

Глава VII

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

КЛАССИФИКАЦИЯ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

В условиях социалистического планового хозяйства Советского Союза в наиболее полной степени осуществляется принцип непрерывной холодильной цепи. Он включает разнообразные холодильные сооружения и установки — холодильники в местах заготовки и потребления пищевых продуктов, охлаждаемые железнодорожные вагоны, холодильный автотранспорт и суда-рефрижераторы.

Все звенья холодильной цепи важны для сохранения скоропортящихся пищевых продуктов, но основными являются холодильники.

Холодильником называется специальное производственное сооружение, предназначенное для холодильной обработки и хранения пищевых продуктов. По функциональному признаку различают производственные, заготовительные, базисные, распределительные, портовые и смешанные холодильники.

Производственные холодильники входят в состав пищевых комбинатов (рыбокомбинат, мясокомбинат), являясь их цехом.

На заготовительных холодильниках, находящихся в районах заготовки пищевых продуктов, осуществляется первичная холодильная обработка сырья и продуктов, в результате которой последним придаются свойства, необходимые для хранения. Однако длительное хранение продукции не является функцией заготовительных холодильников. На базисных холодильниках создаются необходимые запасы и производится хранение пищевых продуктов. Продукция поступает в них с первых двух холодильников и по мере образования запаса отправляется в районы потребления.

Распределительные холодильники предназначены для длительного хранения пищевых продуктов, их сооружают в городах и крупных населенных пунктах. Это обычно холодильники боль-

шой единовременной емкости, обеспечивающие равномерное в течение всего года снабжение населения пищевыми продуктами необходимого ассортимента. На распределительные холодильники продукты поступают с холодильников первых трех типов и поэтому обработка их (охлаждение, замораживание), как правило, не входит в их функции.

Портовые холодильники предназначены для кратковременного хранения продуктов при перегрузке их с одного вида транспорта на другой, а также при экспорте и импорте скоропортящихся продуктов.

Эта классификация носит условный характер; очень часто холодильники, относящиеся к той или иной группе, выполняют более широкие функции, чем операции, вытекающие из принадлежности их к данной группе. Так, например, производственные и заготовительные холодильники одновременно являются и распределительными по отношению к тому городу или населенному пункту, в котором они находятся. Функции распределительного холодильника часто выполняются портовым холодильником. Кроме того, на распределительных и портовых холодильниках иногда производится холодильная обработка продуктов, и для этого на них устанавливают соответствующее оборудование. Такие холодильники, на которых систематически осуществляют операции, присущие холодильникам различных типов, называются смешанными.

При проектировании холодильников необходимо возможно полнее учитывать местные условия и экономическую целесообразность совмещения различных холодильных процессов в одном холодильнике, поскольку этим предопределяются не только функции холодильника, но и его основные элементы (планировка, техническое оснащение и т. д.).

Типичными рыбопромышленными холодильниками являются производственные и заготовительные.

Холодильник характеризуется единовременной емкостью камер хранения, суточной производительностью по охлаждению и замораживанию продуктов, а также типом и часовой производительностью холодильной установки. Под единовременной емкостью холодильника понимают вместимость всех камер хранения, выраженную в тоннах условной продукции, которой размещается 350 кг в 1 м³ грузового объема холодильной камеры.

Холодильники по единовременной емкости можно разделить на три группы: крупные — емкостью 10000 т и выше, средние — от 500 до 10000 т и мелкие — от 10 до 500 т.

Холодильники рыбной промышленности в большинстве относятся к средним, однако в составе их имеются крупные (например, Владивостокский, Находкинский, Петропавловский на

Камчатке) и мелкие (емкостью 100, 200, 300 т). Суточная производительность по охлаждению и замораживанию продуктов определяется способностью устройств и аппаратов, а также холодильной машины произвести охлаждение или заморозить то или иное количество продукции в тоннах за сутки.

На рыбопромышленных холодильниках рыба и другие водные объекты промысла охлаждают с целью снабжения населения охлаждаемой продукцией или аккумуляции сырья для ее вторичной обработки. Производительность холодильника по охлаждению зависит от суточного поступления сырья на холодильник. Обычная производительность по замораживанию от 5 до 60 т/сутки рыбы, однако в крупных рыбных морских портах есть холодильники со значительно большей суточной замораживающей способностью. Соответственно единовременной емкости и суточной производительности на рыбопромышленных холодильниках применяют главным образом аммиачные одноступенчатые и двухступенчатые холодильные машины большой и средней холодопроизводительности.

ПРОЕКТНОЕ ЗАДАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ

Проектирование холодильников производится по плановому заданию, выдаваемому заказчиком проектной организации. Плановое задание должно содержать общую характеристику холодильника, районов строительства и обслуживания. В процессе составления планового задания производятся изыскательские работы, целью которых является получение сведений о районе и площадке строительства предприятия (данные, характеризующие сырье и график его поступления; наличие и стоимость электроэнергии, пара, горячей воды и топлива; сведения об источниках водоснабжения и водостоках, данные о грунтах площадки строительства холодильника, сейсмичности района; метеорологические данные; данные о стройматериалах, кадрах строительных рабочих, жилищном и культурно-бытовом строительстве в районе, о путях сообщения и др.).

Последовательно разрабатываемой проектной документацией является проектное задание и технический проект. Проектное задание составляется для выявления технической возможности и экономической целесообразности строительства или реконструкции холодильника. Проектное задание должно содержать разработки (основные решения) в технологической, энергетической, механической, транспортной, строительной, санитарно-технической и экономической частях.

В соответствии с проектным заданием разрабатывается технический или техно-рабочий проект холодильника, содержащий

более подробную и взаимно увязанную инженерную разработку всех его разделов. Проект холодильника состоит из двух частей: расчетно-пояснительной и графической.

В расчетно-пояснительную часть входят: технико-экономическое обоснование строительства холодильника с данными, характеризующими экономику района, сырье, предназначенное к обработке, и график его поступления в течение года. Эта часть проекта должна содержать обоснование мощности (емкости, производительности) предприятия и характеристику готовой продукции, продуктовый расчет и расчет необходимого штатного состава квалифицированных рабочих и специалистов.

В техническом проекте разрабатывается детальная схема технологического процесса и контроля производства, производится расчет и выбор технологического оборудования. Основной частью проекта является планировка с расчетом площадей и емкости камер, калорический расчет, а также расчет и выбор холодильного оборудования с обоснованием системы охлаждения.

В техническом проекте должны быть выявлены основные решения по строительным конструкциям, произведены расчеты и подбор тепловой изоляции (ограждений, аппаратов и трубопроводов), разработаны важнейшие мероприятия по технике безопасности и охране труда; он должен содержать калькуляцию себестоимости готовой продукции, спецификации основного оборудования, сметы и выводы по эффективности проектируемого предприятия.

Графическая часть состоит из генплана; схемы технологических процессов; планов и разрезов здания холодильника с размещением на них оборудования машинного и аппаратного отделения — в плане и разрезах; схем холодильной установки; чертежей строительных и изоляционных конструкций; графиков поступления сырья и выпуска готовой продукции.

Рассмотрим наиболее важные элементы проектирования применительно к рыбопромышленным холодильникам.

Расчет производительности и емкости холодильника

Производительность или пропускную способность холодильника по охлаждению и замораживанию определяют на основании графика поступления сырья на холодильник; исходной расчетной величиной обычно принимается максимальное месячное поступление сырья

$$A = n \frac{G_{\text{м.ч}}}{30} \tau,$$

где A — производительность холодильника, $t/сутки$;
 n — коэффициент неравномерности поступления сырья, величину которого принимают с учетом местных условий, обычно 1,2—1,3;
 $G_{м.м}$ — максимальное месячное поступление сырья, t ;
 30 — число дней в месяце.

Единовременную емкость камер (или аппаратов) охлаждения и замораживания для обеспечения их бесперебойной работы определяют по продолжительности охлаждения или замораживания с учетом времени, необходимого для загрузки и выгрузки продуктов

$$B = AZ,$$

где B — единовременная емкость камер холодильной обработки, t ;
 Z — продолжительность холодильной обработки (охлаждения или замораживания) с учетом времени загрузки и выгрузки продуктов, сутки.

Продолжительность холодильной обработки зависит от способа охлаждения или замораживания, температуры среды, а также рыбы — в начале и конце процесса, формы и величины продукта и т. д. Продолжительность охлаждения рыбы может быть рассчитана теоретически или определена экспериментальным путем.¹ В виде примера укажем, что мерный судак во льду, в количестве 50% от веса рыбы, от 20 до 0° охлаждается за 5 час. 10 мин., а до 5° — 1 час. 50 мин.; при 75% льда к весу рыбы $Z_{0^{\circ}}^{20^{\circ}} = 2$ час. 18 мин., а $Z_{5^{\circ}}^{20^{\circ}} = 1$ час. 08 мин., при 100% льда к весу рыбы $Z_{0^{\circ}}^{20^{\circ}} = 2$ час. 14 мин., а $Z_{5^{\circ}}^{20^{\circ}} = 1$ час. 03 мин.

Продолжительность замораживания рыбы весом до 3 кг на стеллажах при температуре в камере не выше -23° от 5 до -18° составляет около 8 часов, от 15 до -18° — 18 часов, соответственно для рыбы весом более 3 кг — 18—48 часов.

В скороморозильных воздушных аппаратах интенсивного действия при тех же условиях продолжительность замораживания в среднем составляет 4,5 часа и в многоплитных соответственно 1,5—3 часа.

По рассчитанной единовременной емкости камер охлаждения и замораживания определяется ориентировочная площадь их, которая затем уточняется по фактически необходимой площади для размещения аппарата или установки.

¹ В. П. Зайцев. Холодильное консервирование рыбных продуктов, Пищепромиздат, 1956

Единовременную емкость камер хранения определяют исходя из условий их оборачиваемости. Для холодильников в Европейской части нашей страны продукция, накопленная в заготовительном холодильнике, вывозится за 20—30 суток; для отдаленных рыбопромысловых районов Дальнего Востока и особенно Камчатки этот срок значительно больше и может быть принят до 60 дней. Тогда

$$B = mA,$$

где B — единовременная емкость камер холодильника, т;
 m — оборачиваемость в днях (от 20 до 60 дней);
 A — производительность, т/сутки.

При определении емкости необходимо различать строительную и грузовую кубатуру камер, которые подсчитывают — первую по строительной площади и высоте, вторую — по грузовой площади и высоте.

Строительную площадь определяют по внутренним размерам камеры, включая колонны, но без площади тамбуров и воздухоохладителей. Строительная высота измеряется расстоянием от пола до потолка при безбалочном перекрытии и от пола до нижней поверхности балок при перекрытии с балками.

Грузовая площадь меньше строительной на величину площади, занятой колоннами, и площади, приходящейся на отступы от стен на расстоянии 0,3 м и охлаждающих батарей на расстоянии 0,4 м.

Грузовой высотой камеры считают расстояние от пола до верха штабеля. Если в камере отсутствуют потолочные батареи или воздушные короба, то расстояние от потолка до верха штабеля составляет 0,2 м; при наличии потолочных батарей или воздушных коробок расстояние от верха штабеля до потолочной батареи составляет 0,4 м, а до воздушных коробок — 0,3 м.

Расчет площадей основных производственных помещений

Площади камер охлаждения, замораживания и хранения определяют по единовременной емкости и удельным нагрузкам на единицу площади или объема. Единовременную емкость камер хранения рассчитывают по поступлению сырья, она может быть заданной величиной.

Площадь камеры охлаждения или воздушного замораживания находят по формуле

$$F_{\text{оз}} = \frac{B}{\delta} \beta,$$

где $F_{оз}$ — площадь камеры охлаждения или воздушного замораживания, $м^2$;
 δ — удельная нагрузка на $1 м^2$ камер охлаждения или замораживания, $т$;
 β — коэффициент увеличения площади, учитывающий отступы от стен, проходы и отступы от установленного в камере оборудования.

Удельную нагрузку для камер охлаждения рыбы (при охлаждении во льду) принимают равной $\delta = 150—200 кг$ на $1 м^2$, т. е. $\delta = 0,15—0,20 т/м^2$; для камер замораживания рыбы (при стеллажном замораживании) $\delta = 0,1 т/м^2$.

Если замораживание производится в скороморозильных аппаратах интенсивного действия (воздушные) $\delta = 0,5 т/м^2$. Значения β можно принимать для камер охлаждения 1,2; для камер замораживания 1,3—1,4.

Площадь камеры хранения замороженной рыбы определяют аналогичным способом, т. е.

$$F_{кх} = \frac{B}{b} \beta м^2,$$

где B — единовременная емкость камеры хранения, $т$;
 b — удельная нагрузка на $1 м^2$ для камер хранения мороженой рыбы, $т$.

Удельную нагрузку принимают равной $b = 0,8—1 т/м^2$, а для филе — до $1,4 т/м^2$. Более точные значения удельной нагрузки для камер хранения рыбы и рыбных продуктов установлены в расчете на $1 м^3$ грузового объема. Удельная нагрузка приведена в табл. 32.

Таблица 32

Удельная нагрузка на $1 м^3$ грузового объема

Охлаждаемые помещения	Удельная нагрузка, $т/м^3$
Камеры хранения мороженой рыбы	0,35—0,45
Камеры хранения слабо и среднесоленой рыбы, пресервов и маринадов	0,37
Камеры хранения рыбы горячего копчения	0,30
Камеры хранения икры осетровой, зернистой, паюсной, лососевой и частиковой — соленой	0,28
Камеры хранения балыков, копченых и провесных из осетровых, а также кулинарии	0,30
Универсальные камеры, камеры хранения лососевых и в ящиках	0,35
Аккумуляторы	0,25
Ледохранилища	0,80
Камеры хранения мороженого филе и рыбы блочной заморозки	0,45
Камера хранения рыбных консервов	0,50

При пользовании этими нормами сначала определяют необходимую кубатуру соответствующих камер, а затем уже их площадь.

$$\text{Объем камер хранения } V_{\text{к.х}} = \frac{B}{P} \text{ м}^3.$$

Задавшись высотой этажа холодильника (например, 3~4, 2 м), легко определить площадь камеры

$$F_{\text{к. х}} = \frac{V_{\text{к. х}}}{h} \beta \text{ м}^2.$$

Планировка рыбопромышленных холодильников

Рыбопромышленные холодильники являются сложными сооружениями; главные части их — помещения для холодильной обработки рыбы (камеры или установки для охлаждения или замораживания рыбы) камеры хранения продукции, машинные и аппаратные отделения, льдогенераторы и ледохранилища.

Охлаждаемые помещения холодильных сооружений для уменьшения теплопритоков защищают тепловой изоляцией. Для поддержания оптимального температурного режима их оборудуют приборами, компенсирующими внешние теплопритоки и тепловыделения внутри камер. Машинные и аппаратные отделения обычно размещают в отдельном помещении, примыкающем к одной из сторон холодильника. Иногда они включаются в общий контур холодильника, но тепловой изоляции для них не требуется.

Кроме перечисленных основных помещений в холодильниках предусматривают помещения для приемки сырья, сортировочные, упаковочные экспедиции, хранения запаса тары и вспомогательные (ремонтные мастерские, конторские помещения, комнаты для отдыха и приема пищи рабочего персонала, душевые, туалеты). Состав и размеры этих помещений устанавливают в зависимости от величины холодильника, графика его работы и назначения.

Теплопередающая наружная поверхность холодильника должна быть возможно меньше, поэтому целесообразной его формой будет куб; однако это требование не является единственным и конфигурация здания определяется с учетом следующих наиболее важных требований: достаточный фронт приема сырья и выпуска готовой продукции; поточность технологического процесса холодильной обработки и наиболее рациональная организация всех потоков (сырья, готовой продукции, тары, льда); высокий коэффициент использования площади холодильника.

При разработке планировки холодильника следует учитывать также необходимость увязки проектируемых на нем технологических процессов с процессом смежных производственных предприятий (в условиях рыбокомбината).

Рыбопромышленные холодильники обычно проектируют в виде самостоятельных одноэтажных или многоэтажных зданий, без окон, в форме прямоугольника с соотношением сторон 1:2. Грузовые платформы (причальная линия судов, железнодорожная и автогужевая платформа) располагают вдоль его больших сторон. В подвальном или полуподвальном этажах для предотвращения промерзания и вспучивания грунта размещают камеры хранения охлаждаемых грузов с температурой не ниже -2° .

В многоэтажных холодильниках помещают морозильные камеры, приемочные, экспедиции — в первом этаже; подъемники для грузов — в центре здания или возле грузовых платформ.

Вопрос об этажности холодильника должен решаться в зависимости от площадки строительства и местных условий; обычно холодильники проектируют емкостью до 4000—5000 т одноэтажными, большей емкости — многоэтажными. При размещении различных помещений холодильника необходимо учитывать строительную сетку здания (пролеты между осями колонн) так, чтобы перегородки между отдельными камерами и другими помещениями проходили по возможности по центру колонн.

Размеры камер назначают, исходя из необходимой емкости по тому или иному виду продукции, но стремятся к камерам большой емкости.

Камеры площадью до 100 м^2 относятся к малым, площадью $100—500 \text{ м}^2$ — к средним и площадью $500—1500 \text{ м}^2$ — к большим. Высоту камер принимают равной 2,8—3,2 м, а при наличии подвесных путей 3,6—4,2 м.

Двери в камерах проектируют стандартного размера, шириной не менее 1,2 и высотой 1,94 м. Шахты подъемников грузоподъемностью 2 т имеют размеры в плане $3,15 \times 3,25 \text{ м}$ при кабине $2,4 \times 3 \text{ м}$.

