом пр-ве. Вырабатывается толщиной 0,35...1,2 мм, обычно — из сульфатной небеленой целлюлозы.

Прибор Бауш и Ломб — устройство для определения показателя лоска бумаги.

Прибор Бейли — прибор для непрерывного измерения степени помола массы при постоянных температуре, концентрации и расходе подаваемой массы. Основан на зависимости скорости обезвоживания массы от степени ее помола.

Прибор Бекка для определения выщипывания — устройство, основанное на определении усилия, необходимого для отрыва полоски бумаги, приклеенной к металлической пластине. Характеризует прочность поверхности бумаги.

Прибор для измерения шероховатости бумаги ППС, прибор Паркера (PPS — Parker Print Surf) — прибор для измерения шероховатости поверхности в условиях подобных процессу печати. Результат измерения шероховатости выдается в микрометрах. Диапазон измерений 0,6...14,0 мкм или 0,6...6,0 мкм. После замены верхней и нижней частей измерительной головки прибор может быть использован для измерения воздухопроницаемости, характеризующей пористость бумаги.

Прибор для определения сопротивления бумаги излому, фальцер — прибор, с помощью которого определяется число двойных перегибов натянутой с определенным усилием полоски бумаги до ее разрыва.

Прибор для определения сопротивления бумаги продавливанию, прибор Мюллера — устройство, состоящее из резиновой диафрагмы, закрывающей полость с жидкостью, и зажимных колец. Жидкость (обычно глицерин), подаваемая насосом с регулируемой скоростью, давит снизу на диафрагму, которая, в свою очередь, давит на помещаемый над ней зажатый между кольцами испытуемый образец бумаги. Давление жидкости в системе в момент разрушения образца фиксируется специальной стрелкой манометра.

Прибор Клемма — устройство для определения впитывающей способности бумаги и картона путем измерения высоты поднятия жидкости по вертикально подвешенному образцу за определенный промежуток времени (см. *Капиллярная впитываемость*).

Прибор Наумана — устройство для определения сопротивления картона надлому. Момент надлома картона регистрируется самописцем на диаграмме, а приложенное усилие отсчитывается по шкале.

Приводная сторона бумагоделательной машины — сторона, с которой расположен привод БДМ.

Пригодность бумаги для печати — комплекс физических и химических свойств бумаги, который обеспечивает изготовление печатной продукции необходимого качества на определенном пе-

чатном оборудовании требуемым тиражом с необходимой скоростью печатания (см. *Печатные свойства бумаги (картона)*).

Присадочное устройство — механизм регулирования величины зазора между ножами размалывающего барабана и планки ролла или между ножами ротора и статора конической или дисковой мельницы для создания необходимого давления при размоле волокнистого полуфабриката.

Прогар древесноволокнистой плиты — дефект в виде местного повреждения ДВП вследствие повышенных температурных воздействий, проявляющийся по всей толщине плиты и характеризующийся изменением цвета и физико-механических свойств.

Продольное направление бумаги (картона) — см. *Машинное направление бумаги (картона)*.

Продольно-резательное устройство — механизм продольной резки бумаги на БДМ на полосы при помощи нескольких пар круглых вращающихся ножей. Нижние ножи — чашечные, верхние — дисковые. При необходимости ножи можно перемещать по ширине машины.

Продольно-резательный станок, пермотно-резательный станок — станок, предназначенный для разрезки бумажного полотна на несколько полос и одновременной намотки их в плотные рулоны с ровной торцевой поверхностью. Состоит из механизмов размотки, намотки и ножевого устройства.

Продушина (не рекомендуется) — см. *Неравномерная плотность намотки рулона бумаги (картона)*.

Прозрачность бумаги — степень видимости в отраженном свете через бумагу знаков и рисунков, нанесенных на подложке.

Проклейка бумаги (картона) — придание бумаге (картону) свойств ограниченного впитывания воды и водных р-ров. Может осуществляться путем *проклейки массы для изготовления бумаги (картона)* и *поверхностной проклейки бумаги (картона)*.

Проклейка массы для изготовления бумаги (картона), проклейка в массу — введение в массу проклеивающих веществ (например, канифоли, клея, дисперсий синтетических клеев, жидкого стекла и др.) с добавлением в случае необходимости вещества, коагулирующего клей и фиксирующего его на волокне.

Промасливание бумаги (картона) — пропитка бумаги (картона) минеральными или растительными маслами.

Промои — безвозвратные потери массы для изготовления бумаги, картона и ДВП со сточными водами.

Промынный ролл — см. *Полумасный ролл*.

Промышленный формат — размеры листа бумаги или картона, достаточно большие для получения из него потребительского формата.

Проницаемость — способность материала (бумаги или картона) пропускать жидкость или газ.

Просвет бумаги — характер взаимного расположения компонентов бумаги, определяемый в проходящем свете. Визуально различают ровный, облачный и клочковатый просвет бумаги.

Просвечивающие пятна — дефект бумаги, образующийся при наличии в массе пены, пузырьки которой лопаются при обезвоживании бумажного полотна.

Противоадгезионное покрытие, антиадгезионное покрытие — тонкий слой кремнийорганического соединения (*силикона*), нанесенный на одну сторону бумаги для придания ей антиадгезионных свойств (см. *Бумага с антиадгезионным покрытием*).

Протирочная сортировка (тип СМ) — устаревшая конструкция для сортирования макулатурной массы после роспуска в гидроразбивателе. Состоит из двух плоскопараллельных плит и расположенного между ними ротора, снабженного лопастями со скребками. Производительность 20...100 т/сут.

Протрава — вспомогательное вещество, применяемое при крашении бумажной массы для повышения адсорбции красителя на волокне с целью окраски массы в более интенсивный цвет.

Прочность поверхности бумаги на выщипывание — свойство бумаги сопротивляться выщипыванию волокон и отрыву поверхностного слоя в процессе печатания. Определяется с помощью прибора *Бекка для определения выщипывания*, по методу *Деннисона* и др.

Прямоточная сушилка картона — устройство непрерывного действия для сушки листового картона, в котором осуществляется движение подвешенных листов картона и нагретого воздуха в одном направлении по всей длине сушильной камеры. Отработанный влажный воздух удаляется в конце сушильной камеры, где выгружается высушенный картон.

Пульсационная мельница (тип МП) — роторно-пульсационный аппарат для дороспуска волокнистой массы без укорочения волокон. Снабжается конусообразным ротором с тремя рядами выступов и соответствующим статором. Применяется преимущественно на макулатурных потоках.

Пухлость бумаги (картона), удельный объем бумаги (картона) — величина, обратная плотности бумаги (картона).

Пучки древесных волокон на пласти древесноволокнистой плиты — дефект в виде включений неразмолотых древесных частиц на пласти ДВП с тонкодисперсным лицевым слоем.

Пылимость бумаги (картона), пыление бумаги — свойство, характеризующее отделение от сухого полотна бумаги (картона) частиц наполнителя и мелких волокон при свободном движении или соприкосновении с поверхностью другого тела. Причиной повышенной пылимости бумаги (картона) является недостаточная прочность поверхности бумаги (картона) и большое содержание наполнителя, в особенности — талька. Определяется методом, основанным на отделении пылинок

от поверхности бумаги (картона) и удержании их на резине валика при прокатывании образца под определенным давлением между двумя вращающимися валиками.

Пятна на бумаге (картоне), плешки — дефект, характеризующийся наличием на поверхности бумаги (картона) загрязненных мест. Загрязненные места могут быть от клея, масла, смолы, капель грязной воды, красителя, парафина и др., а также раздавленных сгустков волокон, слизи и пузырьков воздуха.

Пятно на пласти древесноволокнистой плиты — дефект в виде ограниченного участка на пласти ДВП, выделяющегося по цвету.

Рабочая поверхность сушильных цилиндров, полезная поверхность нагрева сушильных цилиндров — часть цилиндрической поверхности сушильных цилиндров, которая соприкасается с бумагой или картоном в процессе сушки.

Рабочая сторона бумагоделательной (картоноделательной) машины — см. *Лицевая сторона бумагоделательной (картоноделательной) машины*.

Рабочий бассейн — см. *Машинный бассейн*.

Равнитель, равнительный вал, эгутер — полый вал, состоящий из легкого каркаса, обтянутого сеткой. Устанавливается на сетку БДМ для выравнивания поверхности сформованного полотна или нанесения водяных знаков на бумагу.

Равновесная влажность бумаги (картона, целлюлозы) — влажность бумаги (картона, целлюлозы), соответствующая относительной влажности окружающего воздуха при определенной температуре.

Радиационная сушка — см. *Инфракрасная сушка*.

Разгонный валик — один из сукноведущих валиков. На поверхности его, от середины к концам, идут две спирали, витки которых предотвращают образование складок на сукне БДМ.

Разделительная способность бумаги (картона) — свойство фильтровальных видов бумаги (картона) задерживать взвешенные вещества при фильтрации жидкостей и газов.

Размалывающая гарнитура — металлические ножи, диски, абразивные и базальтовые сегменты, применяемые в размольных аппаратах (роллах, мельницах, рафинерах) для размола волокнистой массы.

Размалывающий барабан, барабан ролла — основной размалывающий орган ролла, одновременно служащий для передвижения массы в ролле. Состоит из двух или трех закрепленных на валу дисков с пазами, в которые вставлены параллельно валу металлические (иногда базальтовые) ножи. Ножи скрепляются стальными кольцами, надеваемыми с торцов размалывающего барабана в выемки ножей.

Размол волокнистого полуфабриката, массный размол — процесс обработки волокнистого материала, обычно при концентрации 2...8 %, путем

укорочения, расчеса и расщепления отдельных волокон, а также их *гидратации* с целью получения из них бумаги и картона с нужными физико-механическими свойствами. Производится в роллах, конических и дисковых мельницах и др. размалывающих аппаратах. Волокнистая суспензия непрерывным потоком поступает между неподвижными ножами статора (или *планки*) и вращающимися ножами ротора (барабана, конуса или диска) размалывающего аппарата. Зазор между ножами регулируется. При прохождении через этот зазор волокна разрезаются ребрами ножей, что приводит к их укорачиванию и расщеплению, а также раздавливанию торцевой плоскостью ножей, в результате чего происходит расчес волокон и фибриллирование их поверхности. Характер массового размола зависит от расстояния между ножами статора и ротора, *удельного давления при размоле*, материала и формы *размалывающей гарнитуры*, окружной скорости ротора, концентрации и температуры массы; концентрации водородных ионов массы, гидрофильных добавок, способности волокнистых материалов размалываться и т. д.

Разнооттеночность бумаги (картона) — дефект, характеризуемый наличием оттенков цвета рулонов или листов одной партии бумаги (картона).

Разносторонность бумаги (картона), двусторонность бумаги (картона) — дефект, состоящий в различии свойств верхней и сеточной сторон бумаги (картона) по гладкости, проклейке, впитываемости, оттенку цвета и др. Происходит вследствие неравномерного распределения наполнителя, мелкого волокна, клеевых осадков по толщине бумаги (картона).

Разрешающая способность поверхности бумаги — возможность воспроизведения на поверхности бумаги с необходимой точностью и четкостью печатных элементов изображения.

Разрушающее усилие, разрывной груз — усилие, при котором происходит разрыв полоски бумаги или картона при ее растяжении на разрывной машине. Выражается в ньютонах.

Разрывная длина бумаги — расчетная длина в метрах, при которой полоска бумаги, свободно подвешенная за один конец должна разрываться под действием собственного веса. Характеризует прочность бумаги при растяжении.

Разрывная машина, динамометр — машина для определения разрушающего усилия бумаги или картона при растяжении. Наибольшее распространение получил маятниковый тип машины. Кроме разрушающего усилия разрывная машина позволяет также измерять удлинение образцов до момента разрыва (в миллиметрах или процентах).

Разрывной груз — см. *Разрушающее усилие*.

Раковистость — дефект поверхностного слоя мелованной бумаги в виде небольших малозаметных невооруженным глазом раковин, образующихся вследствие пенистости наносимого слоя. Определяется путем окрашивания образца бумаги зе-

леной типографской краской и подсчета под микроскопом кол-ва раковин на образце площадью 10 мм^2 .

Раскат — устройство для размотки рулонов бумаги (картона).

Расклеивание гофрированного картона — дефект, характеризуемый отклеиванием плоских и гофрированных слоев картона при незначительном усилии.

Расклейка бумаги — понижение степени проклейки готовой бумаги. Процесс расклейки бумаги может происходить вскоре после выработки бумаги или после многолетнего хранения. Характерна главным образом для бумаги с канифольной проклейкой.

