Внутренние санитарно-технические устройства

Часть 1

Отопление

Справочник проектировщика

Москва
Стройиздат

СПРАВОЧНИК ПРОЕКТИРОВЩИКА

Серия основана в 1975 году

Внутренние санитарно-технические устройства

В трех частях

4-е издание, переработанное и дополненное

Под редакцией канд.техн.наук
И.Г. Староверова и инж. Ю.И. Шиллера

Часть 1
Отопление

Москва
Стройиздат
1990

ББК 38.762.1
В 60
УДК 697.1(035.5)

Главная редакционная коллегия серии: В. М. Спиридонов (гл. редактор), Ю. Н. Андрианов А. А. Вихрев, С. М. Гликин, В. П. Илюхин, В. А. Касаткин, С. С. Кормилов, В. И. Королев В. В. Кузнецов, В. В. Михеев, С. Н. Никитин, Н. И. Орехова, С. Д. Чубаров.

Авторы: В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканави, А. Г. Егиазаров, Л. М. Михайлов В В. Невский, Л. Ф. Моор, Е. О. Шилькрот, А. Л. Наумов, С. М. Финкельштейн, Н. В. Харченко С. С. Васильев, А. З. Ивянский, Н. И. Староверова, А. П. Варфоломеева.

Редактор Н. А. Хаустова

В 60 **Внутренние** санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. I. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканави и др.; Под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.: ил. – (Справочник проектировщика).
ISBN 5-274-00523-3

Приведены основные сведения по расчету теплового режима помещений, выбору, конструированию и расчету систем отопления зданий и сооружений. Изложена методика использования теплоты геотермальных вод и солнечной энергии. Изд. 3-е вышло в 1975 г. под назв. «Отопление, водопровод и канализация».

Для инженерно-технических работников проектных и строительных организаций.

В $\frac{3309000000-627}{047(01)-90}$ КБ-8-117-90

ББК 38.762.1

ISBN 5-274-00523-3 (Ч. 1)
ISBN 5-274-00554-3

© **Стройиздат, 1975**
© **В. Н. Богословский, А. Н. Сканави и коллектив авторов, 1990, с изменениями**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Выполнение грандиозных объемов строительства требует от советских ученых и инженеров поисков новых творческих решений, разработки наиболее прогрессивных и экономичных конструкций. Основными направлениями экономического и социального развития СССР поставлена задача повышения уровня научных исследований, значительного сокращения сроков внедрения достижений науки и техники. Большие задачи стоят, в частности, перед строительной наукой в совершенствовании методов расчета и проектирования конструкций и сооружений. Рассчитать конкретную конструкцию без знания теории и практики расчета невозможно. Большое практическое значение теории расчета, сложность возникающих проблем, математические трудности, связанные с решением отдельных задач, потребовали широкого освещения этих вопросов в отечественной литературе.

Материал данного справочника переработан и дополнен в соответствии с новыми техническими решениями и рекомендациями новых нормативных документов.

Составление справочника возглавил ГПИ Сантехпроект, рецензирование выполнено Московским Промстройпроектом. При написании справочника использованы материалы Союзсантехпроекта, МИСИ им. В. В. Куйбышева, Московского и Ленинградского Промстройпроекта, ЦНИИПромзданий, ЦНИИЭП инженерного оборудования.

В составлении справочника принимали участие: д-р техн. наук проф. В. Н. Богословский и канд. техн. наук Б. А. Крупнов (гл. 1-6), канд. техн. наук проф. А. Н. Сканави (гл. 7-10, прил. X), Л. М. Михайлов (гл. 9, 10, прил. X), канд. техн. наук И. Г. Староверов (гл. 11, 14), В. В. Невский (гл. 11, 14, прил. XII), Л. Ф. Моор (гл. 12), канд. техн. наук Е. О. Шилькрот и канд. техн. наук А. Л. Наумов (гл. 13), канд. техн. наук А. Г. Егиазаров (гл. 15), канд. техн. наук Н. В. Харченко и С. С. Васильев (гл. 16), канд. техн. наук А. З. Ивянский (гл. 17), канд. техн. наук Н. И. Староверова (прил. I), канд. техн. наук А. П. Варфоломеева (прил. II), С. М. Финкельштейн (прил. III–X).

РАЗДЕЛ I. ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ЗДАНИЯ

ГЛАВА 1. ВНУТРЕННИЕ И НАРУЖНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

1.1. Метеорологические условия в помещениях

Микроклимат помещения характеризуется совокупностью температуры воздуха и поверхностей, обращенных в помещение, влажностью и скоростью движения воздуха. Значения параметров микроклимата следует принимать в зависимости от назначения помещения, категории работ и периода года, исходя из требований комфорта для находящихся в помещении людей и нормального протекания технологического процесса.

Температура помещения. Температурные условия в помещении определяются сочетанием температуры воздуха $t_в$ и температуры внутренних поверхностей τ_i. Осредненную температуру внутренних поверхностей относительно одной из поверхностей, называемую радиационной температурой t_R относительно человека, находящегося в середине помещения, определяют так:

$$t_R = \Sigma \tau_i \varphi_{ч-i}, \qquad (1.1)$$

где $\varphi_{ч-i}$ – коэффициенты облученности с поверхности человека на отдельные окружающие его поверхности [2,3].

Приближенно величину t_R допускается определять осредненной по площадям отдельных поверхностей F_i

$$t_R \approx \Sigma \tau_i F_i / \Sigma F_i. \qquad (1.2)$$

Температурная обстановка в помещении характеризуется результирующей температурой помещения $t_п$, принимаемой для обычных помещений с небольшой подвижностью воздуха (0,1–0,15 м/с),

$$t_п = 0{,}5(t_в + t_R). \qquad (1.3)$$

Температурная обстановка в помещении должна удовлетворять требованиям комфортности.

Первое условие комфортности определяет температурную обстановку, при которой человек, находясь в середине помещения, отдавая все явное тепло, не испытывает ощущения перегрева или переохлаждения. Математическая запись первого условия связывает между собой температуры $t_в$, t_R и $T_п$ $(И)$. Значение $t_п$ $(И)$ зависит от категории работ (табл. 1.1).

ТАБЛИЦА 1.1

ЗНАЧЕНИЯ $t_п$ $(И)$

Категория работы	Теплоотдача организма, Вт (ккал/ч)	Значения $t_п$ $(И)$ в период года	
		холодный	теплый
Легкая	До 172 (150)	21	26
Средней тяжести	До 293 (250)	18,5	24
Тяжелая	Более 293 (250)	16	22

Для холодного периода года

$$t_R = 1{,}57\, t_п(И) - 0{,}57\, t_в \pm 1{,}5. \qquad (1.4)$$

Температуры $t_п$, t_R необходимо определять для помещений, имеющих большие охлажденные поверхности (два и более наружных ограждения) или развитые нагретые поверхности (например, при панельно-лучистом отоплении). Для обычных помещений значения $t_п$ и t_R можно принимать равными $t_в$.