Если район строительства холодильника является перспективным в отношении дальнейшего развития данной отрасли пищевой промышленности, то планировка холодильника должна предусматривать возможность его расширения, которое можно осуществить путем пристройки или надстройки холодильника и пристройки машинного отделения. Для этого должна быть зарезервирована территория на площадке строительства.

К планировке холодильника приступают, предварительно определив перечень основных и вспомогательных помещений,

произведя расчет необходимых площадей и приняв общее решение о расположении холодильника и машинного отделения на площадке строительства и размещении в здании основных помещений (приемной, аккумулятора, морозильных камер, камер хранения, экспедиции).

При проектировании холодильников имеется несколько типичных планировочных решений, схематически показанных на рис. 121.

В холодильнике с коридорами по всему периметру (рис. 121, а) охлаждаемые помещения как бы ограждены тепловым барьером, и камеры, соединенные коридорами, размещаются удобно для грузовых операций. Однако планировка малоэкономична, так как площадь изолированного контура недостаточно используется для технологической обработки и хранения продукции.

При планировке, показанной на рис. 121, б, достигается еще большая связь между холодильными помещениями, но вместе с тем использование площади ухудшается, а стоимость строительства холодильника увеличивается.

Планировка холодильника (рис. 121, в) с двумя коридорами по его продольным сторонам (один приемный, другой выпускной) и центральным соединительным между ними удобна для заготовительного холодильника, так как в продольных коридорах можно сосредоточить значительное количество грузов при приемке сырья и выпуске готовой продукции, а внутренний соединительный коридор позволяет в случае

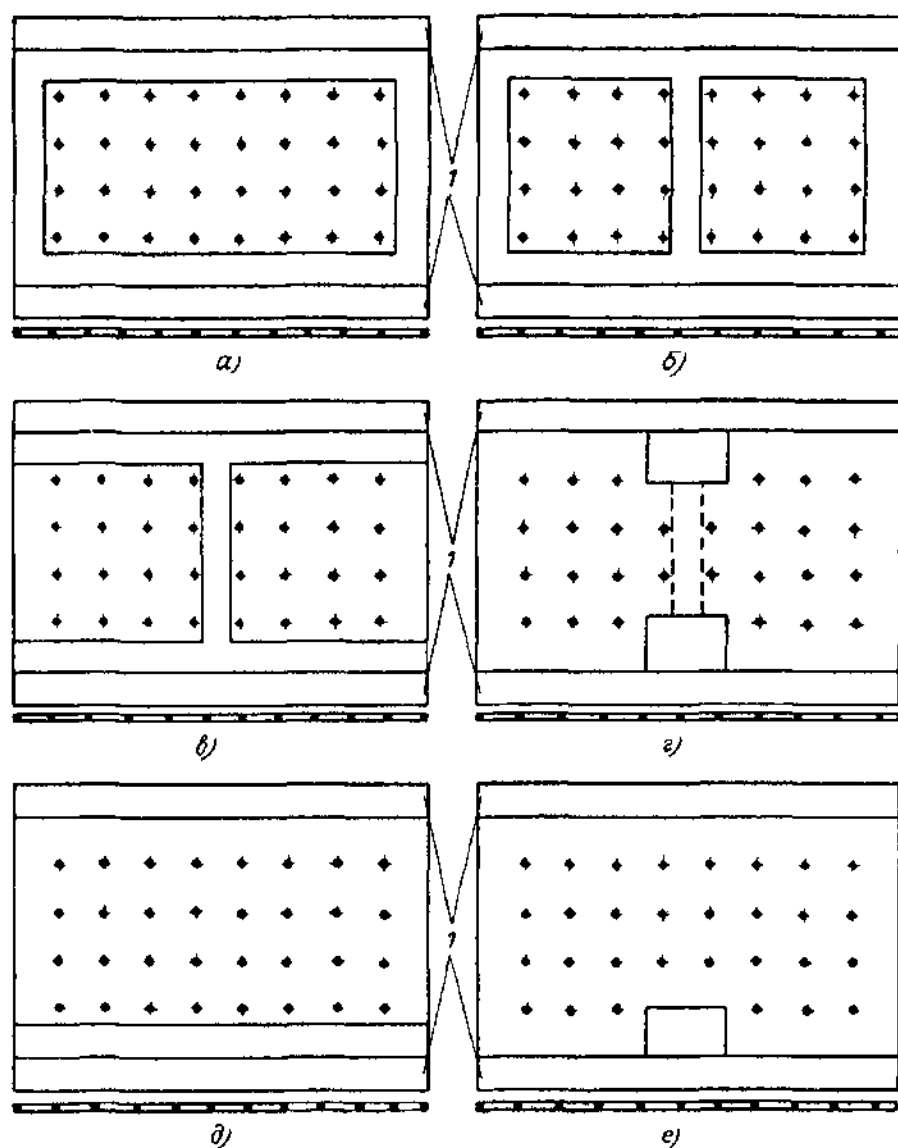


Рис. 121. Планировки рыбопромышленных холодильников

необходимости отправлять их с обеих платформ. Этот вариант планировки по стоимости и рациональному использованию холодильной площади немногим лучше, чем первый и второй.

Планировка с тамбурами по продольным сторонам и соединительным коридором между ними более целесообразна с точки зрения использования охлаждаемых помещений и при равномерном поступлении сырья на холодильник (рис. 121, з).

Холодильник с одним коридором (рис. 121, д) по продольной стороне или средним, соединяющим платформы, экономнее по стоимости строительства, но в эксплуатационном отношении планировка мало удобна и затрудняет организацию поточного производственного процесса

В планировке холодильников с тамбурами и вестибюлями отсутствуют коридоры, а тамбуры или вестибюли предусматривают в местах удобных для организации поточного процесса производства. Частным случаем такого планировочного решения для холодильников небольшого грузооборота является холодильник с одним тамбуром в центральной части по продольной стороне здания (рис. 121, е). Планировки холодильников с тамбурами и вестибюлями обеспечивают лучшее использование охлаждаемой площади, более экономное строительство и эксплуатационные удобства при организации поточного производственного процесса. В зависимости от конкретных условий, назначения холодильника и его особенностей, в основу планировки могут быть положены и первые варианты

Одним из важнейших показателей экономичности планировки является использование охлаждаемых помещений по прямому назначению для холодильной обработки сырья и хранения готовой продукции.

Коэффициентом использования площади холодильника называется отношение полезной площади (занятой под обработку, хранение, упаковку), без вычета колонн, ко всей площади включая колонны.

Чем совершеннее планировка холодильника, тем выше коэффициент использования площади, однако значение его зависит также от величины холодильника, и эта зависимость прямая. Обычно для мелких холодильников коэффициент использования площади $\eta_x = \text{около } 0,7$; площадью от 500 до 1000 м² $\eta_x = 0,75—0,8$; от 1000 до 3000 м² $\eta_x = 0,8—0,85$ и более крупных $\eta_x = 0,85$ и выше

Рассмотрим некоторые типовые проекты производственно-заготовительных рыбопромышленных холодильников, а также проект одного из новых больших рыбопромышленных холодильников, разработанные в последние годы Гипрорыбпромом

Характерные проекты рыбопромышленных холодильников

Холодильник емкостью 300 т и производительностью по замораживанию рыбы 20 т/сутки (рис. 122) предназначен для приема свежей рыбы от рыболовецких колхозов и государствен-

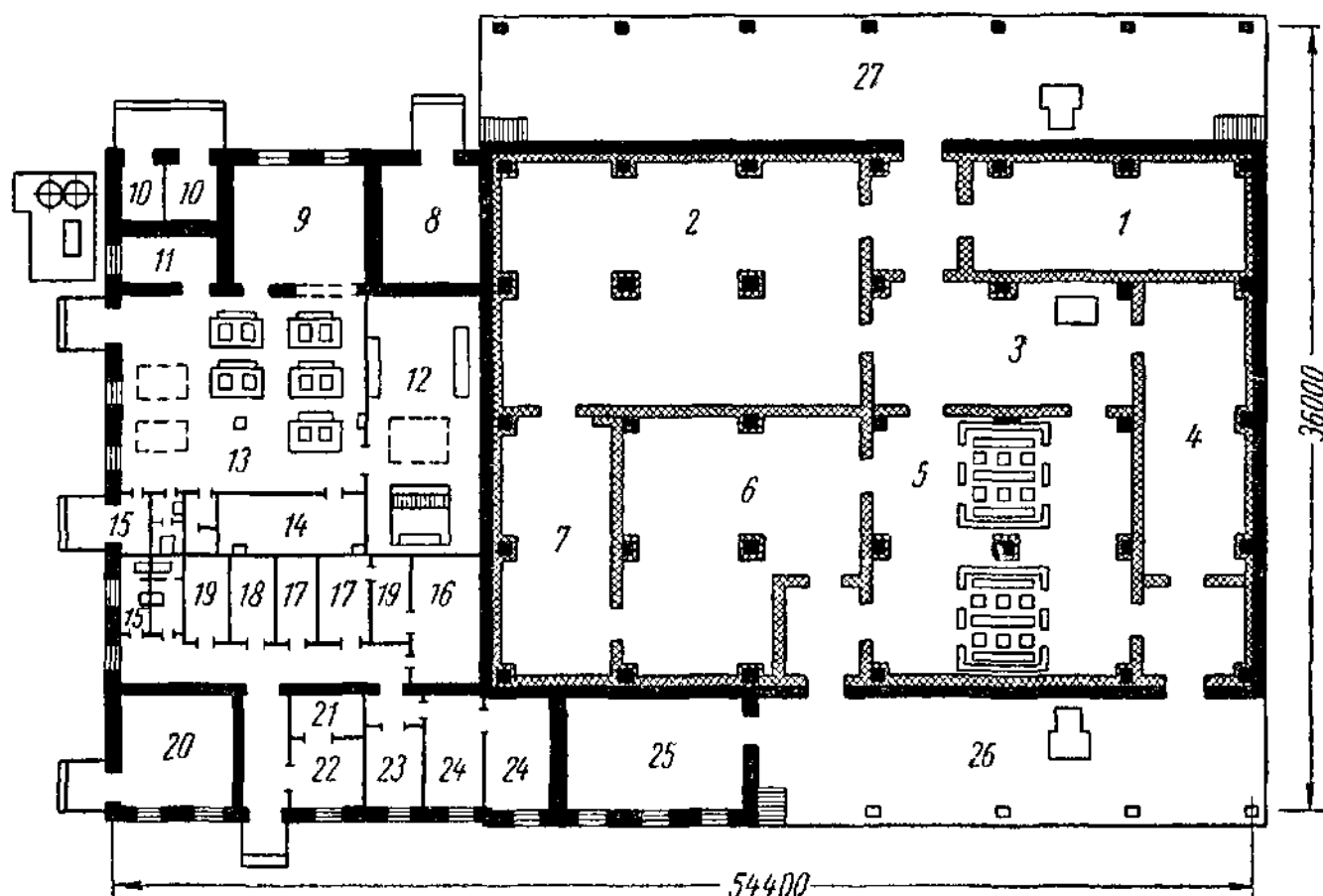


Рис. 122. Планировка холодильника емкостью 300 т и производительностью по замораживанию рыбы 20 т/сутки:

1, 2 — камеры хранения мороженой рыбы, 3 — упаковочная камера, 4 — универсальная камера, 5 — морозильный цех, 6 — аккумулятор, 7 — ледохранилище, 8 — распределительное устройство, 9 — щитовая, 10 — трансформаторная, 11 — механическая мастерская, 12 — льдогенераторная, 13 — машинное отделение, 14 — насосная, 15 — уборные, 16 — душевая, 17 — гардеробная, 18 — кладовая, 19 — сушилка, 20 — котельная, 21 — курительная, 22 — помещение для обогрева рабочих, 23 — медпункт, 24 — контора, 25 — мойка инвентаря, 26 — приемная платформа, 27 — разгрузочная платформа

ных рыбодобывающих организаций, замораживания, кратковременного хранения и отгрузки готовой продукции в районы потребления. Он является самостоятельным предприятием, т. е. заготовительным холодильником, но может также входить в состав предприятий рыбокомбинатов и рыбозаводов на положении цеха.

Для снабжения льдом рыболовецких судов, отправляющихся на промысел, предусмотрена установка льдогенератора. Искусственный лед используется и для временного хранения свежей рыбы в аккумуляторе или для производства охлажденной рыбы.

Суточная производительность льдогенератора 9 т, емкость ледохранилища 90 т и аккумулятора рыбы 50 т. Холодильник одноэтажный.

С рыболовецких судов рыбу доставляют на крытую приемную платформу, затем в камеру замораживания. Если рыбы по-

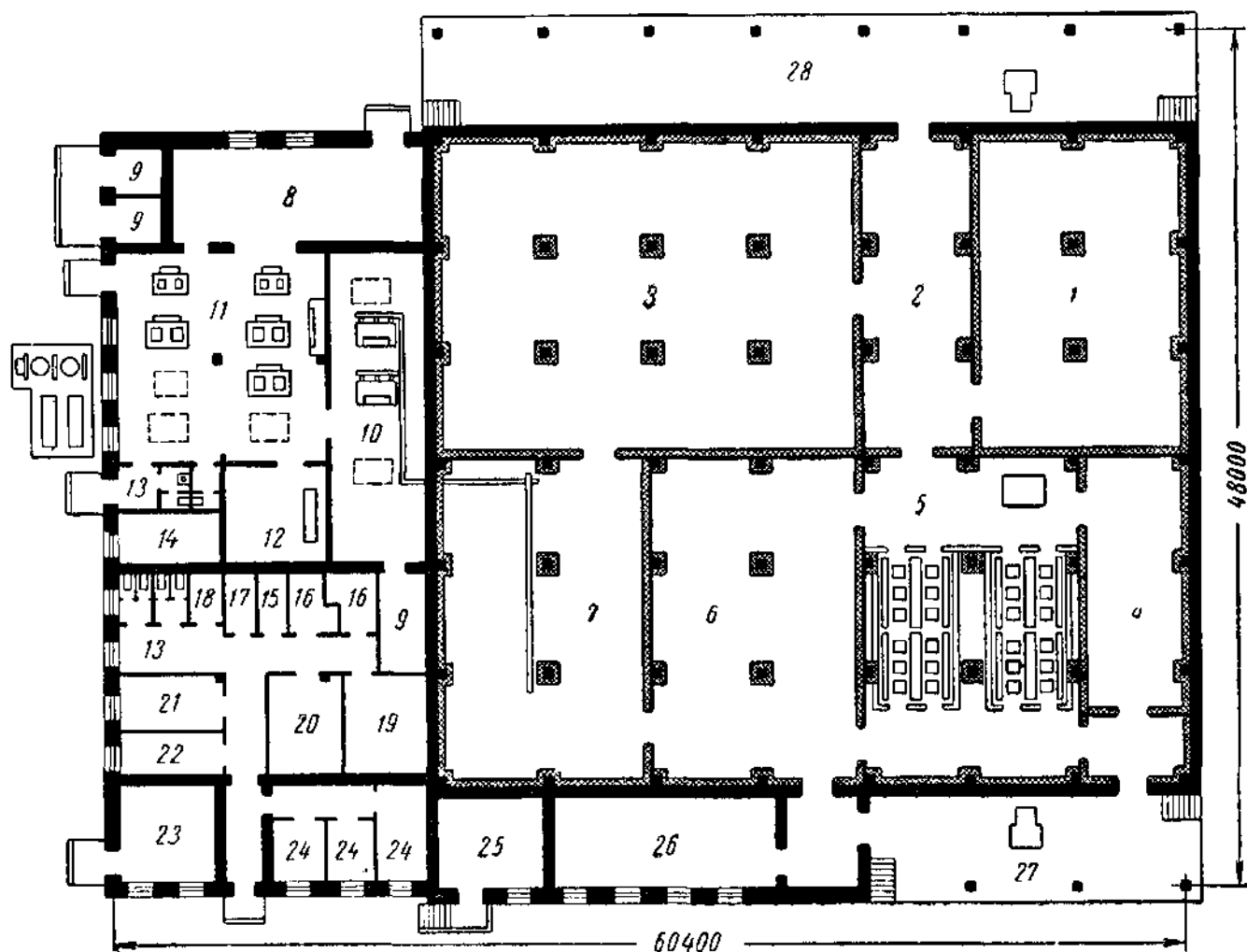


Рис. 123. Планировка холодильника емкостью 500 т и производительностью по замораживанию 30 т/сутки:

1, 3 — камеры хранения мороженой рыбы, 2 — вестибюль, 4 — универсальная камера, 5 — морозильный цех, 6 — аккумуляторная, 7 — ледохранилище, 8 — щитовая, 9 — трансформаторная, 10 — льдогенераторная, 11 — машинное отделение, 12 — насосная, 13 — уборная, 14 — механическая мастерская, 15 — водонагревательная, 16 — душевая, 17 — кладовая, 18 — сушилка, 19 — гардеробная женская, 20 — гардеробная мужская, 21 — медпункт, 22 — помещение для обогрева рабочих, 23 — котельная, 24 — контора, 25 — малая платформа, 26 — ящично-сколоточная мастерская, 27 — приемная платформа, 28 — разгрузочная платформа

ступило больше суточной замораживающей способности холодильника, ее направляют в аккумулятор. Здесь ее раскладывают в ящики, в которых равномерно пересыпают льдом.

В камере замораживания установлены скороморозильные аппараты воздушного действия системы ВНИХИ. Замороженную рыбу после упаковки в упаковочной загружают в камеры хранения, смежные с ней. Одна из трех камер хранения универсального типа и может быть использована для хранения других пищевых продуктов (мясо, масло и т. д.).