Расслаивание бумаги (картона), воздушный карман в картоне — дефект в виде отделения элементарных слоев многослойной бумаги (картона).

Растворимое стекло, силикат-глыба, силикат натрия растворимый — бесцветный или слегка окрашенный в зеленый или желтый цвет прозрачный расплав, состоящий из различных силикатов натрия — от моносиликата $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ до тетрасиликата $\text{Na}_2\text{O} \cdot 4\text{SiO}_2$. Получают сплавлением кварцевого песка с содой. Водный р-р растворимого стекла называется *силикатным клеем* или *жидким стеклом*.

Растительный пергамент, пергамент — жиронепроницаемая влагопрочная полупрозрачная бумага, предназначенная для упаковки и расфасовки пищевых продуктов, фармацевтических и др. изделий, требующих жиронепроницаемой и влагостойкой упаковки. Вырабатывается на *пергаментной машине* путем обработки наклеенной бумаги-основы, полученной из смеси сульфатной беленой и сульфитной беленой облагороженной целлюлозы, массой 1 м^2 40...70 г концентрированной серной кислотой с последующей промывкой, нейтрализацией, пластификацией и сушкой. Нормируется содержание мышьяка, свинца и металлических вкраплений.

Рафинер — 1. Общее название аппаратов, снабженных закрепленными в статоре ножевыми дисками или конусом и ножевым ротором, предназначенных для измельчения волокнистых полуфабрикатов в водной среде для придания им свойств, необходимых для пр-ва бумаги и картона. 2. Дисковая мельница большой мощности для размола щепы при пр-ве ТММ и ХТММ.

Реактив Вильсона — реактив, предназначенный для микроскопического анализа бумаги. Готовится из кристаллического йода, йодистого кадмия, формальдегида, нитрата кальция, хлорида кадмия и дистиллированной воды. Окрашивает волокна небеленой сульфатной целлюлозы в коричневый цвет, беленой сульфатной — в синий, беленой сульфитной — в сиреневый, соломенной — в зеленый, древесной массы — в желтый, хлопка — в красный, льна — в розовый, небеленой сульфитной — не окрашивает.

Реактив Герцберга — реактив, применяемый для микроскопического анализа бумаги, в частности, для различения тряпичных волокон, древесной массы и целлюлозы. Представляет собой водный р-р йода, йодистого калия и хлорида цинка.

Реакционная способность бумаги по Штейнхазу — показатель способности бумаги-основы для фибры к фиброванию. Определяется временем, необходимым для впитывания капли р-ра хлорида цинка (плотность $1,85 \text{ г/см}^3$ при 20°C) поверхностью листа бумаги, установленного наклонно под углом 45° , и длиной пути, пройденного каплей за это время. Выражается как частное от деления длины пути капли в миллиметрах на время впитывания в секундах, умноженное на 100.

Ребро древесноволокнистой плиты — линия пересечения пласти и кромки ДВП.

Регистровая вода — вода, отделяющаяся от бумажной массы при обезвоживании на той части сеточного стола БДМ, на которой расположены *регистровые валики* и *планки*. Содержит значительное кол-во компонентов бумажной массы и составляет основную часть *оборотной воды*, отходящей от сеточной части БДМ.

Регистровые валики — элементы сеточного стола БДМ, поддерживают сетку и способствуют ускоренному обезвоживанию бумажной массы, поступающей на сетку машины. Их диаметр обычно составляет 80...350 мм, в зависимости от конструкции машины, а длина несколько больше ширины сетки. Регистровые валики расположены в одной плоскости, в начале сеточного стола, и вращаются в шарикоподшипниках, установленных на *регистровых шинах*. Они приводятся во вращение от сетки и при вращении производят отсасывающее действие, вследствие чего из массы удаляется вода.

Регистровые планки, гидропланки — пластины специальной формы, устанавливаемые под сеткой БДМ вместо регистровых валиков для обезвоживания поступающей на сетку бумажной массы. Обеспечивают эффективное и равномерное обезвоживание при лучшем удержании волокна на сетке. Возможна комбинация регистровых планок и регистровых валиков.

Регистровые шины — элементы сеточного стола БДМ, служат опорой для подшипников, в которых вращаются цапфы *регистровых валиков* и *грудного вала*.

Регулировочный бассейн — бассейн для регулирования концентрации бумажной массы.

Регулирующий коллиматор — оптический прибор, предназначенный для проверки горизонтальности цилиндров, валов, осей, шин и т. д. при установке БДМ, КДМ, пресспатов и др. оборудования.

Регулятор влажности бумажного полотна — аппарат для непрерывного измерения и регулирования влажности бумажного полотна в сушильной части БДМ.

Регулятор концентрации массы — аппарат, автоматически поддерживающий постоянную концентрацию волокнистой массы; необходим для обеспечения нормальной работы БДМ (КДМ), сортировок, сгустителей и др. оборудования с целью получения продукции, однородной по показателям качества. Регулирование производится путем большего или меньшего разбавления массы водой.

Регулятор толщины и массы 1 м^2 бумаги — аппарат для непрерывного регулирования толщины и массы 1 м^2 бумажного полотна при выработке его на БДМ. Состоит из датчика и исполнительного механизма. Все регуляторы воздействуют либо на массную задвижку, либо корректируют работу регулятора расхода массы, подаваемой к смесительному насосу.

Рейнша метод — метод определения мышьяка в растительном пергаменте.

Релаксация бумаги (фр. *relaxation*) — снижение внутренних остаточных напряжений в бумаге при отлежке.

Риц-машина — машина, применяющаяся в картонажном пр-ве для нанесения надрезов на поверхности картона с целью образования линии перегиба.

Рицовка (от нем. *Ritz* — щель, царапина) — надрез поверхности картона для образования линии перегиба; применяется в картонажном и переплетном пр-ве. Выполняется на *риц-машине*.

Ролевая бумага (ролевый картон) — см. *Рулонная бумага (рулонный картон)*.

Ролл — размалывающий аппарат преимущественно периодического действия для обработки волокнистых материалов. Состоит из железобетонной ванны овальной формы (в плане), разделенной стенкой на два соединяющихся канала. В одном из каналов размещен *размалывающий барабан с закрепленными на нем вдоль оси ножами*. Под барабаном на дне ванны установлена *планка* — кожух с набором ножей. Ножи барабана и планки могут быть стальными, бронзовыми или из базальта. За барабаном дно ролла имеет возвышение, называемое *горкой*. Барабан имеет регулирующее устройство для присадки его к планке; сверху он закрыт кожухом. Вместимость ванны 3...18 м^3 . Масса концентрацией 3...7 %, проходя между ножами вращающегося барабана и неподвижными ножами планки, размалывается и перебрасывается ножами барабана через горку, а затем движется по второму (оборотному) каналу ванны и снова возвращается к размалывающему барабану. В дне ванны имеется клапан для спуска готовой бумажной массы в бассейн. Ролл был изобретен в XVII в. в Голландии и долгое время, как секретное изобретение, применялся только там. Отсюда старое название ролла — голлендер.

Ролл бракомольный — ролл для измельчения и роспуска сухого оборотного брака бумаги (картона), поступающего с БДМ, а также макулатуры.

Ролл Вэлли (англ. *Valley*) — лабораторный ролл, применяющийся в качестве стандартного при подготовке массы для определения механических показателей целлюлозы. Вмещает до 450 г сухого волокнистого полуфабриката при максимальной концентрации 2 %. Вместимость ванны ролла 23 л. Присадка планки к барабану осуществляется при помощи весового устройства.

Ролл непрерывного действия — ролл для непрерывного размола бумажной массы. Имеет удлиненный барабан и закрытую ванну. Подача массы в зону размола между ножами планки и барабана осуществляется по массопроводу под небольшим давлением с одного конца, а размолотая масса выходит с другого конца барабана, после того как она несколько раз пройдет зону размола, обогнув барабан по спирали.

Роль (не рекомендуется) — см. *Рулон*.

Роль-ракель — см. *Вращающийся шабер*.

Роспуск волокнистого полуфабриката — обработка волокнистого полуфабриката в водной среде для разделения на волокна без их размола.

Ротабельт (Rotobelt) — отсасывающее устройство, применяемое при пр-ве картона и ДВП. Представляет собой трехсекционный отсасывающий ящик с перфорированной металлической верхней крышкой, по которой движется бесконечная резиновая лента, имеющая шлицевые отверстия в направлении, перпендикулярном движению сетки. Последняя проходит над резиновой лентой и имеет ту же скорость, что и лента.

Ротор Вокес — многолопастный ротор гидро-разбивателя с конфигурацией лопастей, обеспечивающей очистку сита.

Ротоформер (RotoFormer) — вакуум-формующее устройство в виде покрытого сеткой вала с несколькими отсасывающими камерами внутри.

Рубероид (нем. *Ruberoid*) — кровельный картон, пропитанный мягким нефтяным битумом, покрытый с одной или с двух сторон тугоплавким нефтяным битумом и посыпанный тальком, слюдяной мелочью, минеральной крошкой.

Рулон, роль (фр. *rouleau*, англ. *roll*) — 1. Упаковочная единица бумаги (картона) цилиндрической формы, полученная при намотке бумажного (картонного) полотна на жесткую бумажную гильзу и упакованная в 2...3 слоя оберточной бумаги. Перед упаковкой в гильзу с двух сторон вставляются деревянные или пластмассовые пробки для предотвращения смятия гильзы. На торец рулона наносится маркировка с указанием наименования бумаги (картона), массы рулона, предприятия-изготовителя и др. 2. Непрерывная лента материала, смотанная в трубку.

Рулонная бумага (рулонный картон), ролевая бумага (ролевый картон) — бумага (картон), выпускаемые в рулонах.

Рулоноупаковочная машина — машина для упаковки рулонов бумаги для предохранения их от повреждения и загрязнения при транспортировании.

Садкая масса — бумажная масса, от которой легко отделяется вода.

Садкий помол, садкий размол — состояние массы, волокна которой не расщеплены, слабогидратированы. Характеризуется быстрым обезвоживанием на сетке БДМ (КДМ). Масса садкого помола осаждается на сетке рыхлым слоем, из которого получается пористая, непрочная бумага.

Садкость массы — мера скорости обезвоживания волокнистой массы в условиях свободного стекания воды.

Саж, технический углерод — продукт неполного сгорания органических веществ, тонкодисперсный порошок черного цвета с коричневым или синеватым оттенком, на 84...98 % состоит из углерода. Применяется для наполнения и окрашивания бумажной массы при получении светонепроницаемых и электропроводящих видов бумаги.

Салициланилид, анилид салициловой кислоты, $C_{13}H_{11}O_2N$ — антисептик, добавляемый в бумагу и картон для придания им биостойкости.

Саморезка, листорезка — машина для разрезки на листы одного или нескольких рулонов бумаги (картона) одновременно.

Самосъемочная бумагоделательная машина, Янки-машина — плоскосеточная машина для пр-ва тонких видов бумаги. Перенос бумажного полотна с сетки осуществляется при помощи шерстяного сукна, которое проводит полотно через прессовую часть к сушильному цилиндру большого диаметра.

Санитарная бумагоделательная (картоноделательная) машина — машина для получения низкосортной бумаги или картона из отходов пр-ва, загрязненного сырья и отходов сортирования, образующихся при выработке полуфабрикатов, бумаги и картона на том же предприятии.

Сатинвайс — см. *Белый сатинит*.

Сатинер — см. *Каландр сатинит*.

Сверхлегкая мелованная бумага — бумага легкая мелованная с массой 1 м² меньшей, чем 40 г.

Сверхтвердая древесноволокнистая плита — твердая ДВП повышенной прочности, имеющая плотность 950...1100 кг/м³.

Светопроницаемость — способность тела, в частности бумаги, пропускать часть падающего света как параллельными, так и рассеянными лучами. Определяют на фотометре. Выражается отношением энергии света, прошедшего через тело, к энергии света, падающего на поверхность тела.

Свободная смола — часть канифоли, не вступившая в реакцию со щелочью при варке канифоляного клея и оставшаяся в клее во взвешенном состоянии в виде частиц размером около 1/3 мкм. Иногда образуется в результате реакции между смолянокислым натрием и кислотой (например, при изготовлении *клея-пасты*).

Свойлачивание волокон бумаги — процесс переплетения волокон бумажной массы на сетке БДМ. Термин «свойлачивание», заимствованный из пр-ва войлока, ассоциируется с представлением о чи-

сто механической связи между шерстяными волокнами с чешуйчатым строением и поэтому неправильно отражает сущность поверхностного сцепления волокон бумаги, которая объясняется преимущественно действием сил водородной связи.