Второе условие комфортности ограничивает интенсивность лучистого теплообмена, когда человек находится вблизи нагретых или охлажденных поверхностей ограждений (до стены на расстоянии до 1 м).

Допустимая температура поверхности стены и потолка в холодный период года принимается равной:

для нагретой поверхности (при допустимой теплоотдаче излучением 11,6 Вт/м^2

$$\tau_п^{доп} \leqslant 19{,}2 + 8{,}7/\varphi_{ч-п}; \qquad (1.5)$$

для охлажденной поверхности (при допустимой теплоотдаче излучением 70 Вт/м^2)

$$\tau_п^{доп} \geqslant 23 - 5/\varphi_{ч-п}. \qquad (1.6)$$

Минимально допустимую температуру окна (при теплоотдаче излучением не более 93 Вт/м^2) следует принимать

$$\tau_{ок}^{доп} \geqslant 14 - 4{,}4/\varphi_{ч-ок}, \qquad (1.7)$$

где $\varphi_{ч-п}$, $\varphi_{ч-ок}$ – коэффициенты облученности от наиболее невыгодно расположенной части поверхности тела человека на нагретую или охлажденную поверхность.

Расчетные условия в помещении и их обеспеченность. Метеорологические условия в помещениях для холодного периода и переходных

условий в пределах оптимальных и допустимых норм следует принимать:

а) в обслуживаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений при непрерывном пребывании людей более 2 ч – по табл. 1.2;

ТАБЛИЦА 1.2

ОПТИМАЛЬНЫЕ (В ЧИСЛИТЕЛЕ) И ДОПУСТИМЫЕ (В ЗНАМЕНАТЕЛЕ) НОРМЫ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА В ОБСЛУЖИВАЕМОЙ ЗОНЕ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И АДМИНИСТРАТИВНО-БЫТОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД И ДЛЯ ПЕРЕХОДНЫХ УСЛОВИЙ (СОГЛАСНО СНиП 2.04.05–86)

Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
$\frac{20-22}{18-22}$	$\frac{45-30}{\leqslant 65}$	$\leqslant 0.2$

Примечание. Для общественных и административно-бытовых помещений с пребыванием людей в уличной одежде следует принимать температуру воздуха 14 °С.

б) в рабочей зоне производственных помещений и в кабинах крановщиков (кроме помещений, для которых метеорологические условия установлены другими нормативными документами) – по табл. 1.3;

в) в животноводческих, звероводческих и птицеводческих зданиях, сооружениях для выращивания растений, зданиях для хранения сельскохозяйственной продукции – в соответствии с нормами технологического и строительного проектирования.

Вместо допустимых параметров воздуха в помещении можно принимать оптимальные, если это экономически целесообразно.

Расчетную температуру воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне помещений следует принимать:

а) при проектировании отопления – минимальную из указанных значений;

б) при проектировании вентиляции и кондиционирования для ассимиляции теплоизбытков – максимальную из указанных значений, при отсутствии теплоизбытков – минимальную;

в) в производственных помещениях с полностью автоматизированным технологическим оборудованием, при непрерывном пребывании людей не более 2 ч, отсутствии технологических требований и теплоизбытков и расчетных параметрах наружного воздуха Б – 10°С, при наличии теплоизбытков – экономически целесообразную температуру. В местах производства

ТАБЛИЦА 1.3

ОПТИМАЛЬНЫЕ И ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД И ДЛЯ ПЕРЕХОДНЫХ УСЛОВИЙ (ПО ГОСТ 12.1005–88).

Категория работ	Температура, °С			Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
	оптимальная	допустимая на рабочих местах		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая
		постоянных	непостоянных				
Легкая–Iа	22–24	21–25	18–26			0,1	0,1
Легкая–Iб	21–23	20–24	17–25			0,1	0,2
Средней тяжести–IIа	18–20	17–23	15–24	40–60	75	0,2	0,3
Средней тяжести–IIб	17–19	15–21	13–23			0,2	0,4
Тяжелая–III	16–18	13–19	12–20			0,3	0,5

Примечания: 1. В кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и других помещениях при выполнении работ операторского типа, связанных с нервно-эмоциональным напряжением, должны соблюдаться оптимальные нормы, соответствующие легкой работе Iа.

2. Перепад температуры воздуха по высоте рабочей зоны при всех категориях работ допускается до 3°С.

3. Колебания температуры воздуха по горизонтали в рабочей зоне, а также в течение смены допускаются до 4°С – при легких работах, до 5°С – при средней тяжести работах и до 6°С – при тяжелых работах. При этом абсолютные значения температуры воздуха, измеренной на разной высоте и в различных участках помещений в течение смены, не должны выходить за пределы указанных допустимых величин.

4. При обеспечении оптимальных и допустимых норм параметров микроклимата в холодный период следует применять средства защиты рабочих мест от радиационного охлаждения от остекленных поверхностей оконных проемов.

5. В отдельных помещениях, в которых невозможно или экономически нецелесообразно установить допустимые нормы, следует обеспечить защиту работающих от возможного охлаждения (воздушное душирование, устройство помещений для отдыха и обогревания, применение других средств индивидуальной защиты).

ремонтных работ продолжительностью 2 ч и более непрерывно следует предусматривать повышение температуры воздуха до 16°С передвижными воздухонагревателями;

г) при лучистом нагревании или охлаждении постоянных рабочих мест – по п. 2.7. СНиП 2.04.05– 86;

д) в помещениях отдыха рабочих горячих цехов, подвергающихся облучению с поверхностей плотностью потока 350 Вт/м² и более – 20°С;

е) в помещениях для обогрева людей – 25°С (при радиационном обогреве – 20°С);

ж) в помещениях пультов управления технологическими процессами (на постоянных рабочих местах) – 22°С в течение всего года;

з) при душировании наружным воздухом – по п. 2.3. СНиП 2.04.05–86.

В холодный период года в отапливаемых помещениях производственных, общественных и административно-бытовых зданий в нерабочее время и когда они не используются следует принимать температуру воздуха не ниже 5°С, если это допустимо по условиям технологии и эксплуатации, при этом восстановление нормируемой температуры воздуха в помещениях к началу работы или использования помещения должно быть обеспечено без увеличения приведенных затрат.