Готовую продукцию из камер хранения погружают на отгрузочную платформу и далее грузят в железнодорожные вагоны или автотранспорт.

Льдогенератор и ледохранилище расположены удобно по отношению к машинному отделению и аккумулятору. Из ледохранилища лед направляют потребителям или в аккумулятор.

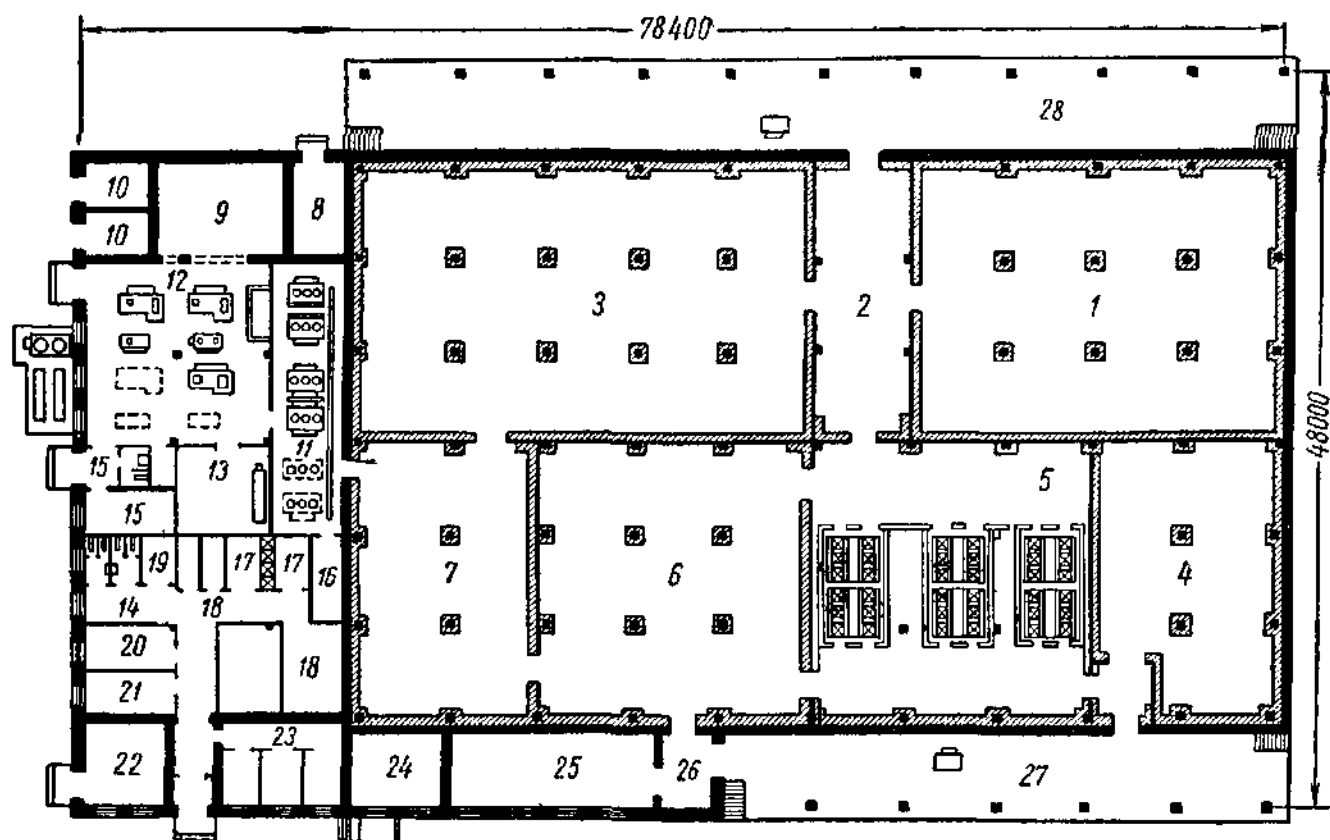


Рис. 124. Планировка холодильника емкостью 1000 т и производительностью по замораживанию 60 т/сутки:

1, 3 — камеры хранения мороженой рыбы, 2 — вестибюль, 4 — универсальная камера, 5 — морозильный цех, 6 — аккумулятор, 7 — ледохранилище, 8 — распределительное устройство, 9 — щитовая, 10 — трансформаторная, 11 — льдогенераторная, 12 — машинное отделение, 13 — насосная, 14 — уборные, 15 — механическая мастерская, 16 — водонагревательная, 17 — душевая, 18 — гардеробная, 19 — сушилка, 20 — медпункт, 21 — помещение для обогрева рабочих; 22 — котельная, 23 — контора, 24 — материальный склад, 25 — ящично-сколоточная мастерская, 26 — приемная, 27 — приемная платформа, 28 — разгрузочная платформа

К изолированному контуру холодильника слева примыкают машинное отделение и льдогенератор.

Платформы расположены по продольным сторонам холодильника, приемная — со стороны причалов судов и отгрузочная — с противоположной стороны, к которой подходит железнодорожная ветка.

Приемная платформа частично застроена бытовыми и вспомогательными помещениями. В связи с большой потребностью холодильника в энергии и паре, в блоке с машинным отделением запроектированы трансформаторная подстанция и котельная. В холодильнике предусмотрены два тамбура — угловой со

стороны приемной платформы и в центральной части со стороны железнодорожной платформы.

Планировка холодильников емкостью 500 т, производительностью по замораживанию 30 т/сутки, емкостью 1000 т, производительностью по замораживанию 60 т/сутки показаны на рис. 123 и 124.

В холодильниках вместо тамбура со стороны железнодорожной платформы запроектированы вестибюли, в которых можно упаковывать готовую продукцию и через которые последняя выдается с холодильника.

Суточная производительность льдогенераторов соответственно 18 и 36 т, емкость льдохранилища 150 и 200 т и аккумулятора 80 и 120 т.

Основные показатели типовых одноэтажных холодильников

По всем описанным холодильникам (емкостью 300, 500 и 1000 т) основные решения в строительной части приняты, исходя из условий ровной площадки, имеющей сухой непучинистый грунт с нагрузкой 2 кг/см². Предполагается, что предприятие снабжается электроэнергией и водой со стороны, а сточные воды сбрасываются вне площадки, без очистных сооружений.

Здания холодильников запроектированы с железобетонным сборным каркасом и самонесущими стенами из кирпича или шлакоблоков. Фундаменты под колоннами — сборные, железобетонные, стаканного типа, фундаменты под стенами — бетонные из пустотных блоков; перегородки — кирпичные. Колонны приняты сборные железобетонные, с консолями для укладки сборных железобетонных прогонов.

Полы холодильника и платформ — асфальтовые, в машинном отделении и санузлах — из метлахской плитки, в бытовых помещениях — дощатые. Термоизоляция стен, колонн и покрытия запроектирована из минеральной пробки, а полов — из минерального шлака. Кровельное покрытие — из крупнопанельного ребристого настила, кровля — бесчердачная, рулонная.

Максимальный вес сборных железобетонных элементов 3 т, поэтому их собирают с помощью автокрана или крана на гусеничном ходу со стрелой 16,5 м и грузоподъемностью 3 т.

В табл. 33 приводится строительная характеристика описанных холодильников, а также холодильников емкостью 50, 100 и 200 т с морозильными установками производительностью соответственно 5, 10 и 15 т/сутки и льдозаводами — 5, 6 и 9 т/сутки.

В холодильниках принят следующий температурный режим: в камерах хранения мороженой рыбы — 18°, льдохранилище — 4° и аккумуляторе — 0°.

Таблица 33

Строительная характеристика холодильников

Показатели	Емкость холодильников, т					
	50	100	200	300	500	1000
Площадь застройки (без платформ), м ²	405	590	961	1568	2636	3202
Площадь застройки (с платформами), м ²	519	862	1151	1906	3014	3806
Строительный объем, м ³	1938	2943	4641	9018	16097	19588
Площадь основных производственных помещений, м ²	207	420	663	763	1256	1853
Сетки колонн, м	6×6	6×6	6×6	6×6	6×6	6×6

Замораживание рыбы осуществляют в аппаратах системы ВНИХИ, в которых процесс длится 2,5—4 часа. Камеры хранения рыбы оборудуют пристенными, оребренными батареями с внутренней циркуляцией аммиака.

Для обеспечения работы замораживающих аппаратов и температурного режима хранения мороженой рыбы запроектированы установки двухступенчатого сжатия, которые скомплектованы из компрессоров марки 4АУ-15 и 2АВ-15 завода «Компрессор», для работы льдогенераторов одноступенчатые машины из компрессоров тех же марок.

Холодильные установки снабжены приборами автоматического поддержания температур в камерах хранения и приборами защиты компрессоров от аварий. В камерах хранения установлены регуляторы температуры в комплекте с соленоидными вентилями на трубопроводах жидкого холодильного агента. Когда температура воздуха в камере понижается на 0,5° против заданной, регулятор температуры, управляющий соленоидным вентилем, размыкает электрическую цепь, вентиль закрывается, прекращая подачу жидкого аммиака в батареи. Если температура воздуха в камере наоборот повышается, регулятор температуры замыкает цепь управления соленоидного вентиля, последний открывается, увеличивая подачу жидкого агента в батарею камер.

Морозильные аппараты снабжены автоматикой, контролирующей нормальное заполнение испарительной системы жидким аммиаком — дистанционными указателями уровня в контакте с соленоидными вентилями.

Компрессоры снабжены регуляторами давлений всасывания и нагнетания, датчики которых установлены на всасывающей и нагнетательной сторонах компрессора. Регуляторы тем-

пературы сжатых паров холодильного агента устанавливаются на нагнетательной стороне компрессора. Эти приборы обеспечивают выключение компрессоров, если давление нагнетания превышает 18 *ата*. Компрессоры прекращают работу также, когда температура сжатых паров агента будет выше 140 или ниже 60°.

Если один компрессор машины двухступенчатого сжатия по той или иной причине останавливается, автоматически выключается и другой компрессор. В камерах хранения монтируют установку дистанционного контроля температур — телетермометрическую станцию.

В табл. 34 приводится основное холодильное оборудование этих холодильников.

Таблица 34

Оборудование холодильников

Оборудование	Емкость холодильников, т					
	50	100	200	300	500	1000
Компрессор 2АВ-27 $Q_0 = 400$ тыс. ккал/час	—	—	—	—	—	3
Компрессор 4АУ-15 $Q_0 = 150$ тыс. ккал/час	—	1	1	2	3	2
Компрессор 2АВ-15 $Q_0 = 70$ тыс. ккал/час	—	2	3	3	2	—
Компрессорный агрегат АК-4АУ 40/3	4	—	—	—	—	—
Конденсатор кожухотрубный:						
125-КТБ	—	—	—	—	—	2
75-КТБ	—	—	1	—	2	—
50-КТБ	—	1	—	2	—	—
Льдогенератор трубчатого льда 10-ЗТП, производительностью 9 т/сутки	—	—	1	1	2	4
Льдогенератор трубчатого льда 3-ЗТЛ, производительностью 3 т/сутки	1	2	—	—	—	—
Скороморозильные аппараты ВНИХИ СА-2, производительностью 20 т/сутки	—	—	—	—	2	3
СА-1, производительностью 10 т/сутки	—	1	2	2	—	—
СА-3, производительностью 3 т/сутки	2	—	—	—	—	—
Батареи оребренные, м ²	272	366	507	665	1455	1934

В табл. 35 приводится потребность основных строительных материалов и железобетонных изделий для строительства холодильников единовременной емкости от 50 до 1000 т.

Таблица 35

Потребность материалов и железобетонных изделий

Материалы	Емкость холодильников, т					
	50	100	200	300	500	1000
Цемент, т	62	81	130	213	267	390
Сталь, т	6,2	10	16,9	26	30,6	65
Кирпич, тыс. шт.	114	153	195	315	404	445
Лес, м ³	32	43	67	71	88	90
Кровельный материал (толь, руберойд), рул.	263	350	634	994	1350	1720
Минеральная пробка, м ³	105	280	424	526	709	975
Железобетонные изделия, м ³	52	107	131	203	240	323

Ориентировочная стоимость строительства рыбопромышленных холодильников зависит от величины холодильника и не является неизменной, так как стоимость материалов и оборудования меняется.

Общую стоимость сооружения холодильников удобно исчислять, относя ее к 1 т емкости холодильника. Но так как кроме камер хранения на рыбопромышленных холодильниках проектируют камеры и установки замораживания, то общая емкость холодильника условно складывается из емкости камер хранения и емкости, эквивалентной камерам замораживания, считая, что по стоимости 1 т суточного замораживания равнозначна 10 т емкости камеры хранения.

Общая емкость холодильника с учетом эквивалентной емкости камер замораживания называется приведенной.

В табл. 36 указана ориентировочная стоимость холодильников различной величины, отнесенная к 1 т приведенной емкости.

Таблица 36

Стоимость холодильников, руб.

Стоимость 1 т емкости холодильника	Приведенная емкость холодильника, т			
	200	500	800	1600
Общая	5,8	4,8	4,5	3,2
в том числе:				
строительная часть	3,1	2,7	2,4	1,6
оборудование и монтаж	2,7	2,1	2,1	1,6

Ориентировочная стоимость холодильника емкостью 100 т с установкой замораживания рыбы производительностью 10 т/сутки определяется по следующему расчету:
приведенная емкость холодильника составляет

$$100 + 10 \times 10 = 200 \text{ т},$$

общая стоимость холодильника

$$5,8 \times 200 = 1160 \text{ руб.},$$

в том числе стоимость строительства

$$3,1 \times 200 = 620 \text{ руб.},$$

стоимость оборудования и монтажа

$$2,7 \times 200 = 540 \text{ руб.}$$

Многоэтажный рыбопромышленный холодильник

Холодильник на территории рыбного порта в Авачинской бухте предназначен для замораживания рыбы, которую доставляют добывающие суда, базирующиеся на Петропавловский рыбный порт, для приема мороженой рыбы, доставляемой с береговых холодильников Камчатки, перед транспортировкой ее на материк и для производства льда, необходимого рыболовецким судам, уходящим на промысел, а также для кратковременного хранения рыбы в аккумуляторе холодильника. Емкость камер хранения мороженой рыбы 8000 т, суточная производительность рыбоморозилок 250 т, производство блочного льда 120 т/сутки.

Пятиэтажный холодильник размещен на узкой портовой косе и потому с трех сторон открыт для подхода с моря. С одной стороны к нему подходят суда, вернувшиеся с промысла — средние и крупные траулеры и морозильные траулеры типа БМРТ. Со средних и крупных траулеров рыба поступает в приемную и затем в морозильный цех, а с судов типа БМРТ мороженая рыба и филе — непосредственно в камеры хранения верхних этажей. Со второй стороны крупные суда-рефрижераторы принимают мороженую рыбу с холодильника для доставки на материк, и с третьей — грузят лед на суда, направляющиеся на промысел.

Здание холодильника по вертикали разделено на два отсека — охлаждаемый и теплый. Такое деление позволяет запроектировать замкнутый изоляционный контур, не нарушая непрерывности изоляции. Это условие весьма важно для холодильников, поскольку прерывная изоляция приводит к дополнительным расходам холода.

В охлаждаемом отсеке размещены камеры хранения мороженой рыбы, цех замораживания, приемная, аккумулятор и ледохранилище; в теплом — машинное отделение, трансформаторная, насосная, льдозавод, склады, бытовые и административные помещения.