Связующее — вещество или смесь различных веществ, обладающих способностью связывать частицы других веществ. Применяется в составе меловальных суспензий, вводится в массу для формирования ДВП, иногда присутствует в композиции специальных видов бумаги и картона.

Сглаживающий пресс — см. *Офсетный пресс*.

Сгуститель — аппарат для повышения концентрации разбавленной волокнистой массы (целлюлозы, древесной, бумажной массы и др.). Состоит из цилиндра, обтянутого сеткой и установленного над ванной, в которую подается масса, таким образом, что часть его погружена в массу. При вращении цилиндра вода фильтруется через сетку во внутреннюю полость, а на его поверхности осажается слой массы, затем с нее удаляемый.

Сгустки в бумаге — дефект бумаги в виде крупных пятен, образующихся в результате спрессовывания комочков массы.

Сгущение массы — повышение концентрации волокнистой массы путем частичного ее обезвоживания.

Сдвоенный пресс — пресс БДМ, состоящий из трех прессовых валов (в том числе один или два отсасывающих), установленных вертикально, горизонтально или пирамидально. Заменяет по эффективности два или даже три обычных пресса при большой экономии места.

Сдир мелованной бумаги (нрк.) — см. *Отрыв мелованного слоя бумаги*.

Секундная размалывающая способность — технологическая характеристика размольного аппарата (ролла, мельницы и др.), определяемая путем умножения площади поверхности соприкосновения между ножами на окружную скорость размалывающего органа. Выражается в кубических сантиметрах в секунду.

Секундная режущая длина — показатель работы ролла или мельницы, характеризующий его режущую способность укорачивать целлюлозное волокно.

Селектифайер — аппарат для очистки бумажной массы, работающий под давлением.

Селектрап (Selecttrap) — аппарат для удаления мелких загрязнений и пучков волокон из отходов от *протирочной сортировки* после их обработки в дезинтеграторе. Состоит из конического барабана с перфорированной рубашкой, ванны, спрыска и привода для вращения барабана. Масса поступает в барабан через его большой торец и, пройдя через отверстия перфорированной рубашки, переливается в сборник очищенной массы, а отходы, не прошедшие через перфорированную рубашку, удаляются через меньший торец барабана.

Сетка бумагоделательной машины — сетка из фосфористой бронзы или из синтетического волокна в виде бесконечной ленты, на которой происходит непрерывное формирование полотна из разбавленной бумажной массы, обезвоживание его приблизительно до 20 % сухости (после гауч-вала) с последующей передачей на первый пресс машины. Под номером сетки понимают число проволочек или нитей основы на 1 пог. см (1 пог. дюйм). Различают сетки одинарные, которые имеют основу, состоящую из отдельных нитей; двойные, у которых каждая пряжа основы состоит из пары нескрученных нитей; тройные — каждая пряжа основы состоит из трех нескрученных нитей; крученые — каждая пряжа основы состоит из 3...7 тонких нитей, скрученных в канатик; полусаржевые, отличающиеся тем, что нити утка переплетаются с нитями основы через две, затем через одну, снова через две и т. д.; это позволяет значительно увеличить срок службы сетки и несколько повысить гладкость бумаги.

Сетководящие валики — валики, по которым движется сетка БДМ при возвратном движении, т. е. от гауч-пресса к грудному валу. Их изготавливают из стальной трубы с медной рубашкой или обрешиненными.

Сетконатяжка — устройство для натяжения сетки БДМ при помощи сетконатяжного валика.

Сетконатяжный валик — валик БДМ, опоры которого могут перемещаться в направлении, перпендикулярном движению сетки. Служит для регулирования натяжения сетки.

Сеткоправка — устройство для регулирования движения сетки БДМ (КДМ) в поперечном направлении при помощи *правильного валика*.

Сеточная сторона бумаги, оборотная сторона бумаги (картона) — сторона бумаги (картона), соприкасающаяся в процессе изготовления с сеткой БДМ (КДМ).

Сеточник, машинист бумагоделательной машины — старший в бригаде (бригадир), обслуживающей БДМ.

Сеточный стол — часть длинносеточной БДМ, на которой происходит формирование бумажного полотна. Состоит в основном из грудного вала, регистровых валиков или планок, отсасывающих ящиков и гауч-пресса. Все эти элементы служат для того, чтобы поддерживать сетку без провисания и максимально обезвоживать поступающую на сетку бумажную массу. Кроме того сеточный стол может иметь механизм тряски, ограничительные линейки или декельные ремни, отсечку, формующую доску, *правильный*, натяжной и сетководящие валики, спрыски для промывки сетки. Для смены сетки сеточный стол выдвигается.

Силикат-глыба — см. *Растворимое стекло*.

Силикат натрия растворимый — см. *Растворимое стекло*.

Силикатный клей, жидкое стекло — водный р-р *растворимого стекла* зеленоватого или жел-

товатого цвета с содержанием сухого вещества 30... 45 %. Для увеличения скорости отверждения в силикатный клей вводят каолин. Применяется для склейки плоских слоев картона и бумаги в пр-ве гофрированного картона и склеенного картона, а также для склеивания бумажных гильз и пр. Иногда добавляется в бумажную массу с целью придания картону жесткости.

Силиконы, полиорганосилоксаны — кремний-органические полимеры, основная молекулярная цепь которых построена из чередующихся атомов кремния и кислорода, а атомы углерода входят в состав боковых групп, связанных с атомом кремния. Силиконы используют для придания бумаге водоотталкивающих и антиадгезионных свойств путем введения в бумажную массу или в составы для поверхностных покрытий.

Синтетические волокна — химические волокна, полученные из синтетических полимеров. По строению макромолекул подразделяются на гетероцепные (полиамидные, полиэфирные) и карбоцепные (полиакрилонитрильные, поливинилхлоридные, поливинилспиртовые). Некоторые виды синтетических волокон применяют для пр-ва бумаги и нетканых материалов, а также для изготовления *одежды БДМ*.

Синтозил — бумага, вырабатываемая из синтетических волокон (наylon). Обладает высокой влагопрочностью, повышенной растяжимостью, малой деформацией при увлажнении и высокими значениями показателей сопротивления излому и раздиранию. Отличается кислото- и щелочестойкостью. Используется для изготовления географических карт, чертежей и документов длительного хранения.

Система Модуль Джет (Module Jet) — система напуска на БДМ (КДМ), обеспечивающая автоматическое регулирование профиля массы 1 м^2 бумаги (картона) в поперечном направлении за счет секционного разбавления бумажной массы оборотной водой. Монтируется на БДМ (КДМ) между напорным ящиком и напускной губой.

Ситоватость — дефект бумаги в виде мелких отверстий, определяемый при рассмотрении бумаги на просвет. Причиной ситоватости является большое содержание воздуха в бумажной массе или захват воздуха массой при поступлении ее на сетку БДМ.

Сифонный ящик, сифон — *отсасывающий ящик* бумагоделательной и сушильной машин, в котором вакуум создается при помощи сифонной трубы.

Складка на бумаге (картоне) — дефект, характеризующийся наличием на полотне бумаги (картона) утолщения из-за перегибов с нахлестом одного слоя на другой.

Склеенная фибра — фибра, состоящая из нескольких отдельно изготовленных листов толщиной свыше 2,5 мм, склеенных между собой.

Склеенный картон — картон, состоящий из нескольких отдельно изготовленных слоев, склеенных между собой клеевым составом.

Склейка в рулоне — место соединения полотна бумаги (картона) при обрыве с помощью клея или специальной склеивающей ленты.

Скол кромки древесноволокнистой плиты — дефект в виде местного повреждения кромки ДВП, распространяющегося по пласти.

Скоп — осадок улавливаемого массными ловушками и первичными отстойниками мелкого волокна, иногда с наполнителем, из отработанных вод бумажно-картонного пр-ва.

Скорость сушки бумаги — масса влаги, удаляемой при сушке бумаги в единицу времени, отнесенная к единице массы а. с. бумаги.

Скручиваемость бумаги (картона) — деформация всей поверхности листа бумаги (картона), в результате которой лист полностью или частично приобретает форму цилиндра. Происходит при изменении внешних условий либо при одностороннем смачивании листа.

Слабина (не рекомендуется) — см. *Неравномерная плотность намотки рулона бумаги (картона)*.

Слаломная сушильная часть — цилиндровая сушильная часть БДМ с расположением цилиндров в два яруса в шахматном порядке и одной сушильной сеткой, движущейся вместе с бумажным полотном. При этом полотно, проходя по верхним цилиндрам, прижимается к их поверхности, а нижние огибает над сеткой. Используется обычно в первой сушильной группе высокоскоростных БДМ.

Слизь — результат жизнедеятельности микроорганизмов и грибов (железистые бактерии, серные бактерии, волокнистые грибки) в виде желеобразных пленок и сгустков, откладывающихся на стенках массопроводов, бассейнов и др. оборудования для пр-ва бумаги. Отрываясь, слизь загрязняет бумажную массу, вызывает появление дефектов бумаги и даже обрывы полотна на БДМ.

Слой (бумаги или картона) — независимо сформированное волокнистое полотно однородного состава, которое может быть объединено с другими, чтобы получить многослойную бумагу или многослойный картон.

Слоттер (от англ. *slot* — прорезь, щель) — высекальная машина для изготовления заготовок складных коробок и др. изделий из картона.

Смесительный бассейн — см. *Массный бассейн*.

Смешанная зарядка ролла — порядок загрузки ролла волокнистыми материалами, при котором различные волокнистые полуфабрикаты загружаются в один ролл в соотношении, предусмотренном композицией бумаги.

Смолеёмкость — максимальное кол-во пропиточной смолы, которое может впитать бумага (например, основа для декоративного бумажно-слоистого пластика) при заданных условиях испытания.

Смоляной клей — см. *Канифольный клей*.

Смоляные затруднения — затруднения в целлюлозном и бумажном пр-ве, проявляющиеся в отложении смолы в обезвоживающей, размалывающей и др. аппаратуре, на сетках и сукнах БДМ,

что приводит к нарушению работы БДМ (обрывам бумажного полотна, образованию на бумаге пятен и отверстий). Эффективными средствами уменьшения смоляных затруднений являются применение выдержанной древесины в целлюлозном пр-ве, отделение мелкого волокна на смолоотделителях, применение поверхностно-активных веществ, специальных препаратов и др.

Сопротивление бумаги и картона излому — показатель качества бумаги (картона), определяемый числом двойных перегибов на 180° (для бумаги толщиной до 0,25 мм) или на 90° (для бумаги и картона толщиной до 1,4 мм), выдерживаемых полоской бумаги (картона), натянутой с определенным усилием.

Сопротивление бумаги и картона истиранию — показатель, характеризующий сопротивление поверхности бумаги и картона абразивному воздействию. Определяют на специальном аппарате по изнашиванию образца (изменение толщины и массы) за определенный период времени испытания в определенных условиях.

Сопротивление бумаги и картона продавливанию — показатель качества бумаги и картона, характеризующий максимальным давлением, приложенным под прямым углом к поверхности образца, которое он выдерживает до момента разрыва в условиях, определенных стандартным методом испытания.

Сопротивление бумаги и картона разрыву — показатель качества бумаги и картона, характеризующий максимальным растягивающим усилием, которое выдерживает образец до разрыва в условиях, определенных стандартным методом испытания.

Сопротивление бумаги и картона расслаиванию — показатель качества бумаги (картона), характеризующий усилием, вызывающим разрушение связи в структуре образцов бумаги (картона).

Сопротивление бумаги надрыву — показатель, характеризующий усилием, которое необходимо приложить к бумаге для получения разрыва ее целой (неповрежденной) кромки.

Сопротивление бумаги раздиранию — показатель, характеризующий усилием, вызывающим у образца бумаги с предварительно надрезанной кромкой дальнейший разрыв до определенной его длины.

Сопротивление картона пробою — показатель механической прочности картона, определяемый усилием, необходимым для полного прохождения через образец картона пробивающей головки определенного размера и формы. Иногда сопротивление картона пробою характеризуют величиной проделанной работы при пробое картона.

Сорность бумаги (картона) — дефект, характеризующий наличием в бумаге (картоне) контрастных посторонних включений (например, костры, песка, минеральных включений, угля, коры, и т. п.)

Сортирование бумаги (картона) — процесс отделения доброкачественных листов бумаги (кар-

тона) от бракованных. Сортирование может производиться «на веер» (быстрый способ сортирования путем роспуска пачки листов веером и пропуска ее между пальцами), «в два листа» (путем перекалывания одновременно двух листов с осмотром первого листа с верхней стороны, а второго — с сеточной), «в один лист» (осмотр поочередно обеих поверхностей каждого листа, а иногда и на просвет) и др.