Указанные нормы параметров воздуха в помещениях зданий и сооружений следует поддерживать в пределах допустимого числа случаев и продолжительности отклонений их в зависимости от назначения помещения. Численной характеристикой этих показателей является коэффициент обеспеченности $k_{об}$ (табл. 1.4):

по числу случаев отклонений

$$k_{обп} = n/N; \qquad (1.8)$$

по продолжительности отклонений

$$k_{об\Delta z} = \Delta z/\Delta Z, \qquad (1.9)$$

где n, Δz – число случаев и продолжительность поддержания расчетных внутренних условий; N, ΔZ – общее число случаев и общая продолжительность рассматриваемого периода.

При определении коэффициентов обеспеченности для холодного периода года за случай принимается разовое похолодание.

Для переходных условий года расчетные параметры наружного воздуха следует принимать:

а) для систем отопления и вентиляции – температуру воздуха 8°С и удельную энтальгию 22,5 кДж/кг; для систем вентиляции допускается принимать параметры, при которых возможно использование неподогретого наружного воздуха для притока;

б) для систем кондиционирования – пара-

ТАБЛИЦА 1.4

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ $k_{об\ п}$, $k_{об\ \Delta z}$

Характеристика помещения	$k_{об\ п}$	$k_{об\ \Delta z}$	Уровень требований к микроклимату	Параметры наружного воздуха по СНиП (ориентировочно)
Особо высокие санитарно-гигиенические и технологические требования	1	1	Повышенный	Б + (−2)
Круглосуточное пребывание людей или постоянный технологический режим	0,9	0,98	Высокий	Б
Ограниченное во времени пребывание людей	0,7	0,92	Средний	А
Кратковременное пребывание людей	0,5	0,8	Низкий	—

ТАБЛИЦА 1.5

ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЙ

Относительная влажность воздуха, %, при температуре, °С			Влажностный режим помещений
до 12	свыше 12 до 24	свыше 24	
До 60	До 50	До 40	Сухой
Свыше 60 до 75	Свыше 50 до 60	Свыше 40 до 50	Нормальный
» 75	» 60 до 75	» 50 до 60	Влажный
—	» 75	» 60	Мокрый

метры, при которых кондиционер не расходует теплоту и холод.

Характеристика влажностного режима помещения приведена в табл. 1.5.

1.2. Расчетные характеристики наружного климата для холодного периода года

Температура наружного воздуха и скорость ветра. Для холодного периода года определяющими параметрами являются температура наружного воздуха $t_н$ и скорость ветра $v_н$.

Расчетную температуру наружного воздуха в холодный период года следует принимать:

а) для расчета сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, за исключением окон, балконных дверей и фонарей – с учетом показателя тепловой инерции D по табл. 1.6;

ТАБЛИЦА 1.6

ЗНАЧЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

D	$t_н$, °С
До 1,5	$t_{н_{1б}}$ – средняя температура наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98
Свыше 1,5 до 4	$t_{н_1}$ – средняя температура наиболее холодных суток обеспеченностью 0,92
» 4 до 7	$t_{н_3}$ – средняя температура наиболее холодных трех суток
» 7	$t_{н_5}$ – средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92

Примечания: 1. Значение $t_{н_3}$ следует принимать равным $0{,}5\,(t_{н_1} + t_{н_5})$. 2. Для ограждающих конструкций животноводческих зданий с $D < 1{,}5$ температуру $t_н$ следует принимать равной $t_{н_1}$. Для зданий по переработке сельскохозяйственной продукций, эксплуатируемых только осенью или весной, $t_н$ следует принимать равной средней температуре наружного воздуха наиболее холодного месяца за период эксплуатации зданий, уменьшенной на 0,7 максимальной амплитуды суточных колебаний температуры наружного воздуха в этом месяце, принимаемой по прил. 2 СНиП 2.01.01–82.

б) для определения расчетных теплозатрат по прил. 8 и 9 СНиП 2.04.05–86 – в соответствии с расчетными параметрами наружного воздуха, приведенными в табл. 1.7.

Расчетная скорость ветра для расчета сопротивления воздухопроницанию ограждающей конструкции принимается равной:

а) максимальной из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более, на высоте 10 м над поверхностью земли в открытой местности – по прил. 4 СНиП 2.01.01–82;

ТАБЛИЦА 1.7

РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Помещения, здания	Системы	Параметры наружного воздуха
1. Жилые, общественные, административно-бытовые и производственные	Отопление, вентиляция, воздушное душирование, кондиционирование	Б
2. Здания сельскохозяйственного назначения (если параметры не установлены соответствующими нормами проектирования)	Отопление	Б
	Вентиляция	А (допускается при обосновании принимать температуру на 2°С и удельную энтальпию на 2 кДж/кг выше установленной для параметров *А*)
3. Здания, кроме указанных в пп. 1 и 2	Отопление, вентиляция, воздушное душирование, кондиционирование	По соответствующим нормам проектирования

б) средней скорости ветра за январь по румбам повторяемостью 12–15%, если она превышает на 1 м/с наибольшую из средних скоростей ветра по румбам повторяемостью 16% и более – по прил. 4 СНиП 2.01.01–82.

При типовом проектировании следует принимать расчетную скорость ветра 5 м/с, в климатических районах 1Б и 1Г – 8 м/с. Коэффициент, учитывающий изменение скорости ветра в зависимости от высоты над поверхностью земли и типа местности, необходимо принимать по табл. 6 СНиП 2.01.07–85.

Средняя температура и продолжительность отопительного периода. Для зданий с незначительными тепловыделениями средняя температура воздуха $t_{от.пер}$ и продолжительность $Z_{от.пер}$ отопительного периода определяются по числу дней с устойчивой средней суточной температурой наружного воздуха $\leqslant 8$ или 10°С. Значения $t_{от.пер.}$ и $z_{от.пер.}$ приведены в СНиП 2.01.01–82. Для зданий со значительными тепловыделениями, сложным тепловым режимом и т.д. при определении годовых теплозатрат, режима регулирования и пр. необходим специальный расчет характеристик отопительного периода [2].

Зоны влажности территории СССР. Согласно СНиП II–3–79** территория СССР делится на три зоны влажности: 1 зона – влажная (побережье Приморского края, Камчатки, Чукот-

ки, большая часть Сахалина, побережье Прибалтики, Ленинградская обл., Кольский п-ов, центральная и северная части территории Карельской АССР, Черноморское побережье Кавказа); 2 зона – нормальная; 3 зона – сухая (территория Молдовы, средняя и южная части Украины, области Черноземья, среднего и южного Поволжья, Средняя Азия, центральная и восточная части Сибири, часть территории Закавказья.

ГЛАВА 2. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ЧЕРЕЗ ОГРАЖДЕНИЯ

2.1. Стационарная теплопередача

Сопротивление теплопередаче и распределение температуры по сечению многослойного ограждения. Теплопередача через ограждения помещений при наличии разности температур между внутренним и наружным воздухом происходит в результате трех видов переноса теплоты: конвекции, теплового излучения и теплопроводности.