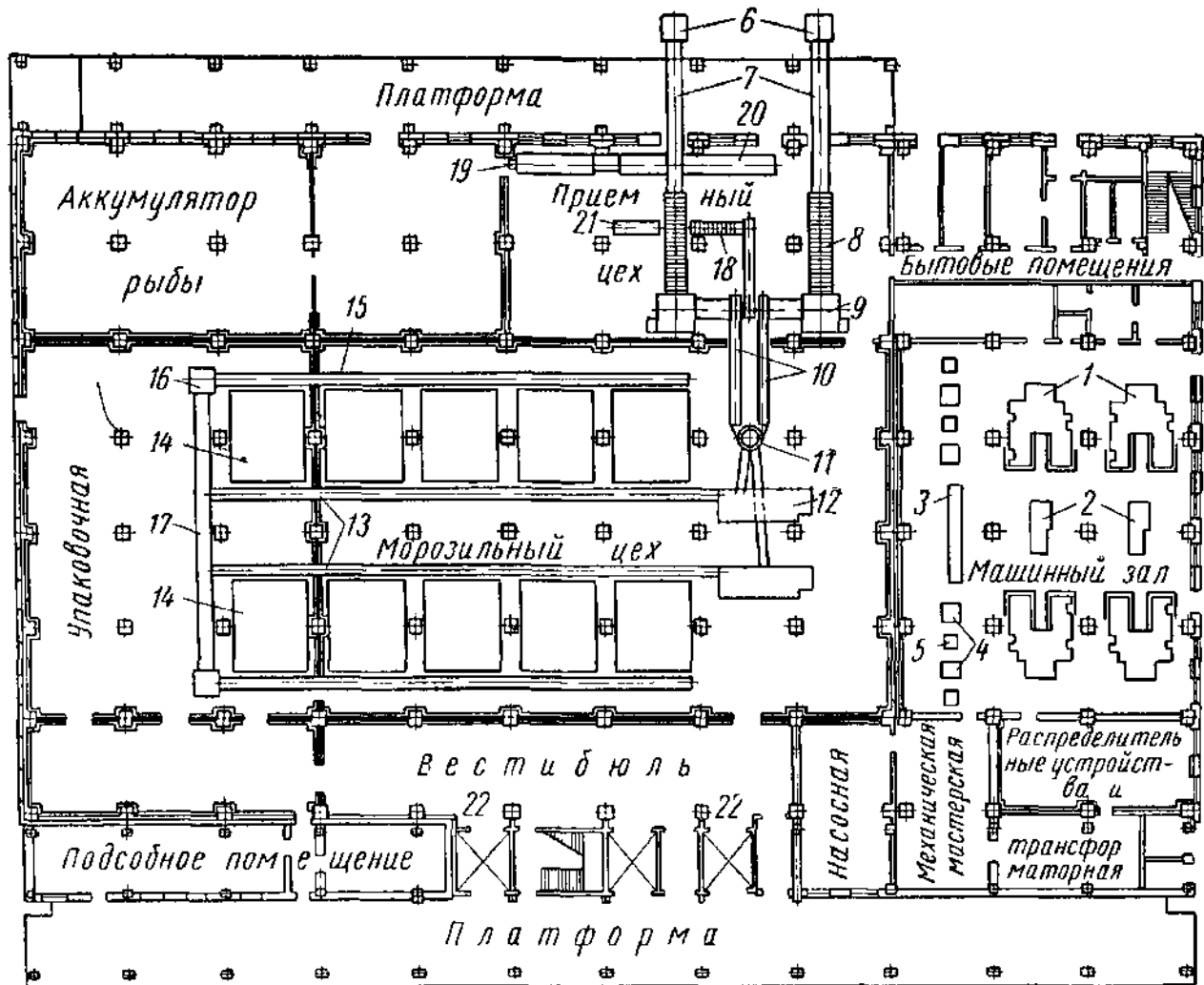


Рис. 125. План первого этажа холодильника:

1 — двухступенчатый компрессор АГК-47, 2 — одноступенчатый компрессор АВ-300, 3 — регулирующая станция, 4 — промежуточный сосуд, 5 — маслоотделитель, 6 — приемный бункер, 7, 10 — транспортер для рыбы, 8 — моечная машина, 9 — взвешивающие устройства, 11 — распределительный бункер, 12 — стол для укладки рыбы в противни, 13 — транспортер для противней со свежей рыбой, 14 — автоматизированный морозильный аппарат, 15 — транспортер для противней с замороженной рыбой, 16 — глазировочный аппарат, 17 — упаковочный стол, 18 — агрегат для охлаждения рыбы, 19 — ящично-моечная машина, 20 — транспортер для ящиков, 21 — транспортер для охлажденной рыбы, 22 — лифт

На рис. 125 показан план первого этажа холодильника. Поступившую в порт с промысла рыбу, пересыпанную льдом, выгружают из траулеров порталными кранами и подают в приемные бункеры. Отсюда по транспортерам ее направляют в моечные машины, в которых промывают и отделяют от льда, сбрасываемого по лоткам в канализационную систему.

После взвешивания рыба по транспортерам поступает в распределительный бункер и отсюда по наклонным лоткам на

укладочные столы. Здесь ее укладывают в противни, которые по транспортерам доставляют к замораживающим аппаратам производительностью 25 т/сутки каждый и продолжительностью замораживания 4 часа. Загрузка аппаратов и выгрузка противней с замороженной рыбой происходит автоматически.

Из глазировочных аппаратов, в которых осуществляется оттайка противней и глазирование блоков рыбы, пустые противни возвращаются к укладочным столам, а размороженные глазированные блоки поступают на специальные столы для механизированной упаковки в картонную тару.

Упакованная продукция электропогрузчиками и лифтами доставляется в камеры хранения. На первом этаже размещен аккумулятор, рассчитанный на суточное хранение свежей рыбы. Количество поступившей на холодильник рыбы, которое не может быть принято морозильным цехом, подается в агрегат для охлаждения. В нем ее размещают в стандартные деревянные ящики и перекадывают двумя слоями дробленого льда при соотношении 5:1.

Ящики с рыбой и льдом электропогрузчик отвозит в аккумулятор для складирования.

Во втором этаже (рис. 126) находятся камеры хранения мороженой рыбы и ледохранилище, в теплом отсеке — льдозавод и бытовые помещения. Планировка помещений третьего и четвертого этажей одинаковая (рис. 127); в теплом отсеке четвертого этажа находятся материальный склад и конторские помещения.

На пятом этаже размещены три универсальные камеры, а в теплом отсеке — склад хранения консервов и помещение для водонапорного бака. Со стороны глубоководного причала транспортных судов-рефрижераторов расположены три лифта грузоподъемностью по $3,5 \text{ т}$, которые используют для транспортировки рыбы из морозильного цеха в камеры хранения и отсюда на автогужевую платформу для той части продукции, которая предназначена для снабжения местного населения.

Прием грузов с рефрижераторных судов и погрузку мороженой рыбы на транспортные суда-рефрижераторы производят через грузовые балконы, которые обслуживают два порталных крана грузоподъемностью по 3 т и стрелой вылетом $22,5 \text{ м}$. Поэтажные балконы имеются и с мелководной стороны, они предназначены для приема мороженых рыбных товаров.

В ледохранилище установлены дробилки, которые дробят лед на куски размером $2\text{—}3 \text{ см}$, затем по транспортеру и гофрированной трубе лед подается в трюмы рыболовных судов. СРТ загружается льдом в течение $1,5\text{—}2$, а РТ — около $3\text{—}4$ часов.

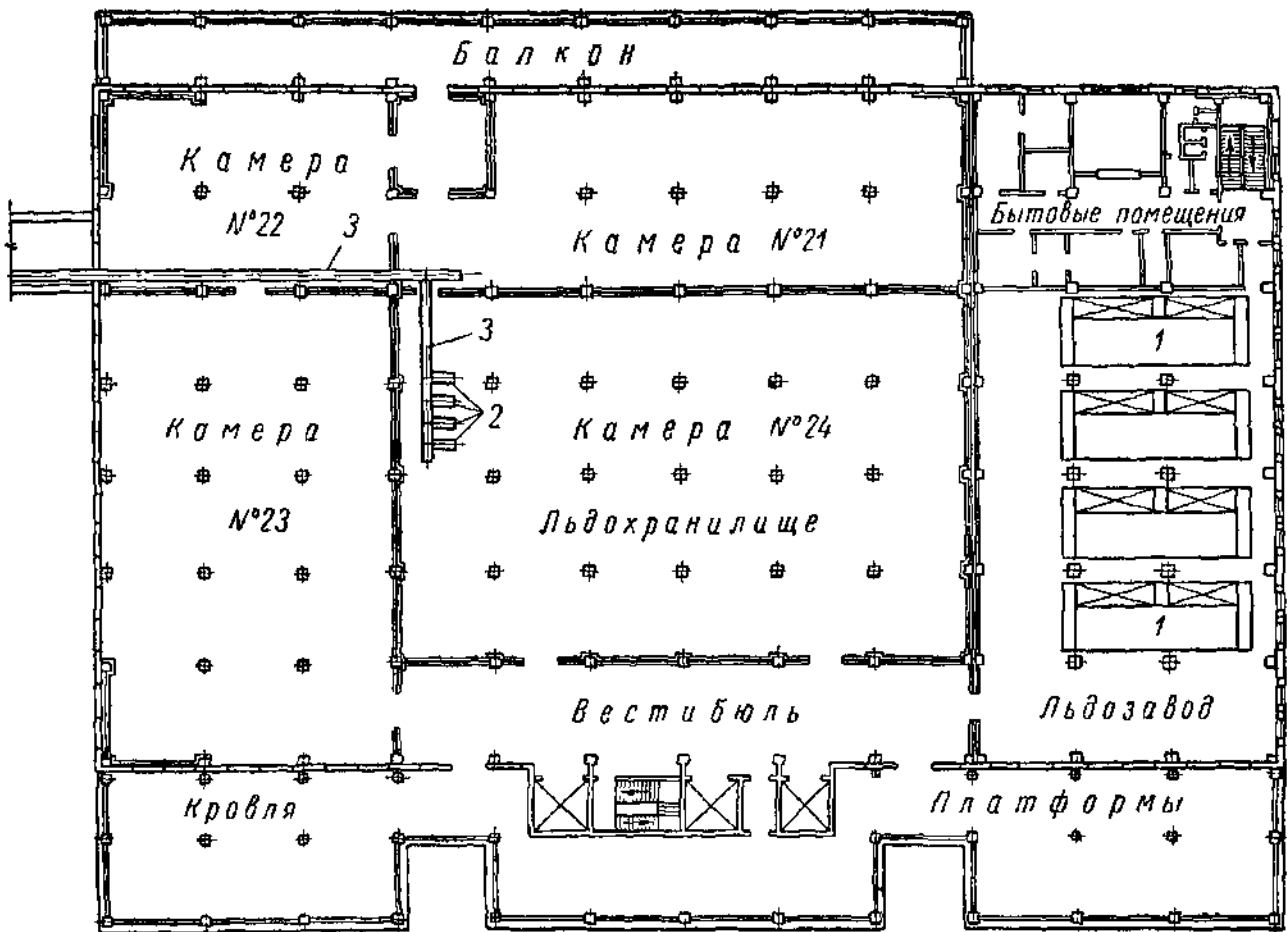


Рис. 126. План второго этажа холодильника:

1 — льдогенератор блочного льда, 2 — льдодробилки, 3 — транспортер дробного льда

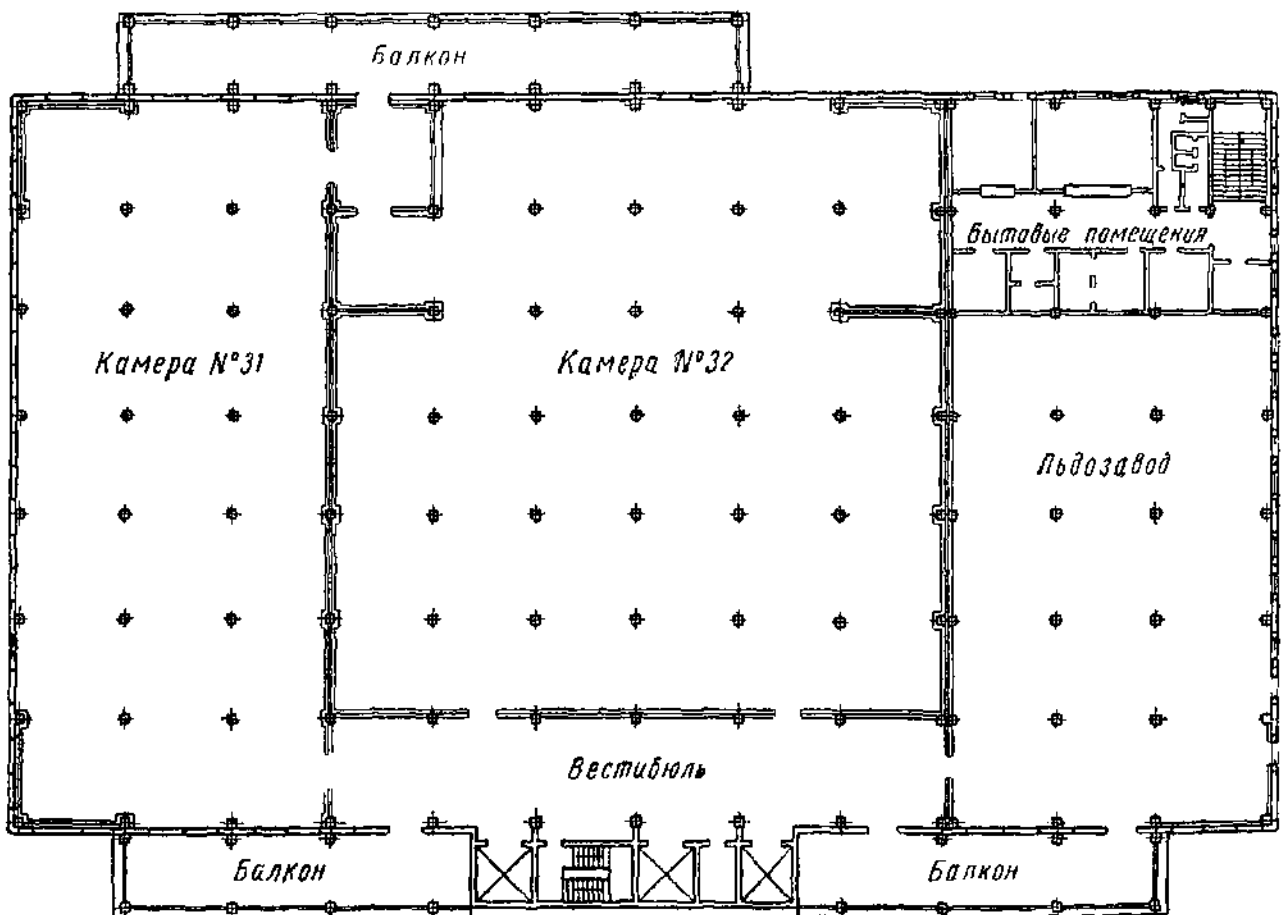


Рис. 127. План третьего и четвертого этажей холодильника

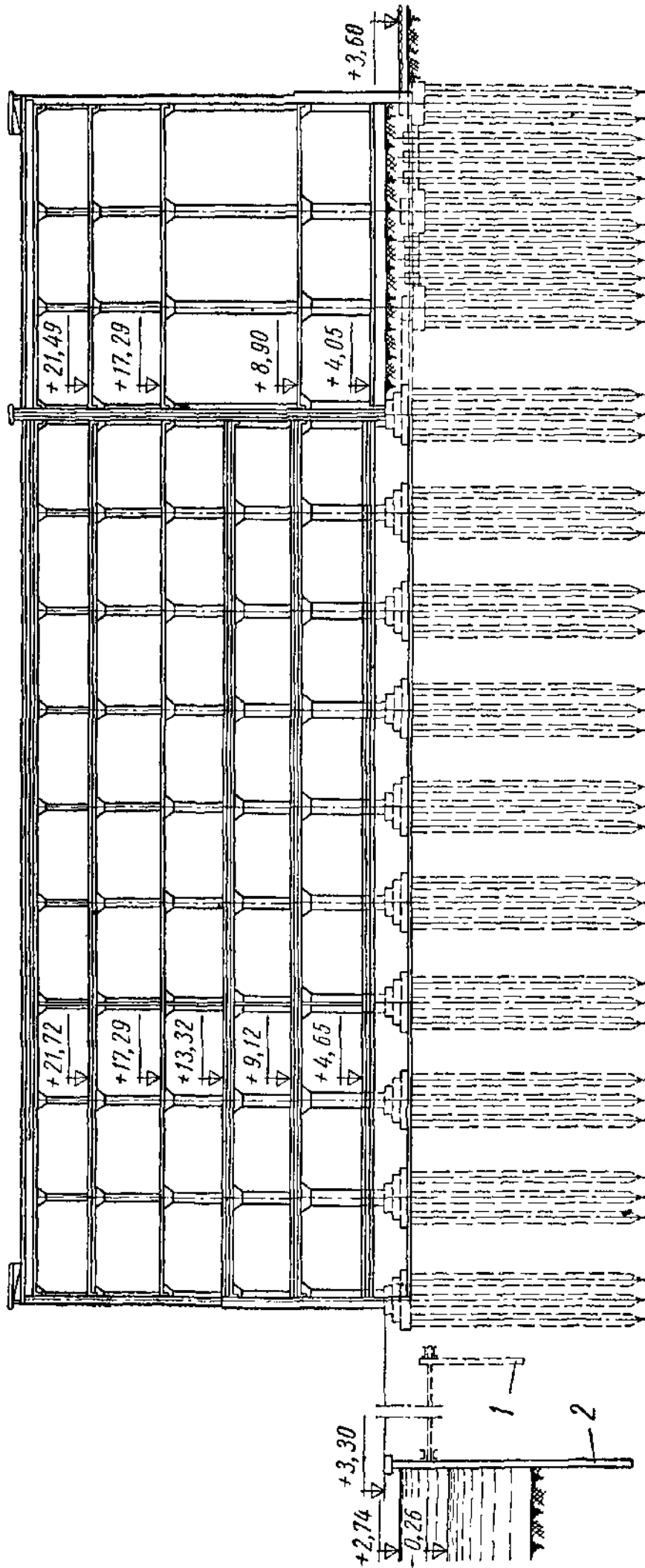


Рис. 128. Продольный разрез холодильника:
 1 — анкерный шпунт, 2 — лицевой шпунт

Основное оборудование холодильника состоит из четырех аммиачных горизонтальных компрессоров АПК-47 холодопроизводительностью по 300 тыс. ккал/час при $t_0 = -35^\circ$ и двух вертикальных компрессоров АВ-300 холодопроизводительностью по 300 тыс. ккал/час при $t_0 = -15^\circ$. Компрессоры АПК-47 предназначены для обслуживания замораживающих аппаратов и камер хранения, а АВ-300 — для обслуживания льдозавода.

У наружной стены машинного отделения установлены пять кожухотрубных вертикальных конденсаторов поверхностью по 150 м². Камеры хранения оборудованы оребренными батареями непосредственного испарения с внутренней самоциркуляцией жидкого аммиака, а также приборами автоматического поддержания температуры до -20° . Схема трубопроводов холодильного агента — насосная с побудительной циркуляцией жидкого аммиака.

Здание холодильника железобетонное, каркасное с заполнением стен первого этажа бетонными блоками, а верхних — сборными стеновыми железобетонными панелями, изолированными минеральной пробкой. Основанием под фундаменты служат сваи длиной 15 м. Колонны железобетонные с шагом 6 × 6 м, фундамент под ними выложен в виде сплошной железобетонной плиты толщиной 25 см. Перекрытия — железобетонные, безбалочные. Кровля плоская.

Строительные конструкции холодильника показаны на рис. 128.