Сортирование бумажной массы — см. *Очистка массы для изготовления бумаги (картона)*.

Сортирование картона «на ребро» — способ сортирования толстого картона: пачку листов ставят вертикально с опорой на кромки длинной стороны и перелистывают как книгу. Отмечаются дефекты с обеих сторон листа.

Сортировка — машина для сортирования бумажной массы. Различают сортировки центробежные, проточные, пульсирующие, мембранные, работающие с полным наполнением и др. Могут быть с ситом плоским или цилиндрическим, неподвижным или вращающимся, вертикально или горизонтально расположенным, с круглыми отверстиями или щелевыми тонкими прорезями, с одной или несколькими зонами сортирования, с выбросом отсортированной массы и отходов вниз или вверх и т. д.

Сортирующий гидроразбиватель, гидроразбиватель закрытого типа — аппарат для дороспуска и очистки макулатурной массы. Имеет горизонтальный закрытый цилиндрический корпус с установленным вертикальным плоским ситом, отделяющим камеру готовой массы. Перед ситом со стороны входа массы вращается ротор и имеются патрубки для отвода тяжелых и легких загрязнений.

Состав по виду волокна, состав по волокну — вид и соотношение волокнистых компонентов в бумаге и картоне. Обычно выражается в процентах от общей массы волокнистого материала.

Софткаландр — см. «Мягкий» каландр.

Спидсайзер (Speedsizer) — пленочный клеильный пресс с устройством для предварительной дозировки клеевой суспензии. Дозировочное устройство состоит из соплового наносящего узла и профильного прутка для распределения клея на поверхности прессового вала. Спидсайзер позволяет наносить равномерные покрытия на бумагу при скорости движения полотна 1200...1500 м/мин.

Сплошной картон — одно- или многослойный картон, вырабатываемый на КДМ путем формования из волокнистой суспензии. В отличие от *склеенного картона* связывание слоев друг с другом происходит без применения клея.

Способ офсетной печати — технология косвенной плоской печати, при которой краска с печатной формы передается на запечатываемый материал посредством промежуточного офсетного цилиндра.

Способ флексографской печати — технология прямой ротационной высокой печати с фрагмен-

тарных эластичных печатных форм (арабесок) красками, закрепляющимися на невпитывающих материалах; особенность способа — возможность установки форм на формных цилиндрах различной длины окружности. Изображение на печатной форме зеркальное. Используется для печатания на упаковках, пластиковых пакетах, при пр-ве газет и пр.

Срыв бумаги (картона) — верхние поврежденные слои рулона бумаги (картона), срезаемые перед его переработкой.

Стабильность размеров — способность бумаги к сохранению размеров при изменении ее влажности в результате изменения атмосферных условий или физических и химических воздействий в процессе печатания, переработки и использования.

Старение бумаги (картона) — необратимое изменение свойств бумаги (картона), особенно механической прочности, при длительном хранении. Происходит в результате действия света, кислорода воздуха, изменяющейся влажности воздуха, бактериологических процессов и т. п.

Старение искусственное, старение ускоренное — воздействие на бумагу (картон) некоторых видов излучения, нагрева или химическая обработка в течение нескольких часов с целью получения информации о естественных изменениях, которые могут произойти в материале на протяжении нескольких лет его хранения. Обычно для искусственного старения применяется сухая или влажная тепловая обработка при температуре от 80 до 150 °С.

Степень крепирования, величина крепирования, показатель крепирования — разность длины бумаги в растянутом и крепированном состояниях. Обычно выражается в процентах по отношению к длине бумаги до крепирования (иногда — к длине крепированного образца).

Степень невоспламеняемости — степень сопротивления бумаги (картона) воспламенению при поджигании в определенных условиях испытания.

Степень помола массы для изготовления бумаги (картона), степень помола — характеристика массы, определяемая ее способностью к обезвоживанию. Зависит от степени измельчения волокон, их фибрилляции и гидратации. Влияет на физико-механические свойства изготавливаемой бумаги (картона). Измеряется с помощью *аппарата для определения степени помола бумажной массы* (аппарат Шоппер-Риглера) и выражается в условных единицах — градусах Шоппер-Риглера (°ШР).

Степень проклейки бумаги (картона) — показатель, оценивающий гидрофобность бумаги. Метод определения степени проклейки основан на нанесении рейсфедерами на поверхность бумаги штрихов специальными чернилами и определении максимальной ширины штриха, не расплывающегося и не проходящего на обратную сторону. За ре-

зультат испытания принимают среднее арифметическое десяти определений, округленное до 0,2 мм.

Степень разбавления массы — соотношение количеств а. с. волокна и воды в массе. Например, степень разбавления массы 1 : 50 означает, что на 50 массных частей воды приходится 1 массная часть а. с. волокна.

Стики (англ. *stickies*) — частицы клейких загрязнений в бумажной, преимущественно в макулатурной массе, имеющие тенденцию прилипать к бумагоделательному оборудованию и вызывать повреждения бумажного полотна. Различают макростики, задерживающиеся на сите с диаметром отверстий 150 мкм, и микростики, проходящие сквозь эти отверстия.

Столовая бумагоделательная машина — см. *Длинносеточная бумагоделательная машина*.

Стопа — 1. Единица счета бумаги. До введения метрической системы составляла 480 листов, в СССР — 1000 листов, в соответствии со стандартом ISO составляет 500 листов; 2. Листовая бумага, сложенная по формату штабелем.

Стопорезка — см. *Бумагорезательная машина*.

Структура бумаги (картона) — взаимное расположение и связи компонентов в бумаге (картоне).

Сукномоечный отсасывающий вал — перфорированный вал с вакуумной камерой внутри. Применяется для удаления воды из сукна и его очистки в зоне первого и второго прессов БДМ, КДМ и сушильных машин.

Сукносеточный пресс — см. *Пресс с подкладной сеткой*.

Сукномойка — элемент прессовой части БДМ и КДМ, предназначенный для непрерывной очистки сукна первого и второго прессов. Различают сукномойки вальцовые, трубчатые, с отсасывающим валом и др.

Сукноправка автоматическая — устройство для автоматического направления движения сукна в сушильной части БДМ. Состоит из подвижного сукноправильного вала, который может поворачиваться под воздействием штока пневмоцилиндра. Золотник последнего соединен с датчиком положения кромки сукна и перераспределяет поток воздуха таким образом, что соответствующий поворот сукноправильного вала компенсирует боковое смещение сукна.

Сукносушильный цилиндр, сукносушитель — металлический вращающийся цилиндр, обогреваемый изнутри паром, используется для удаления влаги из сушильного сукна во время работы БДМ или КДМ.

Суконная сторона бумаги (картона) — см. *Верхняя сторона бумаги (картона)*.

Сульфид цинка, ZnS — белый пигмент, получаемый пропусканием сероводорода через р-р соли цинка с последующим фильтрованием, высушиванием и кальцинированием. Кристаллическое вещество с высоким коэффициентом преломления

(2,37). Размер частиц около 0,3 мкм, белизна до 96 %, плотность 4,0 г/см³. Применяется для мелования бумаги.

Суперкаландр — особый тип *каландра*, устанавливаемый обычно отдельно от БДМ (КДМ) для повышения гладкости, лоска (иногда — прозрачности бумаги) и уплотнения бумаги (картона). Оборудуется несколькими металлическими валами, часть из которых могут нагреваться, и неметаллическими валами из упругого и эластичного материала.

Суперкаландр Нипко-Флоут (Nipco Float) — суперкаландр, разработанный фирмой «Sulzer Escher Wyss» (ФРГ). Имеет 12 валов, из которых 6 — стальные хромированные, 6 — набивные с твердостью рабочей поверхности 88 по Шору. Верхний и нижний валы — с «плавающими» рубашками и 8-зонной гидросистемой прижима. Рабочая скорость 800 м/мин, максимальное линейное давление 300 кН/м. Оснащен компьютерной системой управления и регулирования профиля по ширине бумажного полотна.

Суспензия покровного материала — см. *Меловальная суспензия*.

Сухое крепирование — грубое крепирование с помощью шабера на большом цилиндре самосъемочной БДМ при сухости бумажного полотна 95...97 % на высокой скорости.

Сухое формование бумаги — см. *Аэродинамическое формование*.

Сухой брак — бумажный брак, скапливающийся на любой стадии производственного процесса в сухой части БДМ (КДМ), обрезки, полученные при перемотке, продольной и поперечной резке, а также бумага и картон, забракованные при сортировании.

Сухой размол — размол в. с. волокон целлюлозы, преимущественно хлопковой, без добавления воды. Осуществляется в дисковой мельнице. При сухом размоле происходит в основном укорочение волокон без фибрилляции, в результате чего повышаются садкость массы и скорость ее обезвоживания при одновременном снижении водоудержания и связеобразующей способности волокна. Повышается также реакционная способность волокна к воздействию некоторых химических реагентов (например, хлористого цинка при *фибровании*).

Сушилка Флект (Fläkt) — сушилка вентиляционного типа для целлюлозной папки, бумаги и картона с использованием принципа передвижения полотна на «воздушной подушке» и двухстороннего наддува. Интенсивное испарение влаги из материала охлаждает полотно, в результате чего его температура находится на уровне 65...70 °С, что способствует сохранению качества целлюлозы при сушке. Благодаря минимальному натяжению полотна при сушке бумаги и картона повышаются их прочность и растяжимость.

Сушильная камера для фибры — устройство для сушки листовой фибры. Представляет собой

туннель с движущимся вдоль него сетчатым полотном, на которое помещаются листы фибры. Сушка производится горячим воздухом, подаваемым отдельно в каждую зону сушки.

Сушильная сетка — многослойное тканое полотно из синтетических нитей, применяющееся в сушильной части БДМ (КДМ) для прижима полотна бумаги к сушильным цилиндрам. По сравнению с сушильными сукнами имеет более высокую паропроницаемость и больший срок службы. Масса 1 м² 1000...1500 г.

Сушильное сукно — бесконечное шерстяное или хлопчатобумажное сукно, иногда с добавлением синтетических волокон или асбеста. Прижимает бумажное полотно к нагретой поверхности вращающегося сушильного цилиндра для улучшения контакта и теплопередачи, а также для предотвращения коробления бумаги и образования на ней морщин в процессе сушки. Кроме того, облегчает заправку и транспортирование бумажного полотна в сушильной части машины. В настоящее время часто заменяется сушильными сетками из синтетических волокон.

Сушильный пресс — пресс КДМ, состоящий из цилиндра, обогреваемого паром до максимальной температуры 70 °С и прилегающих к нему двух прессовых валов диаметром 0,8 м, снабженных сукнами. Давление прессования в первом захвате 70...100 кН/м, во втором — 110...140 кН/м. Конечная сухость полотна картона 50 %.

Сушильный цилиндр — металлический полый вращающийся цилиндр, обогреваемый изнутри паром. Служит для сушки мокрого полотна на БДМ, КДМ или сушильной машине. Был впервые применен для сушки бумаги в Англии около 1820 г.

Счетчик метража — прибор для измерения длины в метрах вырабатываемой (или перематываемой) бумаги на БДМ, продольно-резательных станках и бобинорезках.

Съемное сукно — 1. Сукно самосъемочной БДМ, используется для съема с сетки сырого полотна бумаги и переноса его к прессовой части и далее — к сушильному цилиндру большого диаметра; 2. Сукно многоцилиндровой КДМ, которое служит для съема с поверхности формирующего цилиндра волокнистого слоя, соединения его с полотном картона с другими слоями, снимаемыми с поверхности последующих цилиндров, а также для транспортирования полотна в предварительные прессы и в первый главный пресс.

Тальк, 3MgO · 4SiO₂ · H₂O — минерал подкласса слоистых силикатов. Имеет вид зеленовато-серой массы, мягкой и жирной наощупь. Частицы талька чешуйчатой формы с размерами 0,3...10,0 мкм. Степень белизны до 87 %. Применяется в ограниченных масштабах как наполнитель для печатных видов бумаги. Характеризуется повышенным удержанием в бумаге по сравнению с каолином. Бума-

га, наполненная тальком, легче обезвоживается на сетке и быстрее сохнет в сушильной части БДМ, но имеет повышенную пылимость. Добавка в бумажную массу талька производится для борьбы со смоляными затруднениями.

Тамбур — рулон бумаги или картона, наматанный на тамбурный вал наката БДМ (КДМ).

ТАППИ (англ. *Technical Association of the Pulp and Paper Industrie (TAPPI)*) — одна из крупнейших в мире ассоциаций администраторов, руководителей пр-ва, инженеров, ученых и технологов, работающих в пр-вах: целлюлозы, бумаги, картона, бумажно-картонной упаковки, нетканых материалов и в др. родственных отраслях.