Количество теплоты q, Вт/м^2, проходящей через 1 м^2 поверхности ограждения в единицу времени, равно

$$q = \frac{1}{R_o}(t_в - t_н), \qquad (2.1)$$

где R_o – общее сопротивление теплопередаче, м$^2 \cdot$°С/Вт

$$R_o = R_в + R_к + R_{вп} + R_н = 1/\alpha_в + \Sigma \delta_i/\lambda_i + R_{вп} + 1/\alpha_н;$$

$R_в, R_н$ – сопротивление теплообмену на внутренней и наружной поверхностях ограждения; $R_к$ – термическое сопротивление материальных слоев ограждающей конструкции: $R_{в.п.}$ – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки в толще ограждающей конструкции, принимаемое по прил. 4 СНиП II–3–79**; $\alpha_в$, $\alpha_в$ – коэффициенты теплообмена на внутренней и наружной поверхностях ограждения, Вт/(м$^2 \cdot$°С); δ_i – толщина слоя материала в ограждении, м; λ_i – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, принимаемый по прил. 3 СНиП II–3–79** с учетом условий эксплуатации ограждающих конструкций (табл. 2.1).

ТАБЛИЦА 2.1

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Влажностный режим помещений (см. табл. 1.5)	Условия эксплуатации А и Б в зонах влажности		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции, при расчете теплопередачи не учитываются.

Термическое сопротивление $R_к$ ограждающей конструкции определяется по формулам в зависимости от типа конструкции.

Термическое сопротивление ограждения с однородными слоями различных материалов, последовательно расположенными по направлению движения теплового потока, равно сумме термических сопротивлений отдельных слоев R_i

$$R_{к\parallel} = \Sigma R_i. \qquad (2.2)$$

Если ограждение неоднородно по поверхности, перпендикулярной направлению теплового потока, то

$$R_{к\perp} = \Sigma F_i / \Sigma (F_i / R_i), \qquad (2.3)$$

где F_i – отдельные площади ограждения, м^2, в пределах которых конструкция однородна в направлении, перпендикулярном направлению теплового потока.

Если ограждение неоднородно как в параллельном, так и в перпендикулярном направлении по отношению к направлению теплового потока, то

$$R_к \approx 0{,}33(R_{к\parallel} + 2R_{к\perp}). \qquad (2.4)$$

Приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^{пр}$ наружных ограждений неоднородной конструкции

$$R_o^{пр} = R_o r, \qquad (2.5)$$

где R_o – сопротивление теплопередаче характерного участка ограждающей конструкции, имеющей равномерную температуру внутренней поверхности $\tau_в$; r – коэффициент теплотехнической однородности конструкции, учитывающий влияние стыков, обрамляющих ребер и других теплопроводных включений (см. п.2.3.).

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции (без теплового включения) равна

$$\tau_в = t_в - (t_в - t_н) R_в / R_o. \qquad (2.6)$$

В произвольном сечении ограждения

$$t_x = t_в - (t_в - t_н) R_{в-x}/R_0, \qquad (2\,7)$$

где $R_{в-x}$ – сопротивление теплопередаче от помещения до сечения x, Вт/(м² °С)

Температуру внутренней поверхности ограждающей конструкции в местах теплопроводных включений определяют как указано в п 2 3

Теплообмен на внутренней поверхности наружного ограждения. Коэффициент теплообмена $\alpha_в$ при $t_в \approx t_п \approx t_R$ можно принимать равным сумме коэффициентов конвективного и лучистого теплообмена $\alpha_в = \alpha_к + \alpha_л$

Коэффициент конвективного теплообмена между воздухом и внутренней поверхностью наружного ограждения равен

$$\alpha_к \approx \beta \sqrt[3]{t_в - \tau_в}, \qquad (2\,8)$$

где β – коэффициент, учитывающий положение поверхности и направление теплового потока и принимаемый равным

при вертикальной поверхности	1,66
при горизонтальной поверхности, обращенной вверх	
нагретой	2,26
охлажденной	1,16
при горизонтальной поверхности, обращенной вниз	
нагретой	1,16
охлажденной	2,26

Коэффициент лучистого теплообмена на поверхности помещения равен

$$\alpha_л = C_{пр} b, \qquad (2\,9)$$

где $C_{пр} = \dfrac{1}{1/C_{\tau_в} + (1/C_{t_R} - 1/C_0) F_{\tau_в}/F_{t_R}}$,

$$b = 0{,}81 + 0{,}005(\tau_в + t_R),$$

$C_{пр}$ – приведенный коэффициент излучения внутренних поверхностей $F_{\tau_в}$ и F_{t_R}, имеющих температуру $\tau_в$ и t_R, b – температурный коэффициент, $C_{\tau_в}$, C_{t_R}, C_0 – коэффициенты излучения теплообменивающихся поверхностей и абсолютно черного тела [C_0 = = 5,77 Вт/(м² К⁴) или 4,96 ккал/(ч м² К⁴)]

Коэффициент излучения поверхности C, Вт/(м² К⁴)[ккал/(ч м² К⁴)], в зависимости от материала принимается равным

Алюминий	0,31 (0,27)
Бетон (гладкая поверхность)	3,7 (3,18)
Дерево неокрашенное и окрашенное масляными красками	4,6 (3,96)
Кирпич обыкновенный красный, мрамор, стекло оконное, штукатурка	5,3 (4,56)

В помещениях с поверхностями из бетона, кирпича или покрытыми краской, оклеенными бумагой $C_{пр} \approx 4{,}9$ Вт/(м² К⁴) [4,2 ккал/(ч м² К⁴)]

При теплотехническом расчете внутренних ограждающих конструкций можно принимать следующие значения коэффициента теплообмена $\alpha_в$ Вт/(м² °С) [ккал/(ч м² °С)], согласно СНиП II–3–79**

Стены, полы, гладкие потолки с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию a между гранями соседних ребер $h/a \leqslant 0{,}3$	8,7 (7,5)
Потолки с ребрами при отношении $h/a > 0{,}3$	7,6 (6,5)
Стены помещений, где заполнение животными составляет более 80 кг живой массы на 1 м² пола	12,0 (10)
Зенитные фонари	9,9 (8,5)