Определение площади машинного отделения

Вопрос о расположении машинного отделения решается при разработке планировки холодильника, причем предварительно должна быть определена его площадь. Если в перспективе имеется в виду расширение холодильника, необходимо предусмотреть увеличение мощности холодильных машин. Для этого может быть установлено резервное оборудование при строительстве холодильника первой очереди; установлены машины с пониженным числом оборотов; зарезервированы места дополнительных машин, предусмотрено такое размещение машинного отделения, при котором его здание в дальнейшем легко расширить.

Первые два способа связаны с удорожанием строительства и они используются только если расширение холодильника реально в ближайшее время.

Третий способ, хотя и более рационален по сравнению с первыми двумя, также приводит к увеличению стоимости строительства за счет завышения площади машинного отделения.

Наиболее целесообразным является четвертый способ, при котором заранее предусматривают участок для будущего расширения здания машинного отделения. Увеличить холодопроизводительность установки можно также не расширяя здания машинного отделения, заменой оборудования на новые, более компактные и производительные машины.

В компрессорном зале размещают холодильные компрессоры с двигателями, регулиющую станцию, электрощит, приборы автоматического управления работой оборудования и автоматической защиты. В аппаратном помещении — конденсаторы, испарители, переохладитель и другую аппаратуру.

Приточно-вытяжную вентиляцию рассчитывают на семикратный объем воздуха в час; для больших машинных отделений (с установками, содержащими более 300 кг аммиака) приточную вентиляцию — на двухкратный и вытяжную — на трехкратный обмен воздуха в час и, кроме того, устанавливают аварийную вытяжную вентиляцию на семикратный обмен воздуха в час.

Высота машинного отделения должна быть не менее 4 м и определяется габаритами оборудования, аппаратного помещения — не менее 2,5 м. В машинном отделении предусматривают два удаленных друг от друга выхода.

В целях удобства обслуживания и безопасности эксплуатации оборудования необходимо предусматривать достаточные проходы между машинами и отступы от стен здания. Расстояние между выступающими частями машин должно быть не менее 1 м, между электрощитом и оборудованием — не менее 1,5 м, между гладкой стеной и машиной (или аппаратом) — не менее 0,8 м.

Таблица 37

Площадь машинного отделения

Способ охлаждения	Установленная холодопроизводительность машин, 1000 ккал/час	Площадь машинного отделения на 1000 ккал/час, м ²
Рассольное	До 10	1,6
	10—20	1,2
	20—30	1,0
	30—60	0,7
Смешанное	До 100	0,5
	100—400	0,3
	400—2000	0,16
	2000—3500	0,11
Непосредственное испарение холодильного агента	До 200	0,4
	200—600	0,2
	600—950	0,16

Вертикальные компрессоры размещают с учетом беспрепятственной выемки коленчатого вала из картера. Оборудование машинного отделения komponуют так, чтобы оно размещалось удобно для обслуживания, и длина соединительных трубопроводов была минимальной.

Площадь машинного отделения определяют числом, типом и мощностью холодильных машин, габаритами аппаратов, а также компоновкой.

Для предварительного, ориентировочного определения площади машинного отделения можно пользоваться данными, приведенными в табл. 37.

Эти практические нормативы не учитывают площадь мастерской и вспомогательных помещений.

ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ И ЗАЩИТА ЕЕ ОТ УВЛАЖНЕНИЯ

Охлаждаемые помещения, а также аппараты, в которых протекают холодильные процессы, по поверхностям теплопередачи покрывают тепловой изоляцией. При проектировании холодильных установок правильный выбор изоляционных конструкций имеет очень важное значение для нормальной эксплуатации холодильного предприятия, так как из общего теплопритока, который должен быть компенсирован холодильной машиной, значительная доля приходится на теплопритоки через внешние ограждения.

В холодильных камерах необходимо поддерживать равномерную и достаточно низкую температуру, чтобы создать оптимальные условия сохранения пищевых продуктов и уменьшить их усушку. Следовательно, тепловая изоляция охлаждаемых помещений, при которой уменьшаются внешние теплопритоки, не только сокращает эксплуатационные расходы, но и обеспечивает оптимальный температурный режим охлаждаемых помещений.

Расчетная разность температур в ограждающих конструкциях холодильников доходит до $50-55^{\circ}$, в жилых зданиях она обычно не превышает $40-45^{\circ}$, а разность парциальных давлений водяного пара для холодильников достигает $18-20$ мм и выше, в то время как для жилых зданий она составляет $8-10$ мм рт. ст. Поэтому изоляционная конструкция должна включать в себя не только достаточной толщины слой изоляционного материала, но и защиту от увлажнения изоляции (пароизоляционные и гидроизоляционные материалы).

Разница температур наружного воздуха и холодильных камер обуславливает разницу упругости водяных паров этих сред, причем упругость водяного пара наружного воздуха всегда

значительно выше упругости водяного пара в камерах холодильника. В связи с этим водяные пары наружного воздуха постоянно стремятся проникнуть в камеру холодильника. Это проникновение водяного пара осуществляется путем диффузии его через поры ограждающих конструкций, что и является причиной постоянного увлажнения тепловой изоляции и ухудшения ее изоляционных свойств. Таким образом, тепловая изоляция холодильников всегда подвержена увлажнению, и в этом ее главная особенность в холодильных сооружениях.

Тепловую изоляцию с теплой стороны от увлажнения защищают пергамином, руберойдом, битумом и другими материалами, которые включаются в ограждающую конструкцию здания

Изоляционные материалы

Тепловую изоляцию холодильников делают из материалов неорганического происхождения — пенобетона, минеральной пробки, шлака, альфоли или органического происхождения — пробковых плит, торфоплит, мипоры, пенопласта и винидура.

Выбор изоляционного материала для холодильника или холодильного аппарата определяется местными условиями (района строительства холодильника), назначением, режимом холодильника и свойствами самих изоляционных материалов.

К теплоизоляционным материалам предъявляются следующие требования:

1) они должны иметь небольшой коэффициент теплопроводности λ — от 0,03 до 0,12 ккал/м час °С, а также малый объемный вес — от 10 до 300 кг/м³;

2) быть морозоустойчивыми, т. е. не менять своих свойств и не разрушаться в условиях низких и переменных температур;

3) изоляционные материалы не должны быть гигроскопичны и влагоемки, а также должны характеризоваться возможно меньшей паропроницаемостью;

4) изоляция должна быть стойкой к гниению и плесневению, так как в этом случае она более долговечна. Одновременно она должна быть стойкой против грызунов; не должна иметь резкий запах; так как многие продукты воспринимают запахи, что ухудшает их пищевые и вкусовые достоинства.

5) изоляционные материалы должны выдерживать механические нагрузки, т. е. обладать достаточной механической прочностью, они должны быть огнестойки, а также достаточно доступны и дешевы.

Приводим краткую характеристику наиболее часто применяемых изоляционных материалов.

Пенобетон. Пористый материал, получаемый смешением це-

ментного раствора с пеной из канифольного мыла и столярного клея. Блоки размером $1 \times 0,5$ м и толщиной 0,15, 0,20 и 0,25 м могут изготавливаться не только на специальных заводах, но и непосредственно на площадке строительства. Объемный вес 350—400 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,11—0,15 ккал/м час °С.

Пенобетон достаточно прочен, огнестоек, морозоустойчив, не гниет, легко обрабатывается и стоек против грызунов. Однако в условиях сухого жаркого воздуха или при значительных температурных колебаниях в нем появляются трещины и он разрушается.

Минеральная пробка. Из доменных шлаков получают стекловидное волокно, называемое минеральной ватой. Ее обрабатывают разжиженной битумной эмульсией и глиноземом; после перемешивания получают однородную массу, которую разливают в формы, прессуют и сушат при температуре около 140°. Полученные плиты называются минеральной пробкой. Размеры плит $1 \times 0,5$ м с толщиной 0,03—0,05 м. Минеральная пробка может быть изготовлена также в виде скорлуп, сегментов и изделий другой формы.

Эта изоляция огнестойка, морозоустойчива, не гниет, не имеет запаха, малогигроскопична и влагоемка. Объемный вес 250—300 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,06—0,07 ккал/м час °С.

Шлак. Это продукт сгорания каменного угля, имеет пористую структуру, обладает изолирующими свойствами. Объемный вес котельных и паровозных шлаков 800—1000 кг/м³; коэффициент теплопроводности их равен 0,20—0,25 ккал/м час °С. Лучшие показатели имеют гранулированные доменные шлаки, т. е. шлаки доменных печей, подвергшихся быстрому охлаждению водой при выпуске из домы. Объемный вес их 400—600 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,12—0,16 ккал/м час °С. Шлак применяется как засыпная изоляция для полов, верхних перекрытий и в некоторых случаях стен и перегородок.

Альфоль (алюминиевая фольга). Ее применяют в виде листового рулонного материала толщиной листа 0,008—0,01 м; в рулоне 700 м, шириной 0,44 м. Как изоляцию альфоль укладывают либо в смятом виде, либо гофрированными листами — в том и другом случаях изолирующие свойства ее создаются прослойками малоподвижного воздуха, снижающими коэффициент теплопроводности. Альфоль огнестоек, негигроскопичен, не гниет. Объемный вес в изоляционной конструкции 3—4 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,04—0,05 ккал/м час °С.

Пробковые плиты. Это лучший изоляционный материал. Плиты изготавливают из отходов коры пробкового дуба, произ-

растающего в Крыму и на Кавказе, и из коры бархатного дерева, которое растет в разных районах СССР. Высокие изоляционные свойства пробки объясняются ее ячеистой структурой с замкнутыми воздушными пространствами. При изготовлении плит пробковая крошка прессуется с добавлением вяжущих веществ (импрегнированные плиты) или без них, но с нагреванием (экспанзит).

Плиты экспанзит являются лучшей изоляцией. Размеры их $1 \times 0,5$ м при толщине 0,20, 0,30 м и более. Из пробки изготавливается также изоляция для трубопроводов и аппаратов в виде сегментов, скорлуп и изделий других форм. Объемный вес 160—240 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,035—0,06 ккал/м час°С. Объем производства пробковых плит лимитируется недостатком сырья, что предопределяет дефицитность этого материала.

Торфоплиты. Изоляция, изготавливаемая сухим и мокрым способом из малоразложившегося торфа в виде плит. При сухом способе изготовления торф подсушивают, разрыхляют и измельчают. Затем его прессуют в формах под давлением 4 ати, высушивают и термически обрабатывают сухим горячим воздухом (температура воздуха несколько выше 100°).

При мокром способе торф измельчают и тщательно размешивают горячей водой в чанах, далее воду отжимают при давлении около 2 ати и оставшуюся массу формируют в плиты. Плиты сушат сначала при температуре 90, затем при 120°.

Торфоплиты имеют малый коэффициент теплопроводности и небольшой удельный вес, механическая прочность их недостаточна. Кроме того, торфоплиты сравнительно быстро увлажняются и поражаются плесневыми грибами. Стоимость торфоплит невысока.

Камышит. Изоляция из сухого, светло-желтого цвета камыша, спрессованного в виде плит, прошитых проволокой. Камышит устойчив против грызунов. Чтобы уменьшить опасность загнивания, стебли камыша перед прессованием пропитывают 3%-ным раствором фтористого натрия и просушивают. Штукатурка на плитах камышита держится без специальных сеток. Камышит часто применяют для изоляции перегородок между камерами.

Большим достоинством камышита является его дешевизна. Плиты изготавливают размером длиной от 2 до 4,5 м, шириной 1 м и толщиной от 0,04 до 0,10 м. Объемный вес 260—360 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,09—0,12 ккал/м час°С.

Мипора. Затвердевшая пена, получаемая синтетически из формальдегида и мочевины с добавлением катализатора и пенообразователя. Изоляцию выполняют в форме блоков разме-

рами $1 \times 0,5$ м и толщиной 0,20—0,25 м. Для защиты мипоры от увлажнения блоки погружают в расплавленный битум, что уменьшает ее влагопоглощаемость вдвое. Мипора морозоустойчива, но имеет малую механическую прочность. Объемный вес мипоры 15—25 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,035—0,05 ккал/м час°С.

Пенопласты. Изготавливают из синтетических смол, которые в расплавленном состоянии при высоком давлении насыщаются воздухом или газами (углерод, водород и др.). Нагретые газы расширяются и, вспенивая пластмассу, образуют ячеис-

Таблица 38

Изоляционные материалы

Материалы	Объемный вес, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, ккал/м час°С	Теплоемкость ккал/кг°С
Теплоизоляционные			
Алюминиевая фольга с воздушными прослойками	3—4	0,04—0,05	0,22
Бумлитиз	160—200	0,04—0,05	0,35
Воздух в покое и прослойках менее 10 мм	1,3	0,02	0,24
Войлок шерстяной (сухой)	150—200	0,05—0,06	0,45
Зола древесная	400—500	0,08—0,10	0,2
Камышит в щитах	260—360	0,09—0,12	0,35
Картон гифрированный	200—250	0,06—0,08	0,35
Лигнолитиз	200—250	0,05—0,07	0,62
Минеральная (шлаковая) вата	175—250	0,06—0,07	0,18
Минеральный войлок	200—250	0,06—0,07	0,18
Минеральная пробка	300—400	0,06—0,07	0,18
Мипора	15—25	0,035—0,05	0,36
Опилки древесные	250—300	0,08—0,10	0,6
Пемза	300—400	0,09—0,13	0,2
Пенобетон пропаренный	350—400	0,11—0,15	0,2
Пеностекло	200—400	0,10—0,13	0,2
Пробковые плиты (экспанзит)	160—240	0,035—0,06	0,5
Торфоплиты	170—250	0,06—0,07	0,4
Туф	1100—1300	0,40—0,50	0,22
Шлак котельный	800—1000	0,20—0,25	0,18
Шлак гранулированный	400—600	0,12—0,16	0,18
Паро-и гидроизоляционные			
Асфальт	1800—2000	0,65—0,75	0,4
Битум	950—1000	0,30—0,40	0,4
Борулин	700—900	0,25—0,3	0,35
Гидроизол	700—900	0,25—0,3	0,35
Пергамин	600—800	0,15—0,2	0,36
Руберойд	600—800	0,12—0,2	0,36

тую структуру. Технология их производства весьма разнообразна. В настоящее время получены пенопласты мало увлажняемые, прочные, легкие и обладающие малой теплопроводностью. Из пенопластов весьма перспективными для широкого применения в качестве холодильной изоляции являются пеноуретаны. Они имеют малый коэффициент теплопроводности: изготовленные на основе обычных смол 0,04, на основе полиэфирных смол, 0,03 *ккал/м час°С*. Объемный вес пеноуретанов 25—100 *кг/м³*.

Пеноуретаны могут изготавливаться непосредственно в полости, которая должна быть заполнена изоляцией. Для этого в нее вводят смесь исходных компонентов и катализатор в определенных соотношениях, в результате протекания реакций полость оказывается заполненной твердой полиуретановой пеной. Следовательно, применение пеноуретанов коренным образом меняет конструкцию теплоизоляционных ограждений и технологию теплоизоляционных работ. Создаются возможности получения легких и прочных конструкций, в которых сама пеноуретановая изоляция может воспринимать нагрузку.

Винидур. Изоляция, изготавливаемая из пластмасс, в виде пленки, листов, труб, стержней. Между слоями винидура образуются воздушные прослойки, которые и обуславливают хорошие изоляционные свойства материала, часто применяемого для изоляции судов-рефрижераторов. Объемный вес 65 *кг/м³*, коэффициент теплопроводности, при наличии воздушной прослойки между слоями материала, 0,069 *ккал/м час°С*.

Основные показатели для некоторых теплоизоляционных паро- и гидроизоляционных материалов приведены в табл. 38.

Изоляционные конструкции

Важными условиями правильно запроектированной изоляционной конструкции являются достаточная толщина изоляции и защита ее от увлажнения, а также непрерывность изоляционного слоя, исключая образование мостиков холода.

Полы. Полы холодильных камер нижнего этажа изолируют шлаком. На уплотненный грунт кладут как основание слой бетона толщиной 8—10 *см*, который покрывают гидроизоляцией. Гидроизоляционный рулонный материал предохраняется от механических повреждений слоем шлакобетона толщиной 4—5 *см* и на него насыпается слой шлака толщиной согласно расчету. Поверх основного слоя шлака снова кладут шлакобетон толщиной 4—5 *см*, на него слой гидроизоляционного рулонного материала, защищающий основную изоляцию от увлажнения, затем бетонную подготовку и чистый пол (цементный, асфальтовый

или плиточный). Если в первом этаже холодильника запланированы камеры с температурой ниже -5° и по условиям местности холодильник возводится на промерзающем грунте, полы устраивают с шанцами, т. е. под полом устраивают сплошные каналы, по которым продувается теплый воздух. В каналах небольшой протяженности продувка воздуха происходит за счет естественной циркуляции, в длинных — с помощью вентиляторов. Шанцы устраняют возможность промерзания и вспучива-

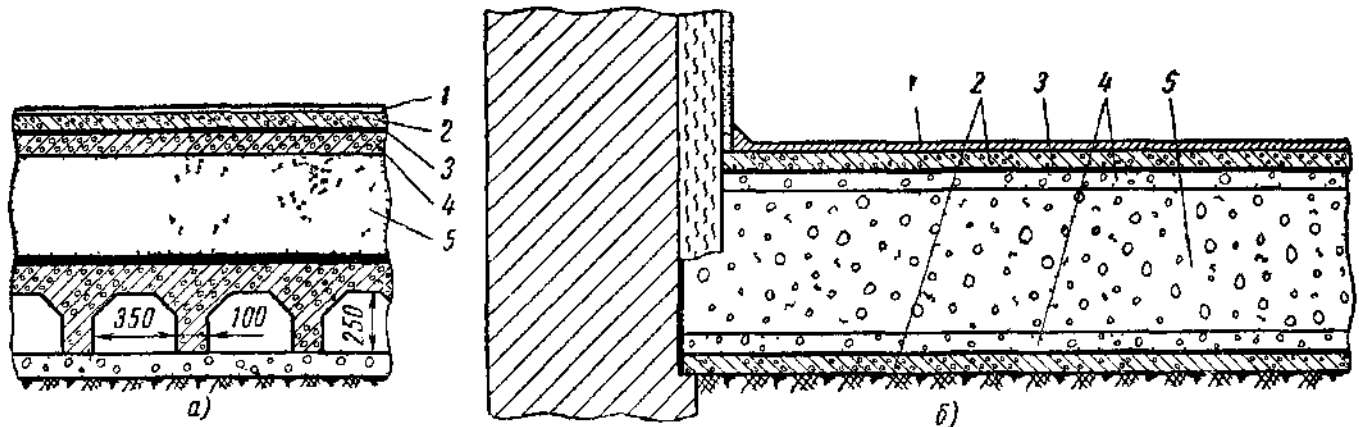


Рис 129 Устройство полов холодильника

а — без шанцев, б — с шанцами, 1 — чистый пол, 2 — бетон, 3 — толь, 4 — шлак, 5 — шлак

ния грунта, вызывающих деформацию полов, стен и колонн. Над шанцами устраивается изолированный пол (рис 129).