Тарельчатые ножи, чашечные ножи — дисковые ножи с вогнутостью в виде тарелки для резки бумаги и картона на продольно-резательных станках.

Твердая древесноволокнистая плита — прессованная ДВП плотностью 800...1000 кг/м³. Вырабатывается с необлагороженной лицевой поверхностью и с лицевым слоем из тонкодисперсной ДМ.

Твинверформ (Twinverform) — двухсеточное формующее устройство, разработанное фирмой «Beloit» (США) — модификация *формующего устройства Инверформ*. Обезвоживание и формование полотна происходит между двумя горизонтальными сетками с использованием отсылающих ящиков — как под нижней, так и над верхней сетками. Оптимальная концентрация массы при напуске 1 %.

Твинтопформер (Twintopformer) — формующее устройство Топформер (Topformer), оснащенное дополнительно второй сеткой.

ТЕА (англ. *TEA — Tensile energy absorbtion*) — абсорбция энергии разрыва — кол-во энергии на единицу площади поверхности бумаги (картона), поглощаемое в процессе растяжения ее до разрыва.

«Тексопринт» — бумага, разработанная фирмой «Kimberly Clark» (США). Состоит из смеси синтетических волокон и белой сульфатной целлюлозы с пропиткой полотна эластомерным латексом и нанесением покровного слоя из наполнителя и связующего. Масса 1 м² 113...267 г. Отличается стабильностью размеров и равномерной толщиной. Хорошо воспринимает печатную краску, устойчива к воздействию воды, жира и масел. Может использоваться для изготовления географических карт, чертежей и документов длительного хранения.

Теплоизоляционные плиты «Крыша» — плиты, получаемые из алюмоборосиликатного стекловолокна с применением в качестве связующего фенолоформальдегидной смолы. Плиты формируются из водной суспензии стекловолокна на вакуумформирующей машине и затем прессуются на гидравлическом прессе с температурой плит до 180 °С. Толщина теплоизоляционных плит «Крыша» 50 мм, плотность 120...150 кг/см³, теплопроводность

0,04 Вт/м К. Применяются в строительных конструкциях.

Термостойкость бумаги, теплостойкость бумаги — показатель стойкости бумаги по отношению к нагреву. Образец бумаги выдерживают в термостате в течение установленного времени при определенном температурном режиме. Термостойкость бумаги выражают в процентах потери механической прочности.

Термоклей, клей-расплав — клей, который состоит из сополимера этилена с винилацетатом с добавкой парафина для снижения температуры плавления (размягчения), эфира канифоли для повышения липкости расплава и термостабилизатора для предотвращения старения клеевой пленки. Применяется главным образом в полиграфической промышленности для бесшвейного скрепления книжных блоков, а также для склеивания бумаги с металлической фольгой при получении дублированных материалов, в пр-ве многослойного картона, клеевых лент, упаковочных видов бумаги. Склеивание осуществляется либо путем нанесения расплавленного термоклей непосредственно перед соединением поверхностей с последующим охлаждением, либо сжатием и нагреванием листов основы с предварительно нанесенным клеевым слоем. Рабочая температура 150...160 °С.

Термолен — термоплавкое синтетическое волокно (сополимер винилхлорида с винилацетатом), используемое при изготовлении пористой неразмокаемой термосвариваемой бумаги для пакетов розовой заварки чая.

Термомеханическая масса (ТММ) — волокнистый полуфабрикат для пр-ва бумаги и картона, получаемый путем термогидролитической обработки щепы под давлением с последующим размолотом на дисковых мельницах.

Тестлайнер — одно или многослойный картон для плоских слоев гофрированного картона, вырабатываемый преимущественно из макулатурной массы, удовлетворяющий требованиям установленных норм.

Технические бумаги — различные виды бумаги, имеющие промышленно-техническое назначение. К ним относятся бумага-основа для шлифовальной шкурки, патронная, фильтровальная, бумага для нитеносителей текстильной промышленности, кабельная, различного типа регистрирующие бумаги и др.

Тиснение бумаги (картона) — изменение фактуры поверхности бумаги (картона) путем нанесения с помощью тиснильного каландра выпуклого, вдавленного или прозрачного рисунка.

Толчая — старинное устройство для размола увлажненного тряпья с целью получения волокнистой массы для изготовления бумаги. Впервые появилась в XIII в. в Италии и применялась в Европе до XVIII в., затем была заменена более производительной машиной — роллом. Состояла из горизонтально укрепленного толстого бревна с несколь-

кими высверленными в нем овальными горшкообразными углублениями. Песты ударяли в находящиеся в углублениях смоченное водой тряпье и измельчали его.

Толщиномер электромагнитный — прибор для измерения толщины полотна бумаги непосредственно на БДМ. Основан на изменении магнитного сопротивления цепи, в разрыв которой включено полотно бумаги. Существуют два вида толщиномера электромагнитного — индуктивные и вихретоковые. Диапазон измерений 25...1250 мкм, погрешность $\pm 2,5$ мкм.

Толь — см. *Кровельный толь с песочной посыпкой*.

Топ-лайнер — картон для плоских слоев гофрированного картона, как правило, с белым верхним слоем, предназначенный для использования в качестве наружного слоя гофрированной тары.

Торшон (фр. *torchon*) — устаревшее название бумаги с шероховатой поверхностью для рисования.

Торшонирование бумаги — см. *Гренирование бумаги*.

Триметиллолмеламин — см. *Меламино-формальдегидная смола*.

Тряпичная полумасса — волокнистый полуфабрикат, получаемый из тряпичных волокон варкой с р-ром гидроксида натрия с последующим полумассным размолом. Может подвергаться отбелке. Применяется для изготовления прочных высококачественных видов бумаги.

Тряпкорубка — машина для измельчения тряпья. По форме и расположению ножей различают тряпкорубки барабанные, гильотинные и с круглыми ножами.

Тряска сетки — поперечно-колебательные движения сеточного стола тихоходных БДМ с целью предотвращения ориентации волокон только в направлении потока массы, а также для дефлокуляции волокон при отливе. Частота тряски сетки обычно составляет 100...200 колебаний в минуту при амплитуде до 15 мм. Существуют тряски сетки одно- и двухзональные.

Турбосепаратор — аппарат для дороспуска макулатуры и удаления тяжелых и легких загрязнений. Оснащен быстроходным ножевым ротором и перфорированным цилиндрическим кожухом, через который отводится годная масса. Легкие загрязнения собираются по оси вращения, а тяжелые отбрасываются к периферии и выводятся из корпуса через специальные патрубки.

Тяжелый шпат — см. *Барит*.

Увлажнительный аппарат, увлажнитель — устройство для увлажнения бумаги на БДМ перед накатом. В зависимости от способа распыления воды различают увлажнительные аппараты щеточные, пневматические, валиковые, а также паровые.

Углен — углеродное волокно, получаемое путем карбонизации целлюлозного волокна при од-

новременном вытягивании без доступа воздуха. Применяется для изготовления электропроводных бумаг.

Углубление (выступ) на пласти древесноволокнистой плиты — дефект в виде местной неровности на пласти ДВП, выделяющийся относительно прилегающей поверхности.

Угол надлома картона — показатель механической прочности картона. Определяется на *приборе Наумана* и выражается в градусах.

Ударная вязкость — показатель механической прочности картона и фибры. Выражается работой, производимой падающим грузом при разрушении испытуемого образца.

Удельная нагрузка на кромки ножей — отношение полезной мощности размола к секундной режущей длине кромок ножей размалывающей гарнитуры. Является характеристикой эффективности работы аппаратов для размола волокнистых полуфабрикатов.

Удельная нагрузка сушильной части, удельный съем воды с сушильной части — показатель работы сушильной части БДМ или КДМ, характеризующий скорость сушки полотна в сушильной части данной машины. Выражается массой воды в килограммах, удаляемой в час с 1 м² соприкасающейся с полотном бумаги поверхности сушильных цилиндров.

Удельная поверхность бумаги — суммарная площадь поверхности единицы массы или объема бумаги. Складывается из внешней (наружная поверхность волокон, частиц наполнителя, клеевого осадка и прочих компонентов бумаги) и внутренней (внутриволоконные поры, а также субмикроскопические поры всех компонентов бумажного листа) поверхностей.

Удельное давление при размоле — нагрузка на 1 см² размалывающей поверхности размольного аппарата.

Удельный объем бумаги (картона) — см. *Пухлость бумаги (картона)*.

Удельный съем воды с сушильной части — см. *Удельная нагрузка сушильной части*.

Удержание массы на сетке бумагоделательной (картоноделательной) машины — отношение кол-ва бумажной массы, поступающей на сетку БДМ (КДМ), к кол-ву массы, прошедшей сквозь сетку, выраженное в процентах.

Удержание наполнителя в бумаге (картоне) — отношение массы наполнителя, содержащегося в бумаге (картоне), к массе наполнителя, введенного в бумажную массу, выраженное в процентах.

Удлинение при растяжении, относительное удлинение — удлинение, измеренное в момент разрыва испытуемого образца бумаги, картона или фибры, когда он растянут в условиях соответствующего стандартного метода испытания. Обычно выражается в процентах от исходной длины.

Узлоловитель — аппарат для очистки бумажной массы от узелков, пучков волокон, плохо раз-

молотых частиц и др. включений. Различают уловители открытого и закрытого типа. Очистка осуществляется путем пропускания массы через сито с узкими целеобразными отверстиями.

Укрывистость — см. *Кроющая способность*.

Ультраформер — формующее устройство КДМ, представляющее собой ряд последовательно расположенных формующих модулей, каждый из которых состоит из участка плоской сетки с гидроролками и примыкающего формующего цилиндра. На каждом модуле может быть получен слой массой 1 м^2 от 60 до 140 г. Затем слои соединяются друг с другом для получения полотна картона заданной толщины. В зависимости от толщины картона скорость ультраформера составляет 80...300 м/мин.

Упаковочный алигнин — см. *Бумага крепированная упаковочная*.

Уравнительный бассейн — см. *Масный бассейн*.

Фальцер — см. *Прибор для определения сопротивления бумаги излому*.

Фартук напускного устройства — лист резинового полотна, соединяющий выпускную щель напорного ящика или грудную доску с сеткой для предотвращения обратного стока массы по грудному валу. Применяется на БДМ, работающих при скорости ниже 80 м/мин.

Фестонная сушилка — см. *Петлевая сушилка*.

Фибрайзер (Fiberizer) — роторно-пульсационный аппарат для дороспуска волокнистой массы. Оборудован тремя дисками с отверстиями, диаметр которых уменьшается от центра к периферии. Один диск — роторный, два — статорных.

Фибра — твердый монолитный целлюлозный материал, образованный из двух и более слоев пергаментированной бумаги-основы путем их спрессовывания, с последующим удалением пергаментирующего агента, промывкой, сушкой и отделкой поверхности.

Фибра гибкая — см. *Фибра касторово-глицериновая*.

Фибра для шлифовальных дисков — фибра, выпускаемая в виде листов или рулонов, предназначенная в качестве основы для изготовления шлифовальных дисков, работающих со скоростью до 55 м/с. Обладает высокими показателями плотности, прочности на разрыв и сопротивления расслаиванию. Толщина 0,7...1,0 мм.

Фибра касторово-глицериновая, фибра гибкая — упругая и эластичная фибра, пропитанная касторовым маслом и глицерином. Предназначена для уплотнений в соединениях металлических конструкций и трубопроводов. Вырабатывается из бумаги-основы, полученной из смеси хлопковой и белевой древесной целлюлозы. Готовая фибра каландрируется.

Фибра поделочная, фибра тарная — гибкая и легкотиснимая фибра, предназначенная для из-

готовления чемоданов, текстильных тазов, ящиков, коробок и др. изделий. Вырабатывается толщиной 0,6...3,0 мм, разных цветов, с невысокими показателями плотности и предела прочности при растяжении и ограниченными показателями эластичности и склейки.

Фибра прокладочная кислородостойкая — фибра, предназначенная для изготовления деталей, соприкасающихся с кислородом. Вырабатывается из бумаги-основы, содержащей 100 % древесной белевой целлюлозы, толщиной 0,6...5,0 мм. Цвет — естественный, без красителя.

Фибра склеенная — фибра, состоящая из нескольких отдельно изготовленных слоев толщиной 3...5 мм, склеенных между собой р-ром фенолоформальдегидной или мочевиноформальдегидной смолы. Склеивание производится в гидравлических прессах при повышенной температуре.