В случае конденсации водяных паров на внутренней поверхности или испарения с нее влаги при определении общего теплообмена на поверхности следует учитывать теплоту фазового превращения воды $q_ф$ При этом дополнительный тепловой поток q (при тепловыделениях со знаком плюс, при теплоотдаче – минус) учитывается с помощью условной температуры помещения $t_{п\ усл}$

$$q = \alpha(t_{п\ усл} - \tau), \qquad (2\,10)$$

$$t_{п\ усл} = t_п \pm q_ф/\alpha_в,$$

$$q_ф = ir\,10^{-3}/3{,}6,$$

$$i = \beta_1(e_в - E_\tau),$$

$$r = 2500 + 1{,}8t_в,$$

$$\beta_1 = 0{,}023(t_в - \tau)^{1/3}(e_в - E_\tau)^{2/5},$$

где i – интенсивность конденсации испарения влаги, г/(м² ч), r скрытая теплота фазового превращения воды, кДж/кг, β_1 – коэффициент массообмена на поверхности в помещении, г/(м³ ч Па), $e_в$ – упругость водяных паров в воздухе помещения, Па, E_τ – упругость водяного пара, Па, полностью насыщающего воздух при температуре поверхности τ

Теплообмен на наружной поверхности ограждения. Значения коэффициента теплообмена на наружной поверхности ограждающей конструкции $\alpha_н$, Вт/(м² °С) [ккал/(ч м² °С)], согласно СНиП II–3–79**, для зимних условий следует принимать равными

Наружные стены, покрытия, перекрытия над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительно-климатической зоне	23 (20)

Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительно-климатической зоне	17 (15)
Перекрытия чердачные и над неотапливаемыми подвалами со светопроемами в стенах, а также наружные стены с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12 (10)
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без светопроемов в стенах, расположенные выше поверхности земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже поверхности земли	6 (5)

2.2. Нестационарная теплопередача

Как известно, температура наружного воздуха, скорость и направление ветра, интенсивность солнечной радиации, а также температура воздуха и теплопоступления в помещении изменяются, поэтому в наружных ограждениях происходит процесс нестационарной теплопередачи. Это вызывает необходимость выявления способности или свойства наружных ограждений сохранять относительное постоянство температуры на их поверхностях при изменяющихся тепловых воздействиях (см. гл. 5).

Процессы нестационарной теплопередачи применительно к задаче теплового режима помещения можно разделить на две основные группы: 1) переходные, когда изменяется распределение температуры от одного начального стационарного состояния к другому; 2) периодически изменяющиеся (без начальных условий).

Переходные тепловые процессы. При изменении подачи теплоты в помещение, вызывающем процесс одностороннего нагрева или охлаждения, необходимо определить допустимое изменение во времени температуры поверхности (во избежание перегрева, образования конденсата и т. д.) и в любом сечении x.

Температурное поле (изменение во времени z относительной избыточной температуры в любом сечении ограждения) можно определить, пользуясь рис. 2.1:

$$\theta = \frac{t_x^{\text{тек}} - t_x^{\text{нач}}}{t_x^{\text{кон}} - t_x^{\text{нач}}} = \frac{t_x^{\text{тек}} - t_{x^1}^{\text{нач}}}{qR_o} = f(\text{Fo}, x/\delta_{\text{экв}}), \tag{2.11}$$

где $q = \alpha_в(\tau_в^{\text{нач}} - \tau_в^{\text{кон}})$; $\quad \text{Fo} = z/CR_o$;

$C = c\rho\delta$,

где $t_x^{\text{тек}}$, $t_{x1}^{\text{нач}}$, $t_x^{\text{кон}}$ – температура в сечении x ограждения в текущий момент времени z, при $z = 0$ и $z = \infty$, q – измененный тепловой поток, Вт/м^2, на поверхности, под влиянием которого возник переходный тепловой процесс, Fo – критерий Фурье, $\delta_{\text{экв}}$ – толщина ограждения, м, с учетом толщины эквивалентного сопротивления теплообмену на поверхностях слоев, $\tau_в^{\text{нач}}$, $\tau_в^{\text{кон}}$ – начальное и конечное значения температуры внутренней поверхности ограждения, z – время отключения, включения или начала работы системы в другом режиме, ч, x – толщина слоя ограждения до рассматриваемого сечения от внутренней поверхности, м, C – теплоемкость ограждения толщиной δ (без эквивалентных слоев), кДж/(м^2 °С), $c\rho$ – объемная теплоемкость материала ограждения, кДж/(м^3 °С).

На рис. 2.1 приведено обобщенное температурное поле в ограждении для случая одностороннего нагрева, когда тепловой поток на поверхности ограждения мгновенно изменился от нуля до q. Этот график и формулу (2.11) можно применить и для случая охлаждения или произвольного изменения теплового потока на поверхности от одного значения к другому. В последнем случае Δq соответствует измененному значению теплового потока, а θ определяет относительную избыточную (к начальному стационарному состоянию) температуру.

Периодические тепловые процессы. При периодически изменяющихся внешних и внутренних тепловых воздействиях в ограждениях помещения происходят тепловые процессы, определяемые их теплоустойчивостью. Теплоустойчивость выражает свойство ограждения сохранять относительное постоянство температуры при колебаниях теплового потока. Теплоустойчивость ограждения проявляется относительно колебаний внутренних тепловых воздействий и изменений наружной температуры.

Теплоустойчивость ограждения относительно колебаний внутренних тепловых воздействий характеризуется коэффициентом теплоусвоения его внутренней поверхности Υ_0, Вт/(м$^2 \cdot$ °С)

$$\Upsilon_0 = A_q/A_\tau, \tag{2.12}$$

где A_q – амплитуда колебания теплового потока, проходящего через поверхность ограждения, Вт/м^2, A_τ – амплитуда колебаний температуры поверхности, °С.

Величину Υ_0 практически определяют теплотехнические свойства материалов ограждения только «слоя резких колебаний δ», для

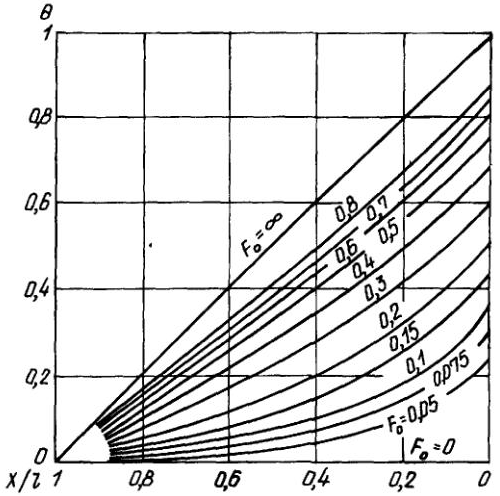


Рис. 2.1. Температурное поле в ограждении для случая одностороннего нагрева (охлаждения)

которого показатель тепловой инерции $D = 1$ [см. формулу (2.25)]. Для однородной конструкции

$$D = 1 = RS \quad \text{и} \quad \delta = \lambda/S, \tag{2.13}$$

где R – сопротивление теплопроводности слоя резких колебаний, м²·°С/Вт; $R = \delta/\lambda$.