Наружные стены. Наружные стены изолируют плитными, блочными или засыпными материалами. Изоляционная конструкция зависит от формы и свойств изоляционного материала. Если стены изолируют плитами (торфоплиты, минеральная пробка, литая изоляция), то на оштукатуренную стену наносят слой пароизоляции (двойная окраска битумом) и при помощи реек и проволоки прикрепляют изоляционные плиты толщиной согласно расчету. Рейки укрепляют на деревянных пробках. При применении торфоплит, имеющих толщину 0,030 м, их предварительно склеивают в два-три слоя, так как тонкие плиты под действием горячего битума коробятся. Изоляционные плиты штукатурят по металлической сетке. В нижней части на высоте 0,60—0,70 м от пола устанавливают проволочную сетку с ячейками не более 1 см^2 , защищающую изоляцию от грызунов. Изоляционная конструкция наружной стены с применением плитных материалов показана на рис 130, изоляция наружной стены блочным материалом (пенобетоном) — на рис 131.

Поверхность стен штукатурят и наносят пароизоляционный слой, так же как и при изоляции плитами.

Блоки пенобетона приклеивают к поверхности стены битум-

мом. Швы между ними заполняют крошками минеральной пробки или торфоплит с битумом. Второй слой блоков приклеивают на теплом растворе с перевязкой швов. Поверхность пенобетона штукатурят цементным раствором 1 : 3.

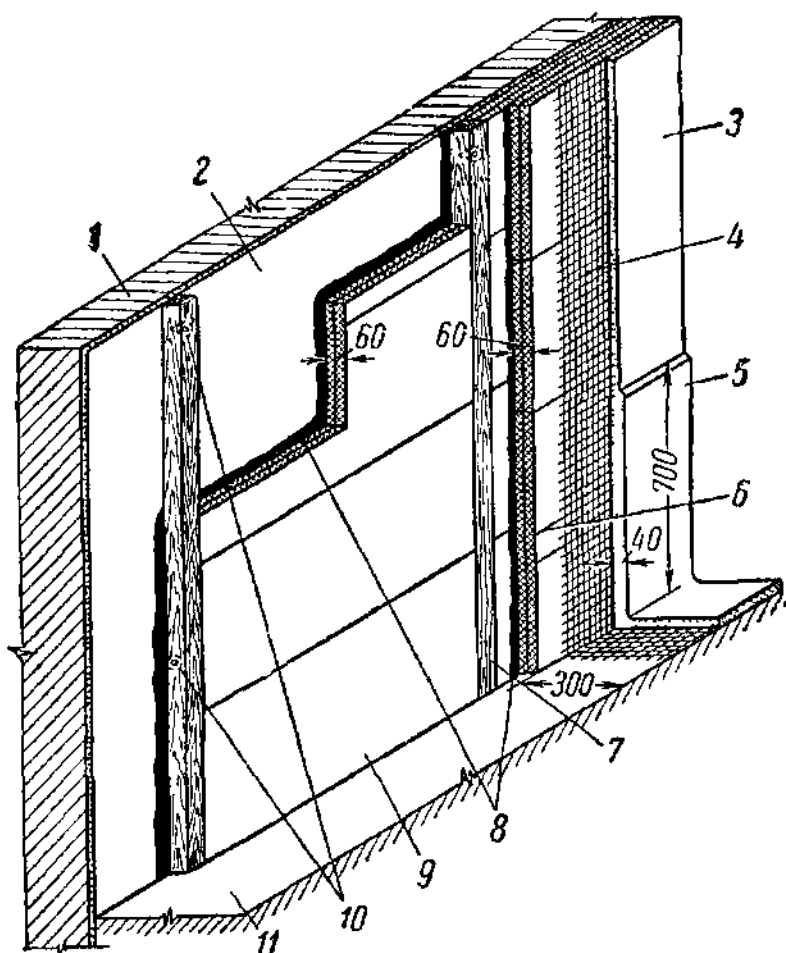


Рис. 130. Четырехслойная изоляция кирпичных стен торфоплитами:

1 — кирпичная стена, 2 — штукатурка, 20 мм, 3 — штукатурка цементная по сетке, 4 — металлическая сетка, 5 — панель из цементной штукатурки, 40 мм, 6 — торфоплиты, 60 мм, 7 — рейки, 60×60 мм, 8 — смазка битумом, 9 — торфоплиты, 60 мм, 10 — крепление реек металлическими ершами к деревянным пробкам, 11 — пол камеры

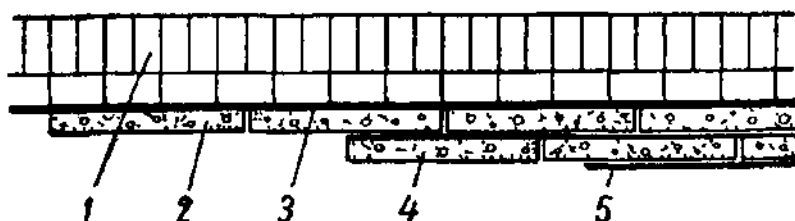


Рис. 131. Изоляция стены двумя слоями пенобетонных блоков:

1 — кирпичная стена, 2 — блоки пенобетона, 3 — штукатурка и пароизоляционный слой, 4 — блоки пенобетона, 5 — штукатурка

Для устройства засыпной изоляции на некотором расстоянии от наружной основной стены возводят внутреннюю — кирпичную или деревянную. В пространство между этими ограждениями засыпают изоляцию. Наружную стену предварительно оклеивают пароизоляционным материалом, который защищает изоляцию от увлажнения.

Чтобы стены не распирало изоляцией, их скрепляют анкерными болтами или скобами.

Засыпная изоляция дает осадку, поэтому пространство между стенами пополняют через люки в верхней части стены. Конструкция с применением засыпной изоляции показана на рис. 132.

Очень важно изоляцию предохранять от увлажнения, для этого пароизоляционный слой располагают с теплой стороны ограждения (только в этом случае изоляция не будет увлажняться). С внутренней стороны па-

роизоляцию ставят лишь как дополнение к наружной и делают это в тех случаях, когда по условиям эксплуатации в камере температура может быть выше, чем с внешней стороны.

В изоляционной конструкции, имеющей двустороннюю пароизоляцию, в последнее время в слое изоляции со стороны камеры стали делать воздушные каналы, по которым циркулирует сухой и охлажденный воздух. Этот воздух, находясь в каналах, поглощает влагу из изоляции и, проходя затем через дефлегматор специальной осушающей установки, выделяет ее, снова возвращаясь в каналы. Применение дефлегматорных установок особенно эффективно в низкотемпературных камерах в условиях нестационарных тепловых режимов.

Перегородки. Внутренние перегородки, отделяющие между собой камеры, тамбур, коридоры, изолируют, если температурный перепад смежных помещений превышает 4° . Для этого может применяться любая изоляция — плитная, блочная и засыпная.

На рис. 133 показана перегородка из торфо плит. Каркас перегородки устраивают из вертикальных и горизонтальных реек, расстояние между которыми должно быть согласовано с размерами плит. Перегородку с одной стороны покрывают гидроизоляцией, с обеих сторон обивают металлической сеткой и штукатурят.

Перегородки из блочного материала — пенобетона или пеностекла — выкладывают как обычные стены.

Перекрытия. Железобетонное перекрытие над охлаждаемыми помещениями изолируют сверху или снизу. В последнем случае полностью устраняются мостики холода, но устройство изоляции сверху проще и удобнее. Чаще всего перекрытия изолируют плитным материалом.

В случае нижней изоляции плиты приклеивают к перекрытию битумом и закрепляют усиками. Далее прикрепляют сетку и наносят штукатурку.

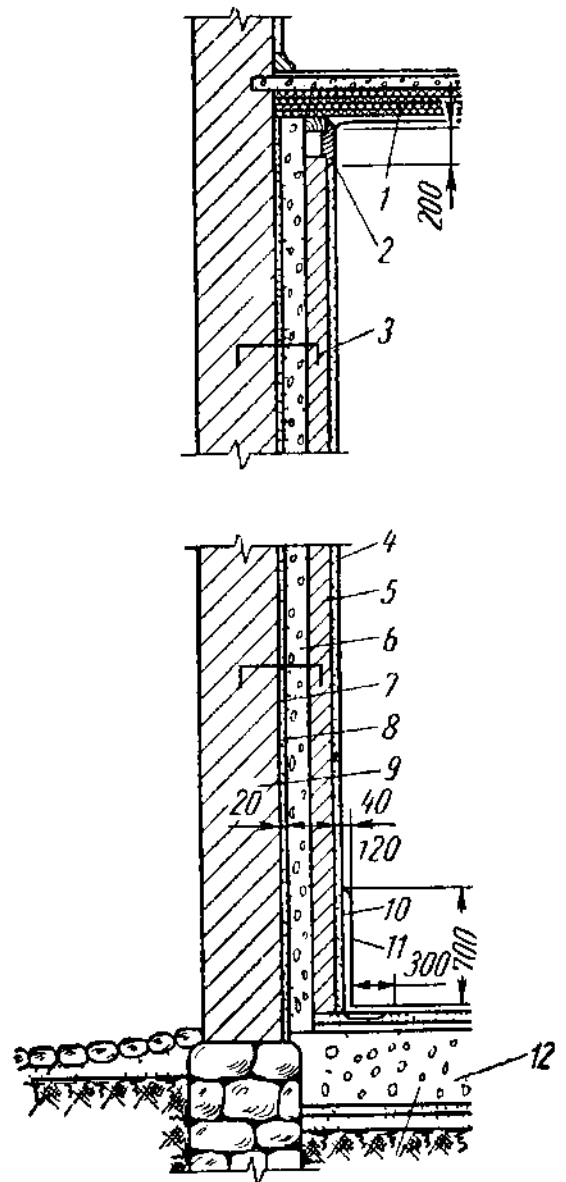


Рис. 132. Изоляция кирпичной стены засыпным материалом:

1 — изоляция перекрытия (торфо плиты, минеральная пробка, пенобетон), 2 — люк для добавления изоляции (200×200 мм через 1 м), 3 — анкеры, 4 — цементная штукатурка, 5 — стена в половину кирпича, 6 — изоляция (по расчету), 7 — смазка битумом, 8 — штукатурка стены, 20 мм, 9 — основная кирпичная стена, 10 — металлическая сетка от грызунов, 11 — панель из цементной штукатурки, 40 мм, 12 — изоляция пола камеры

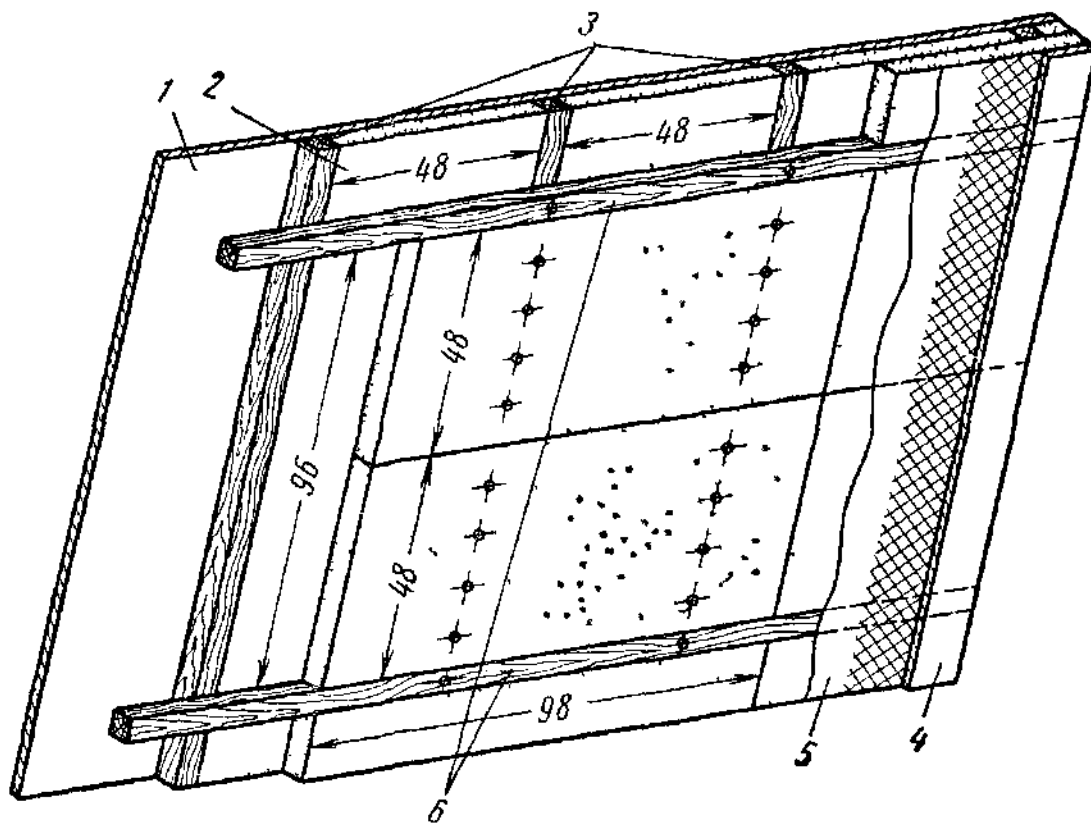
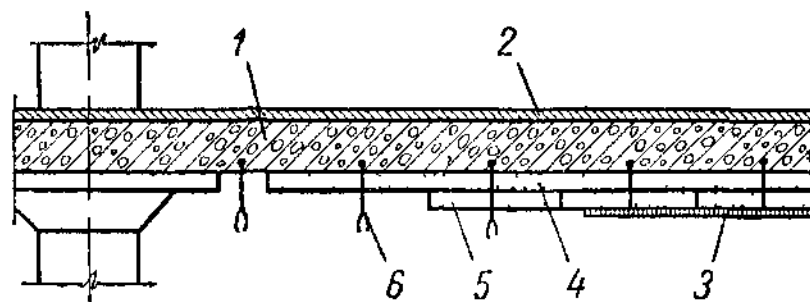
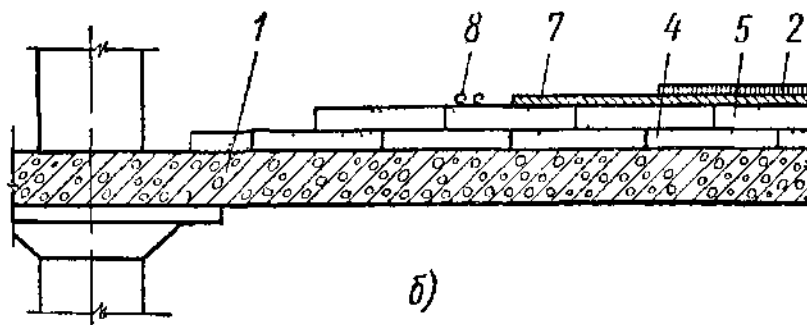


Рис 133 Перегородка из торфо плит с деревянным каркасом

1, 4 — штукатурка по сетке 2 — торфо плиты 3 — вертикальные рейки 5 — пароизоляция (с теплой стороны), 6 — горизонтальные рейки



а)



б)

Рис 134 Изоляция железобетонного перекрытия холодильника

а — снизу, б — сверху, 1 — железобетонное перекрытие 2 — чистый пол, 3 — штукатурка по сетке, 4, 5 — изоляционные плиты, 6 — усики для крепления изоляции 7 — подготовка из армированного бетона, 8 — рулонная гидроизоляция

При верхней изоляции непосредственно на перекрытие укладывают изоляционные плиты, которые покрывают двумя слоями рулонной гидроизоляции. Далее делают подготовку из армированного бетона и настилают чистый пол (рис. 134).

Колонны. Колонны изолируют плитными материалами с последующей штукатуркой. Изоляция колонн устраняет мостики холода.