Фибра техническая — легкоштампующая прочная фибра с ограниченной водопоглощаемостью, предназначенная для деталей машин и приборов. Вырабатывается толщиной 0,4...30,0 мм, с нормированным показателем склейки; толщиной до 5 мм вырабатывается монолитной, толщиной от 5 до 12 мм — монолитной или склеенной, свыше 12 мм — склеенной. Цвет красный, черный и натуральный.

Фибра электротехническая — фибра с высокими показателями электрической прочности, применяемая в качестве электроизоляционного материала. Бумага-основа вырабатывается из смеси хлопковой и древесной целлюлозы. Изготавливается толщиной 0,6...30,0 мм, с ограниченными показателями водопоглощаемости и массовой доли хлористого цинка, нормируемым показателем склейки. Имеет цвет естественного волокна.

Фибриды — волокнистые полимерные связующие, применяемые при пр-ве бумаги из синтетических волокон. Температура текучести на 20...30 °С ниже, чем у волокон, полученных из того же полимера. При горячем каландрировании бумаги, изготовленной из смеси волокон и фибридов, при температуре выше температуры текучести фибридов, но ниже температуры плавления волокон происходит образование прочных межволоконных связей. Таким образом, например, получают *арамидную бумагу*.

Фибриллирование волокон волокнистого полуфабриката, фибриллирование волокон — расщепление волокон на фибриллы и микрофибриллы при размоле волокнистого полуфабриката.

Фибриллы — тончайшие целлюлозные нити, составляющие слой вторичной стенки растительного волокна. Отщепляются от поверхности волокна при массном размоле. По размерам разделяются на макрофибриллы (ламели) толщиной 2000 Å и более, основные фибриллы толщиной 300...500 Å и элементарные фибриллы (микрофибриллы) толщиной 50...150 Å. Отщепленные фибриллы создают условия для лучшего переплете-

ния волокон и повышения механической прочности бумажного листа.

Фибрование — основная часть процесса изготовления фибры. Состоит из пропитки одного или одновременно нескольких полотен бумаги-основы р-ром хлорида цинка, соединения и спрессовывания полотен под давлением при повышенной температуре.

Фибровая машина непрерывного действия — установка для получения фибры толщиной до 2,5 мм в рулонах и листах непрерывным способом. Состоит из раската на несколько рулонов бумаги, пропиточной ванны, формующего, прессующего и нескольких охлаждающих цилиндров, ряда расположенных последовательно ванн-диффузоров, цилиндрической сушильной части, двухвального каландра и наката и/или поперечного ножа для нарезания листов.

Фибровая машина периодического действия — устройство для формирования фибры в листах периодическим способом. Состоит из раската, пропиточной ванны, формующего и прессующего цилиндров, приемного стола и механизма для разрезания сьема.

Фибровая трубка — трубка, полученная путем намотки на сердечник полотна пергаментированной бумаги-основы с последующим съемом трубки с сердечника, промывкой, сушкой и отделкой поверхности.

Фибровый слоистый пластик — материал, получаемый путем склеивания листов фибры толщиной 0,3...2,5 мм с помощью фенол-формальдегидной смолы или специальной клеящей пленки в гидравлических прессах с обогреваемыми плитами. Толщина 3...70 мм, прочность клеевого шва 4...10 МПа. Применяется для изготовления уплотнительных и электроизолирующих деталей.

Фиброкартон — сплошной картон, может быть склеенным или несклеенным, часто включает прочный наружный слой (например, из крафтцеллюлозы). Предназначен для производства упаковочных ящиков для упаковки фруктов, упаковочных барабанов и др. прочной тары. Обычно имеет массу 1 м² свыше 600 г.

Филигрань, филигран — 1. Проволочное изображение, укрепляемое на сетке для отлива бумажных листов с целью получения водяных знаков; 2. Водяной знак на бумаге.

Фильтровальная бумага (фильтровальный картон) — материал, имеющий определенные размеры пор, обеспечивающий требуемые значения пропускной и разделительной способности при фильтрации жидкостей и газов. В композицию фильтровальной бумаги (картона) могут входить различные виды целлюлозы, химических и минеральных волокон.

Флатовая бумага — см. *Листовая бумага*.

Флокуляция волокон — образование хлопьев или пучков волокон в бумажной массе, в результате чего получается бумага неоднородной структуры с облачным просветом. Флокуляция воло-

на происходит в результате действия поверхностных сил сцепления волокон, возникающих в силу различных причин: разности электрических зарядов, химических факторов, вызывающих коагуляцию в волокнистой суспензии, и факторов механического характера.

Флотационный способ очистки бумажной массы, деинкинг — способ очистки бумажной массы из макулатуры от частиц печатной краски, заключающийся в насыщении массы воздухом с помощью инжектора, затем пропускания ее через ряд последовательно соединенных флотационных ячеек. Всплывающий шлам подвергается дополнительной флотации для улавливания волокон.

Флюоресцентные отбеливатели — см. *Оптические отбеливатели бумаги (картона)*.

Флютинг — см. *Бумага для гофрирования*.

Фольга — листы или ленты из различных металлов и сплавов, прокатанные до толщины 0,007...0,10 мм. Дублированная с фольгой бумага применяется для упаковочных и декоративных целей. Используются алюминиевая, медная, оловянная и др. виды фольги.

Фонтанирующий (фонтанный) шабер — устройство для мелования бумаги, состоящее из опорного вала и расположенных под ним двух шаберных лезвий, из зазора между которыми снизу наносится покровная масса. При этом само сопло не касается поверхности бумаги. Кол-во наносимой массы регулируется изменением расстояния и угла между лезвиями. Устойчиво работает при скорости движения бумаги до 1200 м/мин.

Формат (листа) — размеры листа, устанавливаемые по ширине и длине в соответствии со стандартами или требованиями потребителей.

Форматный вал — верхний вал пресса *папочной машины*, размеры которого определяют формат вырабатываемого картона.

Формование бумаги (картона) — образование слоя бумаги (картона) путем отлива массы на непрерывно движущейся сетке, или между двумя сетками, или на формирующем цилиндре.

Формующая доска — элемент *сеточного стола* БДМ. Выполняется из дерева или твердой резины и устанавливается вместо первых двух регистровых валиков. Устраняет прогиб сетки, улучшает распределение бумажной массы, уменьшает потери мелкого волокна и частиц наполнителя, способствуя лучшему формированию бумажного полотна.

Формующее устройство Бел-Бей (Bel Bay) — двухсеточное формирующее устройство, разработанное фирмой «Beloit» (США). Струя массы из напорного ящика подается в зазор между сетками. После напуска обе сетки вместе с массой движутся по непроницаемой криволинейной поверхности формирующего башмака, где происходит первичное обезвоживание через верхнюю сетку. Далее сетки попадают на горизонтальный участок, где масса обезвоживается за счет вакуума в отсасыва-

ющих ящиках и затем — на отсасывающем гауч-вале.

Формующее устройство Бел Вакформер (Bel VakFormer) — устройство для изготовления элементарных слоев многослойных бумаги или картона. Состоит из гидравлического напорного ящика, трехкамерного отсасывающего вала и передаточного механизма. Масса 1 м^2 получаемого волокнистого слоя составляет от 20 до 120 г. Рабочая скорость Бел Вакформера — от 120 до 600 м/мин.

Формующее устройство Ватформер (VatFormer) — устройство для образования элементарных слоев многослойного картона для *комбинированной КДМ*. Состоит из напорного ящика, формующего цилиндра и прижимного вала. Концентрация массы в напорном ящике 0,3...1,0 %, рабочая скорость до 150 м/мин, масса 1 м^2 элементарного слоя 25...110 г.

Формующее устройство Вертиформ (VertiForm) — формующее устройство, конструкция которого основана на принципе обезвоживания бумажного полотна между двумя вертикально расположенными сетками при движении поступающей массы между сетками сверху вниз. У каждой сетки имеется система отсасывающих камер.

Формующее устройство Инверформ (InverForm) — формующее устройство, сеточный стол которого состоит из одной нижней сетки и одной (при выработке однослойной бумаги) или нескольких (по числу слоев бумаги или картона) верхних сеток. Масса из напорного (ых) ящика (ов) подается в зазор между двумя сетками и вода из образующегося бумажного (картонного) полотна удаляется, таким образом, одновременно в двух направлениях: вверх и вниз.

Формующее устройство Паприформер (PapiFormer) — формующее устройство, конструктивной особенностью которого является наличие трех расположенных один над другим валов (грудного, формующего и гауча), на которые надеты две сетки. Масса подается в зазор между сетками и обезвоживается, проходя по поверхностям формующего и отсасывающего гауч-вала. Максимальная скорость 1200 м/мин при выработке газетной бумаги.

Формующее устройство Симформер (SimFormer) — двухсеточное формующее устройство фирмы «Valmet» («Metso Paper») для выработки газетной и санитарно-гигиенических видов бумаги на скоростях до 1250 м/мин. Основано на сочетании обезвоживания на плоской сетке в начальной зоне и интенсивного удаления воды через верхнюю сетку с помощью изогнутого формующего башмака — на последующей стадии обезвоживания. Благодаря такой конструкции структура верхней и нижней поверхностей полотна идентичны.

Формующее устройство с наклонной сеткой — формующее устройство для производства мокрым способом бумаги и нетканых материалов из растительных, минеральных и синтетических воло-

кон длиной до 12 мм. Основной особенностью является наклонно-восходящая сетка, над которой установлен напорный ящик для массы низкой концентрации (нижний предел около 0,01 %). Начало зоны обезвоживания находится не после напускного устройства, как в БДМ, а в самом напорном ящике. Рабочая скорость устройства 100...300 м/мин.

Формующее устройство Спидформер (SpeedFormer) — двухсеточное формующее устройство, предназначенное для выработки газетной бумаги пониженной массы 1 м^2 на скоростях до 1500 м/мин. Имеет короткую плоскосеточную зону и отсасывающий формующий вал, на котором происходит основное обезвоживание массы и удаление воды.

Формующее устройство Топформер (TopFormer) — устройство, устанавливаемое над длинной сеткой для формования дополнительного слоя (слов) бумаги или картона. Состоит из ступенчатого диффузорного напорного ящика и короткой сетки, огибающей четырехкамерный вакуум-формующий цилиндр. С нижней ветви сетки волокнистый слой передается на ранее сформованное на длинной сетке полотно. Существуют модификации с двумя сетками, между которыми и происходит обезвоживание массы (*Твинтопформер*).

Форпресс — см. *Предварительный пресс*.

Фортрап — см. *Вихревой очиститель*.

Фосфогипс — отход пр-ва экстракционной фосфорной кислоты, основным компонентом которого является CaSO_4 . Белизна фосфогипса 82...87 %, показатель преломления 1,54. Применяется в составе меловальных суспензий для грунтования обоев и выработки мелованной бумаги.

Фотобумага — см. *Бумага фотографическая*.

Фотометр — фотоэлектрический аппарат для определения белизны и светопропускаемости бумаги. Степень белизны испытуемого образца бумаги выражается в процентах от белизны эталона.

Фотообои, картинные обои — бумажные обои, рисунок которых образует панно, состоящее из четырех, шести, восьми или двенадцати отдельных листов. Каждый лист представляет собой часть рисунка панно. Печатаются на бумаге массой 1 м^2 150...200 г.

Фотоподложка — см. *Бумага основа фотобумаги*.

Фракционирование массы для изготовления бумаги (картона) — разделение массы на фракции по длине волокон. Осуществляется с помощью сортировок и фракционаторов.

Фрикционный каландр — см. *Каландр фрикционный*.

Фрикционный накат — устройство с осевой намоткой полотна бумаги в рулон. Скорость намотки регулируется при помощи фрикционной муфты или скользящего ремня.

Фротапальпер (Frotapulper) — двухвинтовой аппарат для предварительного размола волокни-

тых полуфабрикатов при высокой концентрации. Позволяет эффективно разделять полуфабрикат на отдельные волокна без существенного их укорочения. Применяется при переработке отходов сортирования и макулатуры, а также в качестве смесителя.

Фэбрик пресс — см. *Пресс с подкладной сеткой*.

Химико-термомеханическая масса (ХТММ) — волокнистый полуфабрикат для пр-ва бумаги и картона, получаемый путем совместной химической и термогидролитической обработки и размола щепы в две ступени под давлением. Выход ХТММ из исходного сырья составляет для древесины хвойных пород 91...96 %, для древесины лиственных пород 88...95 %.

Химические волокна — волокна, получаемые из продуктов химической переработки природных полимеров (искусственные волокна, например, вискозные) или из синтетических полимеров (синтетические волокна, например, полиамидные, полиакрилонитрильные и др.). Выпускаются в виде мононити, штапельного волокна или пучка из множества тонких нитей, соединенных путем крутки. Применяются для пр-ва бумаги и нетканых материалов, а также для изготовления *одежды БДМ*. Для производства бумаги используются химические волокна длиной 4...12 мм.