Коэффициент теплоусвоения материала слоя S, Вт/(м³·°С)

$$S = \sqrt{2\pi\lambda c\rho/T}. \tag{2.14}$$

При периоде колебаний $T = 24$ ч

$$S = 0{,}51\sqrt{c\rho\lambda}. \tag{2.15}$$

При расчете Υ_0 возможны следующие характерные случаи.

1. Если первый материальный слой ограждений имеет $D_1 \geqslant 1$, то Υ_0 можно принимать равным коэффициенту теплоусвоения материала этого слоя (см. прил. 3 СНиП II-3-79**).

$$\Upsilon_0 = S_1. \tag{2.16}$$

2. Если $D_1 < 1$, то Υ_0 следует определять с учетом теплоусвоения поверхности второго слоя ограждения

$$\Upsilon_2 = \frac{R_1 S_1^2 + \Upsilon_1}{1 + R_1 \Upsilon_2}, \tag{2.17}$$

где Υ_2 – коэффициент теплоусвоения поверхности второго слоя в ограждении, определяемый по формуле (2.16) или (2.17) с заменой первого слоя на второй.

Подобным образом при необходимости учитывают третий, четвертый и т. д. слои.

3. Если все ограждение имеет $D < 1$, то расчет Υ_0 ведется, как указано в п. 2, с той лишь разницей, что коэффициент теплоусвоения на наружной поверхности ограждения принимается равным $\alpha_н$.

4. Для внутренних ограждений, разделяющих помещения, при определении Υ_0 учитывается только часть конструкции до тепловой оси симметрии ограждения. Если для этой части $D > 1$, то $\Upsilon_0 = S_1$, если $D < 1$, то Υ_0 определяют по формуле (2.17), принимая на тепловой оси $\Upsilon_2 = 0$. Для однородной конструкции при $D < 1$

$$\Upsilon_0 = 0{,}5 R_0 S^2. \tag{2.18}$$

5. Если в ограждении имеется безынерционный слой (воздушная прослойка), то для него $S = 0$.

Так для окна (с учетом п. 3)

$$\Upsilon_{ок} = \alpha_н/(1 + R_1\alpha_н), \tag{2.19}$$

где $R_1 = R_{ок} - (R_в + R_н)$. (2.20)

Связь между изменениями A_q на поверхности ограждения и температуры воздуха помещения $A_{t_в}$ устанавливает коэффициент теплопоглощения поверхности ограждения B, Вт/(м²·°С)

$$B = A_q/A_{t_в} = \frac{1}{1/\Upsilon + 1/\alpha_в}. \tag{2.21}$$

При однородном ограждении и $D > 1$ гармонические колебания теплового потока q опережают изменения температуры поверхности τ на величину $\varepsilon_y = T/8$ и температуры воздуха помещения $t_в$ на величину $\varepsilon_в$

$$\varepsilon_в = \frac{T}{8} - Б\left(\frac{\alpha_в}{\Upsilon}\right)T. \tag{2.22}$$

Значения $Б(\alpha_в/\Upsilon)$, принимаются равными:

$\alpha_в/\Upsilon$	0	0,5	1	2	4	8
$Б(\alpha_в/\Upsilon)\,10^2$	12,5	8,4	6,25	4,1	2,4	1,4

Теплоустойчивость ограждения относительно изменений наружной температуры характеризуется двумя показателями:

а) показателем затухания температурных колебаний при сквозном проникании через ограждение

$$\nu = A_{t_н}/A_{\tau_в}, \qquad (2.23)$$

где $A_{t_н}$ – максимальная суточная амплитуда температуры $t_н$, принимаемая по прил. 2 СНиП 2.01.01–82; $A_{\tau_в}$ – амплитуда колебания температуры $\tau_в$;

б) показателем запаздывания температурных колебаний ε, равным отставанию во времени колебаний температуры $\tau_в$ от колебаний температуры $t_н$ при проникании через ограждение температурной волны.

Величину ν следует определять по п. 3.4 СНиП II-3-79**. Если в ограждении можно четко выделить два определяющих в теплотехническом отношении слоя – конструктивный и теплоизоляционный, то ν допускается определять по приближенным формулам:

а) для ограждений с $D > 1,5$

$$\nu = 2^D(0,83 + 3,49R_т/D)\beta_{сл}\beta_{в.п.}, \qquad (2.24)$$

где $D = \Sigma R_i S_i$; (2.25)

$$\beta_{сл} = (S_1 + S_2)\left(\frac{23}{S_1} + 1\right)\left(\frac{8,7}{S_2} + 1\right)/(3,49R_т/D + 55);$$

$$\beta_{в.п} = 1 + 0,5R_{в.п}D/R_т;$$

$\beta_{сл}$ – коэффициент, учитывающий расположение двух основных слоев ограждения (конструктивного и теплоизоляционного) по ходу тепловой волны; для однослойной конструкции $\beta_{сл} = 1$; $\beta_{в.п.}$ – коэффициент, учитывающий влияние воздушной прослойки; при отсутствии прослойки $\beta_{в.п.} = 1$; S_1, S_2 – коэффициент теплоусвоения материалов двух слоев в порядке их расположения по ходу тепловой волны (от наружной к внутренней поверхности);

б) для ограждений с $D \leqslant 1,5$

$$\nu = R_0\alpha_в. \qquad (2.26)$$

Величина ε, ч, будет равна

$$\varepsilon \approx 2,7D - 0,4. \qquad (2.27)$$

Теплоустойчивость пола при контактном теплообмене можно характеризовать показателем теплоусвоения поверхности пола $\Upsilon_п$, Вт/(м² · °С), который должен быть не более нормативной величины (см. п. 5.6)

При определении $\Upsilon_п$ необходимо учитывать следующие характерные случаи:

1) если первый материальный слой конструкции пола имеет $D_1 \geqslant 0,5$

$$\Upsilon_п = 2S_1; \qquad (2.28)$$

2) если $D_1 < 0,5$, а $D_1 + D_2 \geqslant 0,5$

$$\Upsilon_п = \frac{2R_1S_1^2 + S_2}{0,5 + R_1S_2}. \qquad (2.29)$$

3) если $D_1 + D_2 < 0,5$, а $D_1 + D_2 + D_3 \geqslant 0,5$

$$\Upsilon_п = \frac{4R_1S_1^2(0,5 + R_2S_3) + 2R_1S_2^2 + S_3}{0,5 + R_2S_3 + R_1(2R_2S_2^2 + S_3)}, \qquad (2.30)$$

где R_1, R_2, R_3 – термические сопротивления соответствующих слоев конструкции; S_1, S_2, S_3 – коэффициенты теплоусвоения соответствующих слоев конструкции пола.