Двери. Толщина изоляции дверей в камерах с низкими температурами 0,15—0,20 м, предназначенных для охлажденных

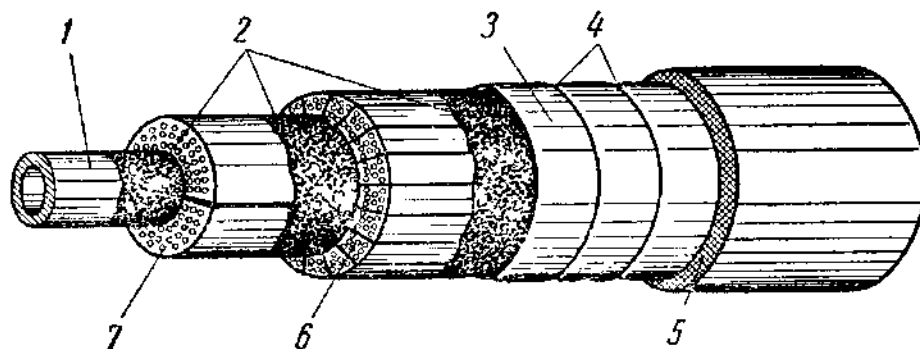


Рис. 135. Изоляция трубопроводов скорлупами и сегментами из минеральной пробки:

1 — труба, 2 — окраска битумом, 3 — толь, 4 — проволока, 5 — цементная штукатурка, 6 — сегменты, 7 — скорлупы

грузов — 0,10 м. От увлажнения изоляция защищается руберойдом.

Трубопроводы и аппараты. Трубопроводы (рис. 135) изолируют скорлупами и сегментами из различных материалов. После того как трубопроводы подверглись гидравлическому испытанию, по наружной поверхности их тщательно очищают и окрашивают битумом. Затем на трубы накладывают несколько слоев скорлуп или сегментов, предварительно погруженных в битум. Изоляцию размещают так, чтобы перекрывались швы. Далее трубопровод обертывают пергамином, прикрепляют металлическую сетку, по которой производят штукатурку. Для изоляции аппаратов применяют более крупные сегменты или плиты, в зависимости от геометрической формы аппарата.

Расчет изоляции

При проектировании холодильников выбирают изоляционный материал, гидроизоляцию и намечают конструкцию ограждения. Согласно ГОСТу принимают коэффициент теплопередачи k , значение которого зависит от разности температур Δt наруж-

ного воздуха, смежных помещений или почвы и воздуха камер. Коэффициент теплопередачи принимают равным

$\Delta t, ^\circ\text{C}$	50—35	35—30	30—25	25—20	20—15	15—10
$k, \text{ккал/м}^2 \text{ час } ^\circ\text{C}$	0,25—0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6

Общая формула, характеризующая процесс теплопередачи через плоскую стенку,

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{из}}}{\lambda_{\text{из}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_{\text{п}}}{\lambda_{\text{п}}} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad \text{ккал/м}^2 \text{ час } ^\circ\text{C},$$

где

k — коэффициент теплопередачи изолированной конструкции ограждения, $\text{ккал/м}^2 \text{ час } ^\circ\text{C}$;

α_1 и α_2 — коэффициенты теплоотдачи от воздуха к наружной поверхности ограждения и от внутренней поверхности его к воздуху камеры, $\text{ккал/м}^2 \text{ час } ^\circ\text{C}$;

$\delta_{\text{из}}, \delta_1, \delta_2, \dots, \delta_{\text{п}}$ — толщина слоя основного изоляционного материала и других изоляционных и строительных материалов конструкции, м ;

$\lambda_{\text{из}}, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{\text{п}}$ — коэффициенты теплопроводности основной изоляции и других изоляционных и строительных материалов конструкции, $\text{ккал/м час } ^\circ\text{C}$.

Если это уравнение решить в отношении толщины слоя изоляции, то последняя может быть вычислена по следующей формуле:

$$\delta_{\text{из}} = \lambda_{\text{из}} \left[\frac{1}{k} - \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_{\text{п}}}{\lambda_{\text{п}}} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \right] \text{м}.$$

Коэффициенты теплоотдачи α_1 и α_2 зависят главным образом от скорости движения воздуха у ограждения, при этом, чем больше скорость воздуха, тем больше значение α_1 и α_2 . Приблизительно α_1 или $\alpha_2 = 13\sqrt{w}$ $\text{ккал/м}^2 \text{ час } ^\circ\text{C}$, где w — скорость движения воздуха у ограждения, м/сек .

Практически принимают следующее значение коэффициента теплоотдачи ($\text{ккал/м}^2 \text{ час } ^\circ\text{C}$):

для наружной поверхности стен (открытые поверхности, не защищенные от воздействия ветра) — 25;

для внутренних вертикальных поверхностей (стен, перегородок) в камерах с принудительной циркуляцией воздуха (при работе вентиляторов) — 15;

для тех же поверхностей, но без принудительной циркуляции воздуха — 7—10;

для перекрытий при расположении холодной камеры над теплой — для пола верхней камеры — 5;

для потолка нижней камеры — 7;

для перекрытий при расположении теплой камеры над холодной с обеих сторон — 5.

Несмотря на защиту тепловой изоляции от увлажнения, со временем ее качество ухудшается, поэтому значение коэффициента теплопередачи увеличивается на 10—15%, для чего в формулу определения k вводят коэффициент запаса равный 1,15.

Расчетный коэффициент теплопередачи принимают в калорическом расчете при определении теплопритоков через ограждения холодильника.

Калорический расчет

Запроектированный температурный режим в охлаждаемых помещениях холодильника может поддерживаться лишь в том случае, если теплопритоки в камеры будут синхронно компенсироваться холодильной машиной. Следовательно, необходимо возможно точнее подсчитать теплопритоки в холодильные камеры, т. е. произвести калорический расчет, данные которого служат основанием для определения производительности холодильной машины и расчета холодильного оборудования.

Калорический расчет может быть произведен после того, как определены площади охлаждаемых помещений, разработаны и приняты технологический процесс и планировка холодильника, назначены температура и влажность воздуха камер, намечены и рассчитаны изоляционные конструкции их ограждений. Так как продолжительность работы холодильной машины в течение суток назначают позже, то калорический расчет ведут по суточному теплопритоку.

Суммарный суточный теплоприток определяют по уравнению

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4,$$

- где Q_1 — теплоприток через внешние ограждения, *ккал/сутки*;
 Q_2 — количество тепла, выделяемого продуктами при их охлаждении или замораживании, а также при производстве льда, *ккал/сутки*;
 Q_3 — количество тепла, вносимого наружным воздухом, при вентиляции камер холодильника, *ккал/сутки*;
 Q_4 — прочие теплопритоки, возникающие при эксплуатации холодильника (при открывании дверей, при работе людей в камере, при горении электролампочек и т. п.).

Расчет производят по охлаждаемым помещениям, и итоги его определяют тепловую нагрузку на приборы охлаждения отдельных камер. Суммарный теплоприток по холодильнику складывается из теплопритоков по всем холодильным камерам; итоги его используют для установления холодопроизводительности холодильных машин.

Теплоприток через внешние ограждения или расход холода на теплопередачу Q_1 находят по формуле

$$Q_1 = \sum Fk (t_n - t_k) 24 \text{ ккал/сутки},$$

где F — поверхность теплопередачи стен, пола, потолка каждой камеры, m^2 ;

k — коэффициент теплопередачи для ограждения, $\text{ккал}/m^2\text{час}^\circ\text{C}$;

t_n — температура с внешней стороны теплопередающей поверхности (температура наружного воздуха, почвы, соседнего более теплого помещения), $^\circ\text{C}$;

t_k — температура воздуха в камере, $^\circ\text{C}$,

24 — количество часов.

Поверхность теплопередачи определяют по длине стен углового помещения — от оси внутренней стены до внешней границы наружной стены; длине стен внутреннего помещения — от оси одной стены до оси другой стены; высота помещения — от чистого пола камеры до чистого пола следующего этажа, а для верхнего этажа — от чистого пола камеры до поверхности чердачной засыпки.

Температуру наружного воздуха определяют по климатическому справочнику, причем расчетная температура может быть найдена по приближенной формуле

$$t_n = 0,4t_{\text{см}} + 0,6t_{\text{макс}},$$

где $t_{\text{см}}$ — среднемесячная температура самого жаркого месяца, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{макс}}$ — максимальная суточная температура, $^\circ\text{C}$.

В качестве средних величин в приближенном расчете принимают температуру наружного воздуха по климатическим зонам: северной — 26, средней — 28 и южной — 32 $^\circ$, температуру почвы под полом соответственно 10, 14 и 18 $^\circ$.

Температура охлаждаемых помещений устанавливается в зависимости от их назначения.

Для наружных стен холодильных камер, обращенных на солнечную сторону, в дополнение к теплопритоку через ограждения подсчитывают еще теплоприток от солнечной радиации

$$Q_1^p = kF_p \Delta t_p \text{ ккал/сутки},$$

где k — коэффициент теплопередачи ограждения, $\text{ккал/м}^2\text{час}^\circ\text{С}$;

F_p — поверхность ограждения, обращенная на солнечную сторону, м^2 ;

Δt_p — избыточная разность температур, характеризующая действие солнечной радиации, $^\circ\text{С}$;

z — продолжительность солнечного сияния, час/сутки .

Избыточная разность температур Δt_p вычисляется для стен и плоских кровель по формуле

$$\Delta t_p = 0,75 \frac{I \cdot p}{\alpha} \text{ } ^\circ\text{С},$$

где I — расчетное напряжение солнечной радиации для летнего периода, $\text{ккал/м}^2\text{час}^\circ\text{С}$;

p — коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью ограждения, его принимают от 0,4 до 0,9 в зависимости от материала;

α — коэффициент теплоотдачи от наружного воздуха поверхности ограждения, в среднем принимают равным 20, в ветреную погоду 25, при отсутствии ветра 15;

0,75 — коэффициент, учитывающий влияние тепловой инерции массивной ограждающей конструкции.

Расчетные напряжения солнечной радиации для летнего периода приводятся в табл. 39.

Таблица 39

Расчетные напряжения солнечной радиации для летнего периода
(по И. К. Разумову)

Поверхности	Ориентировка поверхности по частям света								
	ю			ю. в.	ю. з.	в.	з.	с	с. з.
	40°	50°	60°	от 40°	до 60°	от 40°	до 60°	от 40°	до 60°
Вертикальная (в среднем 325)	240	330	400	360	410	400	480	210	230
Горизонтальная	—	—	—	—	550	550	550	—	—

Продолжительность солнечного сияния для южных районов равна 11—12 час. в сутки, для средней полосы — 9—10 час. в сутки.

Количество тепла, выделяемое продуктами при их охлаждении и замораживании, или расход холода на технологическую

обработку продукции Q_2 , а также расход холода при производстве льда можно определить по следующим формулам:

при охлаждении продуктов

$$Q_2 = (Gc + G_T c_T) (t_H - t_K) \text{ ккал/сутки};$$

при замораживании продуктов

$$Q_2 = G [c(t_H - t_3) + \omega W 80 + c'(t_3 - t_K)] + G_T c_T (t_H - t_K) \text{ ккал/сутки};$$

при производстве льда

$$Q_2 = G (120 - 140) \text{ ккал/сутки},$$

где G — вес продуктов или вес льда, вырабатываемого за сутки, кг;

c — теплоемкость продуктов при охлаждении, ккал/кг °С;

G_T — вес тары, который в среднем принимают равным 10% веса затаренных продуктов, кг;

c_T — теплоемкость тары, ккал/кг °С;

t_H — начальная температура продуктов и тары, °С;

t_K — конечная температура продуктов и тары, °С;

ω — количество вымерзающей в продукте влаги, в долях единицы;

W — содержание влаги, в долях единицы;

80 — скрытая теплота замерзания воды, ккал/кг;

c' — теплоемкость продуктов при замораживании, ккал/кг °С;

t_3 — температура начала льдообразования в продукте, °С;

120—140 — ориентировочный расход холода при производстве 1 кг льда, ккал.

Теплоемкость продуктов в зависимости от их вида принимают при температуре выше точки замерзания клеточного сока от 0,52 до 0,94 ккал/кг °С. При температуре ниже точки замерзания клеточного сока она уменьшается в 1,5—2 раза. Теплоемкость рыбы и рыбных продуктов приводится в специальных справочниках, в среднем для тощей рыбы $c = 0,82$, $c' = 0,43$; для жирной рыбы $c = 0,68$, $c' = 0,38$.

Значение c_T можно принять для деревянной тары 0,6, металлической 0,1, стеклянной 0,2 ккал/кг °С. Конечную температуру рыбных продуктов принимают при охлаждении 0 ÷ -1, замораживании и длительном хранении мороженых рыбопродуктов -18 ÷ -25°. Количество вымерзающей воды в мясе и рыбе при их замораживании находят по табл. 40.

Содержание влаги в рыбе можно принять для тощей 0,78, для жирной 0,60.

Температура начала льдообразования в продукте для пресноводных рыб $t_3 = -1^\circ$, для морских рыб $t_3 = -2^\circ$.

Таблица 40

Количество вымерзшей воды

Конечная температура замораживания, °С	Вымороженная часть воды	Конечная температура замораживания, °С	Вымороженная часть воды	Конечная температура замораживания, °С	Вымороженная часть воды	Конечная температура замораживания, °С	Вымороженная часть воды
—1	0,000	—6	0,713	—14	0,856	—35	0,978
—1,5	0,421	—7	0,740	—16	0,878	—40	0,989
—2	0,497	—8	0,763	—18	0,895	—45	0,995
—3	0,583	—9	0,784	—20	0,910	—50	0,999
—4	0,639	—10	0,802	—25	0,940	—55	1,000
—5	0,680	—12	0,832	—30	0,962		

Тепло, отводимое от продуктов при охлаждении, подмораживании и замораживании, может быть определено также по разности энтальпий. Энтальпия рыбы и рыбного филе приводится в табл. 41.

Таблица 41

Энтальпия рыбы и рыбного филе (ккал/кг)

Рыба	Температура °С								
	20	15	10	5	0	—5	—10	—15	—20
Тощая	80,3	71,9	71,9	67,7	63,5	15,3	8,0	3,4	0
Жирная	75,8	71,8	67,7	63,6	59,5	14,7	7,8	3,4	0
Филе	84,8	80,4	76,0	71,7	67,3	10,0	8,3	3,5	0

$$Q_2 = G (i_n - i_k) \text{ ккал/сутки,}$$

где G — вес продуктов, кг;

i_n, i_k — энтальпия продуктов при начальной и конечной температуре, ккал/кг.

Количество тепла, вносимое наружным воздухом при вентиляции камер холодильника Q_3 ккал/сутки, определяют по формулам

$$Q_3 = Va [c(t - t_k) + r(gf - g_1 f_1)] \text{ ккал/сутки}$$

или

$$Q_3 = Va \gamma (i - i_k) \text{ ккал/сутки,}$$

где V — объем охлаждаемого помещения, м³;

a — кратность вентиляции, обычно 1—3 объема в сутки;

c — теплоемкость воздуха, ккал/м³ °С (0,31);

- t и t_k — соответственно температура воздуха наружного и холодильной камеры, °С;
 i и i_k — соответственно энтальпия воздуха наружного и холодильной камеры, ккал/кг;
 r — теплота, выделяемая при конденсации влаги воздуха (если влага выделяется в виде капель $r = 0,61$, в виде инея — $r = 0,69$);
 g и g_1 — соответственно содержание влаги для насыщенного воздуха при t и t_k , г/м³;
 f и f_1 — соответственно содержание влаги в воздухе при t и t_k , %;
 γ — объемный вес наружного воздуха, кг/м³.

Объемный вес воздуха γ и энтальпию i и i_k находят по i , x -диаграмме согласно заданным температурам и относительной влажности камер холодильника.

Прочие теплопритоки, возникающие при эксплуатации холодильника Q_4 , зависят от условий эксплуатации и могут быть учтены лишь приблизительно.

Такие теплопритоки, как например теплопритоки, возникающие вследствие работы механизмов (вентиляторов, насосов), или тепло, выделяемое работающими в камерах людьми, электроосветительной системой, можно определить расчетом. Тепло, эквивалентное работе механизмов, вычисляют по формуле

$$Q'_4 = 860 (N_1 Z_1 + N_2 Z_2 \dots) \text{ ккал/сутки},$$

где 860 — тепловой эквивалент 1 квт/час;

N_1 — мощность на валу насоса, работающего Z_1 часов в течение суток;

N_2 — мощность на валу вентилятора, работающего Z_2 часов в течение суток.

Тепло, выделяемое людьми и электроосветительной системой, находят по формуле

$$Q''_4 = 200mZ + m_1 Z_1 \text{ ккал/сутки},$$

где 200 — число калорий, вносимых одним человеком за 1 час работы,

m — число одновременно работающих людей;

Z — время работы одного человека, час;

m_1 — общее число свечей включенных ламп;

Z_1 — число часов горения ламп (одна свеча лампы выделяет 1 ккал/час.).

Однако другие теплопритоки, связанные с эксплуатацией холодильника, не поддаются расчету и поэтому, исходя из опыта, Q_4 ориентировочно оценивается в 10% от Q_1 , т. е.

$$Q_4 = 0,1 Q_1 \text{ ккал/сутки}.$$

Для производственно-заготовительных холодильников ориентировочное соотношение отдельных теплопритоков принимают в %: Q_1 — 15; Q_2 — 70; Q_3 — 3; Q_4 — 12.

В результате калорического расчета составляют сводку теплопритоков по охлаждаемым помещениям и однозначным или близким температурам. Суммарный теплоприток по каждой камере позволяет рассчитать и подобрать приборы охлаждения каждой камеры, а общий теплоприток, распределенный по температурным группам, служит основанием для расчета и подбора холодильных машин и их элементов.