Химический размол бумажной массы — введение в бумажную массу веществ, в определенной степени заменяющих гидратирующее действие размола на волокна и при этом придающих бумаге необходимые свойства (увеличение механической прочности и влагопрочности). Позволяет снизить расход электроэнергии при размоле.

Хлорид цинка, хлористый цинк, $ZnCl_2$ — соль, водный р-р которой применяется в качестве пергаментирующего агента при пр-ве *фибры*. Рабочая концентрация 68...72,5 %. Товарный хлорид цинка обычно поставляется с концентрацией 45...50 %, поэтому перед употреблением подвергается упариванию. Токсичен. ПДК в России по иону цинка для водоемов, используемых для различных нужд населения — 1,0 мг/л, для водоемов, имеющих рыбохозяйственное значение, — 0,01 мг/л.

Хлорированный парафин, хлорпарафин — продукт реакции парафина с хлором. Применяется для пропитки бумаги. Делает ее водонепроницаемой, трудновоспламеняемой и инсектицидной.

Хлорцианиод — водный р-р хлорида цинка, йодида калия и йода. Применяется для окрашивания волокнистого препарата при микроскопическом определении состава бумаги по волокну. Окрашивает хлопковые, льняные и пеньковые волокна в вино-красный цвет, древесную целлюлозу — в сине-фиолетовый, древесную массу — в соломенно-желтый и т. д.

Холодильный цилиндр — цилиндр с медной рубашкой и водяным охлаждением, расположенный в конце сушильной части БДМ. Предотвращает

пересыхание бумаги, несколько увлажняет ее и снимает статическое электричество с ее поверхности.

Целлюлоза — 1. Клетчатка — высокомолекулярный углевод (полисахарид), основная составная часть клеточной стенки растений. Состав ее может быть выражен формулой $(C_6H_{10}O_5)_n$. Число элементарных звеньев (n) в цепи, в зависимости от растительного материала, может быть различным: от 2000 до 10 000. 2. Волокнистый полуфабрикат, получаемый путем химико-термической обработки растительных материалов, в результате которой удаляется большая часть неволокнистых веществ. Применяется для пр-ва бумаги, картона и для химической переработки.

Целлюлоза высокого выхода (ЦВВ) — волокнистый полуфабрикат, получаемый обычными методами делигнификации растительного сырья с последующим полумассным размолом и отличающийся от технической целлюлозы более высоким выходом за счет меньшего удаления гемицеллюлоз и лигнина. Сульфатная ЦВВ с выходом 55...58 % применяется в пр-ве тарного картона и некоторых видов бумаги, сульфитная ЦВВ с выходом 65...72 % — в композиции газетной бумаги, тарного картона и др.

Целлюлоза сульфатная — техническая целлюлоза, получаемая сульфатной варкой древесины. Отличается высокой механической прочностью, широко применяется в небеленом и беленом виде для пр-ва различных видов бумаги и картона, для химической переработки.

Целлюлоза сульфитная — техническая целлюлоза, получаемая различными способами сульфитной варки. Основные виды целлюлозы сульфитной — небеленая, беленая, для химической переработки.

Целлюлоза техническая — волокнистый полуфабрикат, получаемый варкой растительного сырья с р-рами химикатов, в результате которой удаляется большая часть нецеллюлозных компонентов: лигнин, гемицеллюлоза, экстрактивные вещества.

Целлюлозная вата — см. *Бумага медицинская крепированная*.

Центриклинер — см. *Конический вихревой очиститель*.

Центрискрин (англ. *centry-screen*) — узлоловитель закрытого типа, работающий под давлением до 60 КПа, предназначенный для окончательной очистки бумажной массы.

Центробежный очиститель, гидроклон — аппарат для очистки бумажной массы от инородных включений, плотность которых больше плотности волокна (песок, металлические и др. тяжелые включения). Основан на разделительной способности центробежной силы.

Центробежный размольный аппарат (ЦРА) — см. *Мельница Иокро*.

Цеолекс — синтетический наполнитель, представляющий собой осажденный аморфного строения силикат алюминия и магния. Отличается высокой белизной (97...99 % по Эльрефо), большой удельной поверхностью, низким абразивным действием. Применяется, часто — в сочетании с другими наполнителями, для введения в бумажную массу и в составе покрытий.

Церезин — смесь твердых предельных углеводородов состава $C_{37}H_{76}...C_{53}H_{108}$; похож на воск, плавится при температуре 68...88 °С. Получают очисткой горного воска (озокерита) или из нефтяного сырья. Применяют для обработки упаковочной бумаги и коробочного картона для придания им водонепроницаемости.

Циклон закрытого типа, барабанная песочница — аппарат для очистки бумажной массы от тяжелых и грубых примесей. Масса поступает под давлением в верхнюю часть вертикально установленного цилиндра с коническим дном и в очищенном виде выходит через внутренний конусообразный патрубок вверху. Загрязнения скапливаются в конической части и периодически выбрасываются. Применяется при переработке макулатуры.

Чашечные ножи — см. *Тарельчатые ножи*.

Черпальная форма — деревянная рамка с натянутой на ней сеткой; служит основным приспособлением для ручного отлива (черпания) бумаги.

Число Бендтсена — показатель гладкости (шероховатости) бумаги, определяемый на аппарате Бендтсена.

Чистоцеллюлозная бумага (картон) — см. *Бумага (картон) без древесной массы*.

Чулук, маншон — бесшовный рукав из плотной шерстяной ткани, надеваемый на верхний вал *гауч-пресса* или на вал пресса БДМ. Впервые применен в 1812 г. Т. Коббом. Различают чулок валяный и тканый.

Шабер (от нем. *schaben* — скоблить) — устройство для постоянного поддержания в чистом состоянии поверхности сушильных цилиндров, прессовых валов БДМ, а также для снятия слоя волокнистой массы, крепирования бумаги и др. Применяется также в шаберных меловальных устройствах. Состоит из жесткой трубы или балки, к которой крепится гибкое металлическое лезвие длиной, равной длине цилиндра (вала).

Ширина бумагоделательной (картоноделательной, обезвоживающей) машины — см. *Полезная ширина бумагоделательной (картоноделательной, обезвоживающей) машины*.

Ширина рулона бумаги (картона) — размер полотна бумаги (картона) в рулоне, измеренный в поперечном направлении.

Ширина сеточного стола — ширина, определяемая *необрезной шириной бумаги* на накате БДМ. Выражается обычно в миллиметрах.

Шоппер-Риглера градус (°ШР) — условная единица степени помола волокнистой массы, принятая для аппарата Шоппер-Риглера.

Шпалька, марзан — деревянный (реже виниловый или фибровый) брусок, вкладываемый в канавку стола бумагорезательной машины (стопорезки) с целью предохранения лезвия ножа от быстрого затупления.

Штриховой метод определения степени проклейки — метод, заключающийся в нанесении рейсфедером на поверхность бумаги параллельных штрихов специальными чернилами и определении максимальной ширины (в миллиметрах) штриха, не расплывающегося и не проходящего на обратную сторону листа. Разница между шириной соседних штрихов составляет 0,25 мм, длина штрихов 75 мм, расстояние между штрихами не менее 17 мм. Оценивают результаты при помощи лупы.

Эгутер — см. *Равнитель*.

Эжекционное горячее прессование древесноволокнистых плит — способ прессования ДВП малой плотности, при котором предварительно подпрессованный волокнистый ковер загружается в гидравлический пресс, имеющий плиты с отверстиями для подачи пара. Перегретый пар подается непосредственно на ДВП в течение 8...15 с, затем в течение 75...82 с производится окончательное горячее прессование. По сравнению с обычным горячим прессованием продолжительность цикла короче на 60...70 %.

Экстракторный пресс — элемент многоцилиндровой КДМ, заменяющий обычные предварительные прессы. Состоит из нижнего пустотелого сетчатого вала и верхнего обычного вала, облицованного резиной. Преимуществом является лучшее обезвоживание полотна картона, чем на предварительных прессах, а недостатком — сильная маркировка полотна картона сеткой и большая нагрузка на съемное сукно.

Электризация бумаги (картона) — образование на поверхности бумаги электростатического заряда под влиянием трения при ее выработке и переработке. Может служить причиной пожаров из-за возникновения искр. Загруждает переработку бумаги. Слипимость электризованных листов бумаги иногда называют «магнитностью». Для устранения электризации бумаги на БДМ устанавливают специальные устройства для снятия статического заряда.

Электрокартон — см. *Картон электроизоляционный*.

Электрокинетический потенциал целлюлозы, дзета-потенциал целлюлозы — потенциал, возникающий на границе раздела твердой и жидкой фазами волокнистой суспензии. Зависит от многих факторов: содержания инкрустирующих веществ, зольности, степени разработки волокон при размоле, pH среды и др. Имеет большое зна-

чение в процессах пр-ва бумаги (формовании, проклейке, наполнении, крашении и пр.).

Электронакат — устройство с осевой намоткой бумаги в рулон. Скорость вращения наматываемого рулона регулируется при помощи отдельного электродвигателя трехфазного тока последовательного возбуждения при неизменном натяжении бумажного полотна.

Элементарный слой бумаги (картона) — один из нескольких волокнистых слоев бумаги (картона), образующихся на сетке БДМ (КДМ), спрессованных во влажном состоянии в полотно нужной толщины.

Эмульсер — аппарат для приготовления эмульсий (например, эмульсии высокосмоляного клея, парафина и др.).

Энсонит — см. *Строительный картон*.

Энтшгиппер — роторно-пульсационный аппарат для дороспуска волокнистой массы. Рабочий орган — роторные и статорные кольца с выступами. Зазор между выступами статора и ротора составляет около 1 мм. Частота вращения ротора 1500 или 3000 мин⁻¹.

Эркенсатор (нем. *Erkensator* — по фамилии изобретателя *Erkens*) — аппарат для очистки длин-

новолокнистой массы от посторонних тяжелых загрязнений, которые отделяются при помощи центробежной силы.

Этикетка — изделие, наносимое на продукт или упаковку с целью их идентификации, маркировки, декорирования и защиты от вскрытия и подделки.

Эффективность фильтрования — комплекс показателей, характеризующих способность фильтровальной бумаги задерживать частицы механических или иных примесей.

Юнискрин (UnisKreen) — напорная сортировка с вращающимся ситом. Применяется для грубого сортирования различных волокнистых полуфабрикатов при концентрации 2,0...2,5 %.

Янки-машина — см. *Самосъемочная бумагоделательная машина*.

Янки-цилиндр — сушильный цилиндр большого диаметра (до 5 м) самосъемочной БДМ, позволяющий получать бумагу односторонней гладкости или крепированную (например, туалетную бумагу). См. также *Лощильный цилиндр*.