Теплоустойчивость помещения – это его свойство поддерживать относительное постоянство температуры при периодически изменяющемся теплопоступлении. Оно зависит от свойств и площади поверхностей, обращенных в помещение ограждений, а также установленного оборудования или мебели. Теплоустойчивость помещения характеризуется:

а) показателем теплоусвоения помещения

$$\Upsilon_{пом} = \Upsilon_{огр} + \Upsilon_{об}; \qquad (2.31)$$

где $\Upsilon_{огр} = \Sigma\Upsilon_iF_i$;

$$\Upsilon_{об} = \pi c_{об}G_{об}/T;$$

$\Upsilon_{огр}$, $\Upsilon_{об}$ – показатели теплоусвоения поверхностей ограждений и оборудования, Вт/°С; Υ_i – коэффициенты теплоусвоения отдельных поверхностей ограждений, обращенных в помещение, Вт/(м² · °С); $G_{об}$ – масса оборудования, кг; $c_{об}$ – массовая теплоемкость оборудования, кДж/(кг · °С);

б) показателем теплопоглощения помещения, Вт/°С

$$P_{пом} = P_{огр} + P_{об} + P_{вент}, \qquad (2.32)$$

где $P_{огр}$, $P_{об}$, $P_{вент}$ – показатели теплопоглощения поверхностей ограждений, оборудования, мебели и воздухообмена:

$$P_{огр} = \Sigma B_iF_i;$$

$$P_{об} = G_{об}C_{об}4,4/T;$$

$$P_{вент} = Lc\rho;$$

L – воздухообмен в помещении, м³/ч; $c\rho$ – объемная теплоемкость воздуха, равная 1,25 кДж/(м³ · °С).

Коэффициент теплопоглощения поверхности ограждения B_i определяется по формуле (2.21), с заменой коэффициента $\alpha_в$ на коэффициент конвективного теплообмена на поверхности α_{ki}.

Максимальное отклонение температуры воздуха в помещении $A_{t_в}$ от среднего значения $t_в$ можно определить:

а) при гармонических колебаниях теплопоступлений от максимальных $Q_{макс}$ до

минимальных $Q_{мин}$

$$A_{t_в} \approx 0{,}9A_Q\Big/\Big(\frac{1}{1/\Upsilon_{пом}+1/\Lambda}+Lc\rho+ \\ +G_{об}c_{об}4{,}4/T\Big); \qquad (2.33)$$

б) при прерывистых теплопоступлениях, когда в течение m часов в помещение поступает постоянное (максимальное) количество тепла $Q_{макс}$, а в течение n часов подачи теплоты нет и $Q_{мин}=0$.

$$A_{t_в} = 0{,}9A_Q\Big/\Big(\frac{1}{\Omega/\Upsilon_{пом}+1/\Lambda}+Lc\rho+ \\ +G_{об}c_{об}4{,}4/T\Big), \qquad (2.34)$$

где A_Q – амплитуда изменения теплопоступлений, равная полуразности максимального $Q_{макс}$ и минимального $Q_{мин}$ теплопоступлений в помещение; Ω – коэффициент прерывистости, принимаемый равным:

m/T	0	0,125	0,25	0,375	0,5	0,675	0,75	0,875	1
Ω	0	0,73	0,84	0,84	0,76	0,63	0,45	0,24	0

Λ – показатель интенсивности конвективного теплообмена на всей площади поверхности ограждений, обращенных в помещение,

$$\Lambda = \Sigma\alpha_{к\,i}F_i = \alpha_{ср}\Sigma F_i; \qquad (2.35)$$

$\alpha_{ср}$ – осредненный по всем поверхностям коэффициент конвективного теплообмена, Вт/(м$^2\cdot$°С).

При прерывистой подаче теплоты общее время $T=m+n$.

2.3. Теплопередача через сложное ограждение с двухмерными элементами

В ограждающих конструкциях зданий площадь, в пределах которой обеспечивается одномерность температурного поля, обычно незначительна. Бóльшую часть таких ограждений занимают участки, примыкающие к наружным и внутренним углам, откосы оконных проемов, стыки внутренних и наружных ограждений, теплопроводные включения (рис. 2.2, 2.3). На этих участках формируются двухмерные температурные поля, часто приводящие к увеличению теплопотерь и понижению температуры $\tau_в$.

Дополнительные потери теплоты через двухмерные элементы удобно определять с помощью фактора формы f_i элемента ограждения (табл. 2.2).

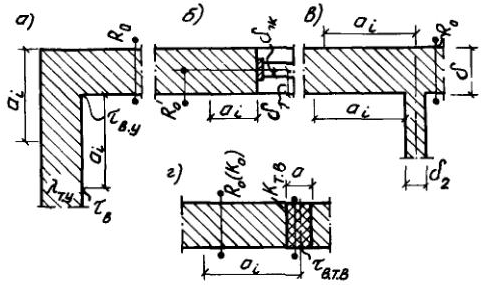


Рис. 2.2. Характерные элементы наружного ограждения

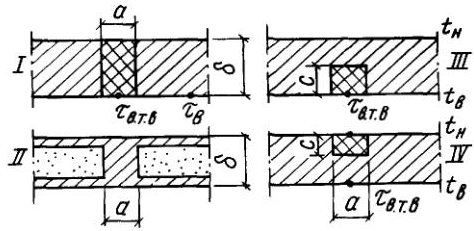


Рис. 2.3. Теплопроводные включения в ограждающих конструкциях

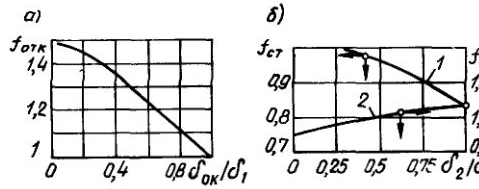


Рис. 2.4. Значение фактора формы откоса проема (*а*) и стыка наружной стены и внутренней перегородки (*б*) по наружному обмеру (1) и по внутреннему (2)

ТАБЛИЦА 2.2

ЗНАЧЕНИЯ ФАКТОРА ФОРМЫ f_i

Характерный двухмерный элемент ограждения	Фактор формы f_i характерного элемента для ширины в два калибра по обмеру	
	наружному	внутреннему
Наружный угол	0,63	1,18
Внутренний »	1,18	0,68
Откос проема в ограждении	$f_{отк}$ (см. рис. 2.4,*а*)	
Стык наружного и внутреннего ограждений (в одну сторону от оси стыка)	$f_{ст}$ (см. рис. 2.4,*б*)	

Фактор формы показывает, во сколько раз количество теплоты, проходящей через внутреннюю поверхность ограждения шириной в два калибра a_i (один калибр равен экви-

валентной толщине ограждения λR_0) элемента с двухмерным температурным полем, больше теплопотерь через поверхность ограждения с одномерным полем в пределах тех же двух калибров [2, 3].