СПОСОБ ОХЛАЖДЕНИЯ КАМЕР ХОЛОДИЛЬНИКА

Способ охлаждения камер определяется назначением холодильника, условиями технологической обработки и хранения продуктов и общими условиями технической эксплуатации пред-

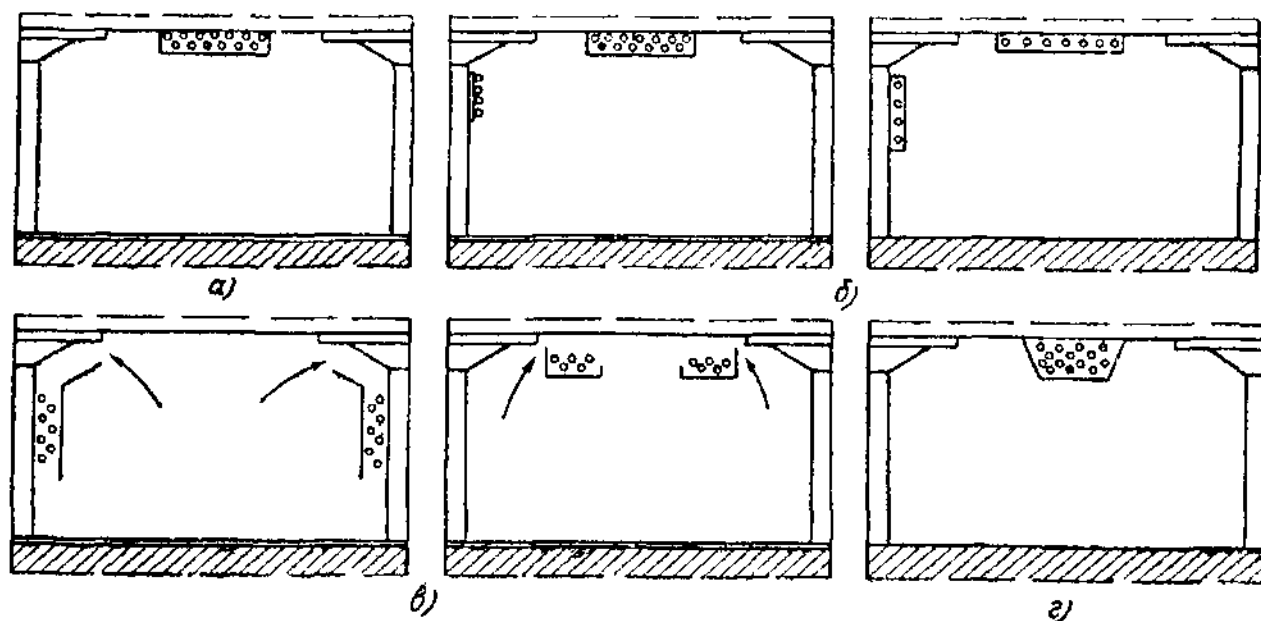


Рис. 136. Расположение батарей в камерах холодильника:
 а — потолочное равномерное, б — потолочно-пристенное, в — групповое,
 г — сосредоточенное

приятия. Выбор способа охлаждения — одна из существенных задач, которую решают в процессе проектирования холодильной установки.

Известны следующие способы охлаждения камер холодильника или трюмов рефрижераторных судов: непосредственным испарением холодильного агента, рассольное, воздушное, смешанное, внекамерное.

При первых двух способах охлаждаемые помещения (камеры, трюмы) оборудуют теплообменными приборами — батареями, представляющими собой трубчатые системы, в которых циркулирует тепловоспринимающее вещество.

Большое значение имеет правильное размещение батарей в камерах. На рис. 136 показан пример их расположения.

При равномерном размещении батарей под потолком создается заслон для проникновения через эту поверхность тепла, и холодный воздух от батарей опускается вниз по всему живому сечению камеры. Потолочно-пристенное размещение батарей создает дополнительный заслон у теплых стен.

Групповое размещение батарей рассчитано на увеличение конвекционных токов воздуха внутри камеры, что способствует поддержанию более равномерной температуры воздуха во всех участках камеры. Ту же цель преследуют сосредоточенным размещением батарей у потолка над главным проходом в камере, одновременно этим достигают более полное использование грузового объема камеры.

Наиболее целесообразным является потолочно-пристенное расположение батарей в камерах.

Охлаждение непосредственным испарением холодильного агента

При этой системе охлаждения батареи или стеллажи, размещенные в холодильных камерах, выполняют функцию испарителя холодильной машины. Холодильный агент от регулирующего вентиля направляется в трубчатые системы, где кипит за счет теплоты, отнимаемой от воздуха камеры, или находящихся в ней продуктов. Температура кипения холодильного агента должна быть ниже запроектированной в камере. Но чрезмерно большой перепад температуры кипения агента и воздуха понижает температуру кипения агента, а следовательно, и уменьшает холодопроизводительность компрессора, в то время как небольшой температурный перепад приводит к увеличению поверхности батарей в камере. Оптимальной разностью температур между температурами камеры и кипения холодильного агента считают 10° .

Преимуществом этого способа охлаждения является простота установки и возможность поддержания более высокой температуры испарения агента. Последнее объясняется отсутствием промежуточного холодоносителя и важно с экономической точки зрения. Кроме того, установки с непосредственным испарением агента позволяют при включении холодильной машины быстро охлаждать камеры и применять трубопроводы меньшего сечения, так как холодоотдача 1 кг агента больше, чем 1 кг жидкого холодоносителя (рассола).

Но этот способ охлаждения имеет и недостатки: малую аккумулялирующую способность приборов охлаждения и трудность

распределения холодильного агента в разветвленной сети приборов охлаждения. Эти недостатки часто приводят к нарушению температурного режима в холодильных камерах.

Рассольное охлаждение

Холодильная установка при этом способе охлаждения камер сложнее, так как включает две взаимосвязанные системы: холодильного агента и рассольную.

Холодильная машина работает на испаритель, охлаждая до заданной температуры рассол. Холодный рассол насосом нагнетается в приборы камерного охлаждения, охлаждающие или замораживающие аппараты, где осуществляет холодильное действие.

Способ рассольного охлаждения отличается хорошей аккумулялирующей способностью приборов охлаждения, благодаря чему в камерах можно поддерживать достаточно устойчивый оптимальный температурный режим, а также простотой регулирования температуры в камерах путем изменения количества циркулирующего в батареях рассола.

Однако такое охлаждение связано с необходимостью поддерживать более низкую температуру кипения холодильного агента, так как температура кипения на $5-6^{\circ}$ ниже рассола, а его температура на $8-10^{\circ}$ ниже воздуха в камерах. При более низкой температуре кипения агента холодопроизводительность и экономичность работы холодильной машины понижаются.

Так как при рассольной системе необходимо иметь дополнительное оборудование (испаритель, насосы), то металлоемкость холодильной системы повышается точно так же, как увеличивается, примерно на 20% расхода электроэнергии по сравнению со способом охлаждения непосредственным испарением агента. Недостатком этой системы является также корродирующее воздействие солевых растворов на металлические элементы установки.

Воздушное охлаждение

Холодильная машина работает на воздухоохладитель, а трубчатые приборы камерного охлаждения заменены воздушными каналами (рис. 137). При воздушном охлаждении вентилятор осуществляет побудительную циркуляцию воздуха, благодаря которой холодный воздух лучше контактируется с продуктами, размещенными в камере. Кроме того, воздушное охлаждение позволяет вентилировать камеры, предварительно охлаждая и осушая наружный воздух.

Недостатками способа воздушного охлаждения являются малая аккумулирующая способность оборудования, более значительная усушка хранящихся в камерах продуктов, дополнительная затрата (на 25—30%) электроэнергии на работу вентиляторов и увеличенная кубатура помещения (для воздухоохлаждающих).

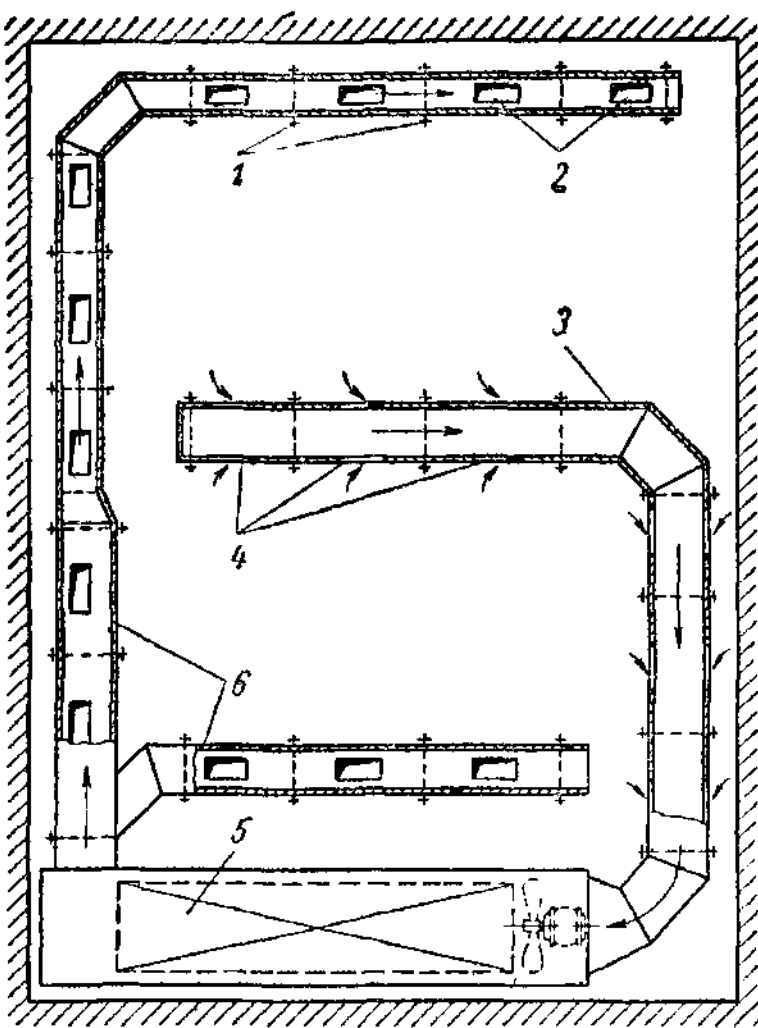


Рис. 137. Схема воздушного охлаждения камеры:

1 — подвеска, 2, 4 — окна отверстия, 3 — отсасывающий канал, 5 — воздухоохладитель с вентилятором, 6 — нагнетательные каналы

Воздушная рубашка представляет собой свободное пространство, образуемое между наружным ограждением охлаждаемого помещения и теплозащитной стенкой, которую сооружают с внутренней стороны по периметру помещения. В московском холодильнике № 12 воздушная рубашка устроена поэтажно, для каждой холодильной камеры отдельно.

В продухе шириной 60 см под перекрытием установлены батареи, охлаждающие воздух в рубашке до температуры камеры. Внешние теплопритоки через чердачное перекрытие поглощаются воздухом, который охлаждается батареями, расположенными над перекрытием верхнего этажа холодильника. Некоторые внутренние теплопритоки, например из смежных или выше и ниже расположенных камер, от доохлаждаемых продуктов и т. д., по-

способ воздушного охлаждения довольно широко распространен для камер хранения затаренных продуктов, камер термической обработки пищевых продуктов и камер с плюсовыми температурами.

Внекамерное охлаждение

Принцип внекамерного охлаждения состоит в том, что все внешние теплопритоки холодильника поглощаются вне холодильных камер. Это осуществляют при помощи теплозащитной воздушной рубашки, в которой воздух циркулирует вследствие разности удельных весов теплого и охлажденного воздуха или принудительно.

глощаются в камерах дополнительно устанавливаемыми в них батареями. При способе внекамерного охлаждения создаются лучшие условия для хранения пищевых продуктов, усушка которых уменьшается примерно в два раза.

За рубежом (Канада) построены холодильники с теплозащитной рубашкой по всей наружной поверхности холодильника, в которой воздух охлаждается в воздухоохладителе, размещенном также внутри рубашки, и циркулирует в продуктах при помощи вентилятора.

Проф. С. Г. Чуклин предложил систему панельного охлаждения камер хранения, представляющую собой совмещенную конструкцию батареи и теплозащитной рубашки. В этом случае воздушный поток шириной 250 мм образуется в камере между наружной стеной и сплошными охлаждающими приборами в виде пристенной однорядной батареи, к трубам которой со стороны камеры плотно приваривают стальную пластину толщиной 1—1,5 мм.

Внешние теплопритоки поглощаются этой сплошной батареей, не требуя понижения температуры испарения холодильного агента против температуры камеры и значительно уменьшая усушку продуктов.

Смешанное охлаждение

В некоторых случаях целесообразно охлаждаемые помещения оборудовать по способу смешанного охлаждения. В практике холодильные камеры оснащаются одновременно батареями непосредственного испарения и воздухоохладителями (с воздуховодами или бесканальными), причем те и другие могут действовать одновременно или раздельно. Смешанное охлаждение эффективно применяется в камерах замораживания, в универсальных и других случаях. В камерах, оборудованных смешанным охлаждением, усиленной циркуляцией воздуха, создаются более благоприятные условия для осуществления процессов охлаждения или замораживания продуктов; если же теплопритоки от продуктов отсутствуют — воздухоохладители отключают.

Возможны и другие варианты смешанного охлаждения камер, в зависимости от их назначения и технологических особенностей процессов.

При проектировании производственно-заготовительных холодильников, в которых предусматривают камеры с низкими температурами воздуха, обычно принимается способ охлаждения с непосредственным испарением агента. В том случае, когда на холодильнике проектируют большое число камер с различным температурным режимом, применяют рассольное охлаждение. Часто камеры замораживания пищевых продуктов оборудуют

потолочными и пристенными батареями непосредственного испарения агента и одновременно системой воздушного охлаждения, а низкотемпературные камеры хранения мороженых продуктов — только потолочными и пристенными батареями. Прогрессивными являются способы внекамерного охлаждения.

Расчет и подбор холодильного оборудования

После того как произведен калорический расчет, т. е. выявлены все теплопритоки, которые должны поглощаться холодильной машиной, и выбран способ охлаждения камер холодильника, рассчитывают и подбирают необходимое холодильное оборудование (компрессоры, конденсаторы, испарители и приборы охлаждения).

Главными элементами, определяющими расчет основного холодильного оборудования и его выбор, являются: назначение температурного режима холодильной установки, учет дополнительного теплопритока при расчете компрессоров; установление продолжительности работы холодильной машины.

По итогу калорического расчета для каждой холодильной камеры или запроектированного процесса намечается температурный режим, т. е. рабочие условия холодильной установки.

Так как рыбопромышленные производственно-заготовительные холодильники являются сложными производственными предприятиями, в которых осуществляют различные холодильные процессы, то обычно рабочие условия в них характеризуются несколькими температурами в камерах и аппаратах. Чтобы избежать неоправданной сложности холодильной установки, охлаждаемые камеры и процессы (например, замораживания рыбы, производства льда) разбивают на группы, включая в одну группу потребители холода, близкие по температурному режиму.

Для каждой группы, отмечаемой в сводной таблице калорического расчета, назначают температуру кипения холодильного агента, и если та или иная группа потребителей холода представлена значительным теплопритоком, то целесообразно для компенсации этого теплопритока рассчитать и выбрать отдельный компрессор. Назначая температуры кипения агента, руководствуются установленными опытом температурными перепадами, т. е. разницей между запроектированными температурами воздуха в камере и кипения агента.

При охлаждении непосредственным испарением холодильного агента, температуру кипения его принимают на $9-10^\circ$ ниже температуры воздуха камеры холодильника, при рассольном — она на 5° ниже температуры рассола, а температура последнего на $8-10^\circ$ ниже температуры воздуха в камере.

Таким образом, при рассольном охлаждении температуру кипения агента устанавливают на 13—15° ниже температуры воздуха в холодильных камерах.

Продолжительность работы холодильной машины оказывает влияние на первоначальные затраты по основному холодильному оборудованию и на стабильность запроецированного температурного режима в камерах и аппаратах. При максимальной продолжительности работы холодильной машины (24 часа в сутки) компрессор равномерно поглощает тепло, которое непрерывно проникает в пределы изолированного контура холодильника. В этом случае установочная холодопроизводительность компрессора наименьшая, колебания температуры в камерах менее выражены, но эксплуатационные расходы (обслуживание компрессора, износ его) максимальны.

При минимальной продолжительности работы холодильной машины, например 14—15 часов в сутки, должен быть установлен больший компрессор, вырабатывающий за это время количество холода, равное суточному теплопритоку. В этом случае установочная холодопроизводительность компрессора наибольшая, колебания температуры в камерах более ощутительны, особенно в те часы, когда компрессор не работает, но эксплуатационные расходы умеренные.

Сообразуясь с этим продолжительность работы машин крупных холодильников обычно принимают 20—22 часа в сутки.

При расчете компрессора, кроме теплопритоков, определенных калорическим расчетом, учитывают теплоприток через поверхность трубопроводов и испарителей, т. е. потери холода в самой машине. Этот теплоприток обычно составляет при охлаждении непосредственным испарением холодильного агента 5—7%, при рассольном — 10—12% общего теплопритока, определенного калорическим расчетом.

Тогда холодопроизводительность холодильного компрессора при рабочих условиях равна

$$Q_{0 \text{ раб}} = \frac{\Sigma Q_{\text{общ}}}{Z_{\varphi}} \text{ ккал/час,}$$

где $Q_{0 \text{ раб}}$ — холодопроизводительность компрессора при рабочих условиях, ккал/час;

$Q_{\text{общ}}$ — суточный теплоприток, установленный калорическим расчетом по определенной группе потребителей холода, ккал/сутки;

Z — продолжительность работы холодильной машины, час/сутки;