О Г Л А В Л Е Н И Е

<p>1. Технология бумаги и картона 7</p> <p>1.1. Классификация видов бумаги и картона (<i>В. И. Комаров, Л. А. Галкина</i>) —</p> <p>1.2. Свойства бумаги (<i>В. И. Комаров</i>) 11</p> <p>1.3. Полуфабрикаты для производства бумаги и картона (<i>В. И. Комаров</i>) 17</p> <p>1.3.1. Главные свойства технической целлюлозы 19</p> <p>1.3.2. Бумагообразующие свойства основных волокнистых полуфабрикатов 27</p> <p>1.4. Размол волокнистых материалов (<i>Л. Н. Лаптев, Е. Е. Савицкий</i>) 36</p> <p>1.4.1. Общие сведения по теории процесса размола —</p> <p>1.4.2. Факторы процесса размола 37</p> <p>1.4.3. Системы и оборудование для размола 39</p> <p style="padding-left: 20px;">1.4.3.1. Оборудование для роспуска привозных полуфабрикатов —</p> <p style="padding-left: 20px;">1.4.3.2. Дисковые мельницы 42</p> <p style="padding-left: 20px;">1.4.3.3. Размалывающая гарнитура для дисковых мельниц 46</p> <p style="padding-left: 20px;">1.4.3.4. Конические мельницы 48</p> <p style="padding-left: 20px;">1.4.3.5. Оборудование для размола при высокой концентрации 50</p> <p style="padding-left: 20px;">1.4.3.6. Безножевые аппараты для размола 51</p> <p>1.4.4. Экономия электроэнергии при размоле 53</p> <p>1.5. Проклейка бумаги и картона в массе (<i>И. Н. Ковернинский</i>) 57</p> <p>1.5.1. Современные представления о процессе проклейки в массе —</p> <p>1.5.2. Влияние основных факторов на качество проклейки 59</p> <p>1.5.3. Укрепленные клеи на основе продуктов модификации канифоли 62</p> <p>1.5.4. Вспомогательные материалы —</p> <p>1.5.5. Оптимизация применения коагулянтов и качества проклейки бумаги 64</p> <p>1.5.6. Методы технологического контроля качества клеев 65</p> <p>1.5.7. Контроль степени проклейки готовой продукции 71</p> <p>1.5.8. Сравнение методов определения степени проклейки бумаги 73</p> <p>1.5.9. Проклейка бумаги в нейтральной и щелочной средах 74</p> <p style="padding-left: 20px;">1.5.9.1. Химикаты для проклейки бумаги и картона в нейтральной среде 75</p> <p style="padding-left: 20px;">1.5.9.2. Факторы, влияющие на проклейку бумаги в нейтральной среде 78</p> <p>1.6. Наполнение бумажной массы (<i>А. С. Смолин</i>) 83</p> <p>1.6.1. Виды наполнителей и их характеристики —</p> <p>1.6.2. Удержание наполнителей в бумаге 87</p> <p style="padding-left: 20px;">1.6.2.1. Определение степени удержания наполнителей —</p> <p style="padding-left: 20px;">1.6.2.2. Теоретические основы механизма удержания наполнителей —</p> <p style="padding-left: 20px;">1.6.2.3. Системы фиксации наполнителей 89</p> <p style="padding-left: 20px;">1.6.2.4. Влияние технологических параметров на удержание наполнителей 90</p> <p>1.6.3. Влияние наполнителей на ход технологических процессов и свойства бумаги 91</p>	<p>1.7. Технология подготовки бумажной массы к отливу (<i>С. Г. Виноградова, М. В. Ванчаков</i>) 95</p> <p>1.7.1. Технологические схемы подготовки бумажной массы к отливу —</p> <p>1.7.2. Аккумулирование бумажной массы в машинных бассейнах 98</p> <p>1.7.3. Разбавление бумажной массы 99</p> <p>1.7.4. Очистка массы 100</p> <p>1.7.5. Сортирование массы 102</p> <p>1.7.6. Деаэрация бумажной массы 104</p> <p>1.8. Оборудование для подготовки бумажной массы к отливу (<i>Л. Н. Лаптев, А. И. Глазунов</i>) 108</p> <p>1.8.1. Машинные бассейны для аккумуляции бумажной массы —</p> <p>1.8.2. Оборудование для очистки бумажной массы 109</p> <p>1.8.3. Оборудование для сортирования бумажной массы 117</p> <p>1.8.4. Оборудование для деаэрации бумажной массы 120</p> <p>1.9. Формование бумажного и картонного полотна (<i>А. С. Смолин</i>) 123</p> <p>1.9.1. Напускные устройства —</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.1.1. Функции напускных устройств —</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.1.2. Анизотропия бумажного листа 124</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.1.3. Концентрация массы в напускных устройствах 125</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.1.4. Требования к современным напускным устройствам —</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.1.5. Напорные ящики закрытого типа 126</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.1.6. Напорные ящики гидродинамического типа 128</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.1.7. Напускные устройства для многослойного отлива 132</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.1.8. Напускные устройства для бумажной массы повышенной концентрации —</p> <p>1.9.2. Обезвоживание в сеточной части бумаго- и картоноделательных машин 133</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.2.1. Общая характеристика процесса формования —</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.2.2. Основы расчета обезвоживания (по материалам СПбГТУРП) —</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.2.3. Обезвоживающие элементы сеточного стола 136</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.2.4. Сетки бумагоделательных машин 141</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.2.5. Формование и качество продукции 145</p> <p>1.9.3. Формующие устройства 148</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.3.1. Зоны формования —</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.3.2. Формование бумажного полотна при двухстороннем обезвоживании 150</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.3.3. Формующие устройства для бумаги 153</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.3.4. Многослойное формование картона 156</p> <p style="padding-left: 20px;">1.9.3.5. Альтернативные способы формования бумаги 161</p> <p>1.10. Прессование бумажного полотна (<i>А. Б. Коновалов</i>) 163</p> <p>1.10.1. Назначение прессовой части бумагоделательных и картоноделательных машин и требования к ней —</p>
--	---

1.10.2. Классификация прессов бумагоделательных и картоноделательных машин	164	1.11.4.3. Холодильники	237
1.10.3. Современные представления о прессовании бумажного полотна	-	1.11.4.4. Вакуумные водокольцевые насосы	238
1.10.4. Основные факторы, определяющие эффективность прессования	166	1.11.4.5. Конденсатоотводчики	240
1.10.5. Типы прессов	170	1.11.5. Вентиляция сушильной части машины	-
1.10.5.1. Валковые прессы	-	1.11.5.1. Физические свойства влажного воздуха	-
1.10.5.2. Прессы с удлиненной зоной прессования	181	1.11.5.2. Классификация систем технологической вентиляции бумагоделательных машин	242
1.10.6. Передача бумажного полотна из сеточной части в прессовую часть	183	1.11.5.3. Устройство вентиляционного колпака закрытого типа	244
1.10.7. Бомбировка прессовых валов. Валы с регулируемым прогибом	186	1.11.5.4. Устройство технологической и общеобменной систем вентиляции сушильной части	-
1.10.8. Покрытия прессовых валов	189	1.11.5.5. Построение процессов вентиляции сушильной части на Id-диаграмме	248
1.10.9. Прессовые сукна	192	1.11.5.6. Теплорекуперация отработавшей паровоздушной смеси	251
1.10.10. Кондиционирование прессовых сукон	195	1.11.5.7. Теплоуловители в схеме рекуперации тепла	252
1.10.11. Прессовые части современных бумагоделательных и картоноделательных машин	199	1.11.6. Материальный и тепловой балансы сушильных частей бумагоделательных машин	253
1.11. Сушка бумаги (<i>А. П. Бельский</i>)	204	1.11.6.1. Расход тепла и пара на сушку бумаги	-
1.11.1. Общие данные	-	1.11.6.2. Формулы для расчета материального и теплового балансов сушильных частей бумагоделательных машин	255
1.11.2. Кинетика и тепломассообмен при сушке бумаги на многоцилиндровых установках	208	1.11.6.3. КПД сушильной установки	256
1.11.2.1. Кинетика сушки	-	1.11.7. Обработка бумажного полотна в сушильной части	258
1.11.2.2. Доля охвата сушильного цилиндра и длина свободного хода полотна бумаги	209	1.11.7.1. Микрокрепирование бумаги	-
1.11.2.3. Интенсивность испарения влаги в сушильной части машины	210	1.11.7.2. Конвективный сушильный шкаф	259
1.11.2.4. Влияние степени помола и композиции массы на скорость сушки	211	1.11.7.3. Клеильные прессы	260
1.11.2.5. Влияние массы 1 м ² бумаги на производительность сушильной части	-	1.11.8. Интенсификация процесса сушки бумаги	261
1.11.2.6. Влияние начальной влажности (сухости) бумажного полотна на скорость сушки	-	1.11.8.1. Снижение влажности бумажного полотна перед сушкой	-
1.11.2.7. Влияние давления одежды машины на интенсивность сушки	212	1.11.8.2. Повышение давления греющего пара в сушильных цилиндрах	263
1.11.2.8. Тепломассообмен на сушильных цилиндрах	-	1.11.8.3. Сушка бумаги в поле высокой и сверхвысокой частоты	-
1.11.3. Многоцилиндровые сушильные установки	214	1.11.8.4. Колпаки скоростной сушки и коррекционные колпаки	264
1.11.3.1. Описание сушильной установки	-	1.11.8.5. Фильтрационная сушка	266
1.11.3.2. Компоновка сушильной части	216	1.11.8.6. Термопанки	-
1.11.3.3. Разделение сушильных цилиндров на приводные группы	218	1.11.8.7. Радиационно-конвективная сушка бумаги	267
1.11.3.4. Сушильный цилиндр	-	1.12. Отделка материалов на бумаго- и картоноделательных машинах (<i>А. С. Смолин</i>)	270
1.11.3.5. Подшипники сушильных цилиндров	220	1.12.1. Общие положения	-
1.11.3.6. Паровые головки	222	1.12.2. Виды отделочного оборудования	271
1.11.3.7. Устройства для удаления конденсата из цилиндров	223	1.12.2.1. Полусухой каландр	-
1.11.3.8. Шаберы цилиндров и валов	226	1.12.2.2. Лоцильный цилиндр	-
1.11.3.9. Сушильные сетки и сукна	227	1.12.2.3. Крепирующие и микрокрепирующие устройства	273
1.11.3.10. Безобрывная проводка бумажного полотна	229	1.12.2.4. Клеильный пресс	274
1.11.4. Пароконденсатные системы сушильных установок	231	1.12.2.5. Машинные каландры	275
1.11.4.1. Описание пароконденсатных систем	-	1.12.2.6. Мягкие каландры	280
1.11.4.2. Водоотделитель	236	1.12.2.7. Накат	283
		1.13. Баланс воды и волокна на бумагоделательной машине (рациональная схема водопользования на машине) (<i>В. К. Дубовый</i>)	287

1.13.1. Основные принципы составления баланса воды и волокна	287	2.2.2.5. Термопластичные полимеры . . .	318
1.13.2. Основные методики расчета баланса	288	2.2.3. Пигменты, применяемые при обработке бумаги и картона	320
1.13.3. Водопользование на бумагоделательной машине	290	2.2.4. Модификаторы, или технологические добавки	326
1.13.3.1. Виды свежей производственной воды и ее потребление	—	2.2.5. Реологические свойства покровных и пропитывающих композиций	329
1.13.3.2. Основные принципы использования оборотной воды	293	2.3. Основные элементы (модули) технологических схем, применяемых при обработке бумаги и картона	332
1.13.3.3. Замыкание водооборота и локальная очистка оборотных вод	295	2.4. Способы и устройства, применяемые для обработки бумаги и картона	336
Литература	299	2.4.1. Клейильный пресс	337
2. Технология обработки бумаги и картона (<i>Э. Л. Аким, Л. Г. Махотина</i>)	303	2.4.2. Пленочный клейильный пресс	338
2.1. Механическая технология обработки бумаги и картона	304	2.4.3. Нанесение покрытий при помощи валиков	339
2.1.1. Обработка на суперкаландре	—	2.4.4. Нанесение покрытий при помощи шаберов	340
2.1.2. Обработка на мягких каландрах	—	2.4.5. Спысковый и «curtain-coating» методы нанесения покрытий	343
2.1.3. Лощение бумаги	305	2.4.6. Нанесение покрытий на кашировальных машинах	344
2.1.4. Тиснение бумаги	306	2.4.7. Экструзионное нанесение покрытий на бумагу	345
2.2. Физико-химическая технология обработки бумаги и картона	307	2.4.8. Нанесение покрытий с помощью фильтры	347
2.2.1. Физико-химические явления, возникающие в процессе нанесения покрытий и пропитки бумаги и картона	—	2.4.9. Нанесение покрытий с использованием заранее полученной пленки (ламинирование)	348
2.2.2. Полимеры, применяемые при обработке бумаги и картона	310	2.4.10. Устройства для пропитки бумаги и картона	349
2.2.2.1. Водорастворимые полимеры [6]	—	Литература	351
2.2.2.2. Латексы	314	Приложение. Терминологический словарь по бумаге и картону (<i>В. Ф. Неволин, В. И. Крупин</i>)	352
2.2.2.3. Дисперсии полимеров для поверхностной проклейки бумаги и картона	316		
2.2.2.4. Кремнийорганические полимеры	317		

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЯ
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО
ПРОИЗВОДСТВА

В трех томах

Том II

ПРОИЗВОДСТВО БУМАГИ И КАРТОНА

Часть первая

Технология производства и обработки бумаги и картона

Заведующая редакцией *Е. В. Шарова*
Редактор *Л. М. Манучарян*
Технический редактор *Т. М. Жилич*
Корректоры *Т. Н. Гринчук, Е. П. Смирнова,*
Н. В. Соловьева, З. С. Романова
Компьютерная верстка *С. В. Барашкова,*
Т. М. Каргапольцева, Ю. А. Окунева

Сдано в набор 16.02.2005. Подписано в печать 29.04.2005.
Формат издания 60×90^{1/8}. Бумага офсетная. Гарнитура SchoolBook.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 53,0 Уч.-изд. л. 54,4 Тираж 1000 экз.
Заказ 1329.

ОАО «Издательство «Политехника»»
191023, Санкт-Петербург, Инженерная ул., 6.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП РК «Республиканская типография им. П. Ф. Анохина».
185005, г. Петрозаводск, ул. «Правды», 4.