Фактор формы теплопроводного включения (см. рис. 2.2, *г*) приближенно можно определить по формуле

$$f_{т.в.} \approx 1 + \frac{a}{4\lambda_т}(k_{т.в.} - k_о), \qquad (2.36)$$

где a – ширина включения, м; $\lambda_т$ – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала основной конструкции, Вт/(м²·°С); $K_{т.в.}$ и $k_о$ – коэффициенты теплопередачи по сечению теплопроводного включения и основной конструкции, Вт/(м²·°С).

При расчете теплопотерь через сложные ограждения следует пользоваться приведенным сопротивлением теплопередаче $R_о^{пр}$

$$R_о^{пр} = R_о r = R_о \frac{1}{1 + \Sigma a_i (f_i - 1) l_i / F}, \qquad (2.37)$$

где l_i – протяженность характерного элемента конструкции с двухмерным температурным полем, м; F – площадь поверхности ограждения по наружному обмеру (без учета площади окон), м².

Коэффициент теплотехнической однородности различных ограждающих конструкций определяют по п. 2.9 СНиП II–3–79** для проектируемых зданий и по ГОСТ 26254–84 для эксплуатируемых зданий. Минимальные значения коэффициента r для некоторых ограждающих конструкций приведены в табл. 2.3.

ТАБЛИЦА 2.3

МИНИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА (ГОСТ 26254-84)

Характеристика стен	r
Из однослойных легкобетонных панелей	0,85–0,90
Из трехслойных железобетонных панелей с эффективным утеплителем:	
с гибкими связями	0,75–0,85
с железобетонными шпонками или ребрами из керамзитобетона	0,70–0,80
с железобетонными ребрами	0,50–0,65
Из трехслойных панелей на основе древесины, асбестоцемента и других листовых материалов с эффективным утеплителем при полистовой сборке при ширине панелей 6 и 12 м без каркаса	0,90–0,95
Из трехслойных металлических панелей с утеплителем из пенопласта:	
без обрамлений в зоне стыка	0,85 0,95
с обрамлением в зоне стыка	0,65–0,80
Из трехслойных металлических панелей с утеплителем из минеральной ваты с различным каркасом	0,55–0,85
Из трехслойных асбестоцементных панелей и минераловатным утеплителем с различным каркасом	0,50–0,85

Температура внутренней поверхности ограждения в наружном углу $\tau_{в.у}$ приближенно равна [3]

$$\tau_{в.у} = \tau_в - 0{,}18(1 - 0{,}23R_о)(t_в - t_{н_5}).$$

Температуру внутренней поверхности $\tau'_в$ ограждения по теплопроводному включению следует определять по СНиП II–3–79**, а также по [3,5]. Эта температура должна быть не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха при $t_н$ согласно табл. 1.7. Если допускается кратковременное (не более 5 сут) образование конденсата по включению, то $t_н$ принимается равным $t_{н_5}$.

ГЛАВА 3. ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Количество воздуха $G_н$, кг/(м²·ч), поступающего в помещение здания через наружную ограждающую конструкцию, зависит от свойства материалов конструкций пропускать воздух и разности давления Δp, Па, на наружной $p_н$ и внутренней $p_в$ поверхностях ограждающей конструкции.

Для наружных стен, покрытий, ворот, дверей и открытых проемов

$$G_н = \Delta p^к / R_н. \qquad (3.1)$$

Для окон, балконных дверей и фонарей

$$G_н = (\Delta p / \Delta p_0)^{2/3} / R_н, \qquad (3.2)$$

где k – показатель степени; для наружных стен покрытий $k = 1$; для ворот, дверей и открытых проемов $k = 1/2$; $R_н$ – сопротивление воздухопроницанию ограждений, м²·ч·Па^к/кг (для стыка – м·ч·Па^к/кг; для окон, балконных дверей и фонарей – м²·ч·10 Па/кг); Δp_0 – разность давления воздуха, при которой определено сопротивление воздухопроницанию $R_н$ окон, балконных дверей и фонарей, $\Delta p_0 = 10$ Па.

Расчетное сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций $R_н$ должно быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницанию $R_н^{тр}$ (см. п. 5.7).

Для многослойных ограждений $R_н$ равно

сумме сопротивлений воздухопроницанию отдельных слоев $R_и$, расположенных последовательно по движению воздуха, принимаемых по прил. 9 СНиП II–3–79**

$$R_и = \Sigma R_{и,i} \qquad (3.3)$$

При определении $R_и$ не учитывается воздухопроницаемость слоев ограждений (стен, покрытий), расположенных между воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции.

Сопротивление воздухопроницанию окон, балконных дверей и фонарей различного вида принимают по прил. 10 СНиП II–3–79**.

Расчетное сопротивление воздухопроницанию наружных дверей и ворот следует вычислять по формуле (В. П. Титов)

$$R_{и.дв} = 0{,}196 \cdot 10^{-3} \frac{F_{дв}}{\delta_щ l_щ} \left(\frac{\Sigma\zeta}{\rho_н} \right)^{1/2}, \qquad (3.4)$$

где $F_{дв}$ – площадь заполнения дверного проема или проема ворот, м^2; $\delta_щ$, $l_щ$ – ширина и суммарная длина щели прибора, м; $\Sigma\zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений проходу воздуха через щели притвора: для одинарных дверей и ворот $\Sigma\zeta = 4$, для двойных дверей $\Sigma\zeta = 8$; $\rho_н$ – плотность наружного воздуха, кг/м^3.

Сопротивление воздухопроницанию открытых проемов и отверстий определяется по формуле

$$R_{и.пр} = 0{,}196 \cdot 10^{-3} (\zeta_{пр}/\rho_н)^{1/2}, \qquad (3.5)$$

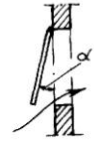
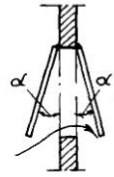
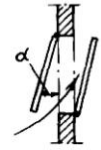
где $\zeta_{пр}$ – коэффициент местного сопротивления проходу воздуха, зависящий от положения и способа крепления створки по отношению к проему или отверстию, а также от отношения высоты b проема к его длине l (табл. 3.1).

ТАБЛИЦА 3.1

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА $\zeta_{пр}$ (ПО ДАННЫМ М. Ф. БРОМЛЕЯ)

Конструкция створки	Угол открытия	$\zeta_{пр}$ при b/l		
		1:1	1:2	1:00
Одинарная верхнеподвесная	15	16,00	20,60	30,8
	30	5,65	6,90	9,15
	45	3,68	4,0	5,15
	60	3,07	3,18	3,54
	90	2,59	2,59	2,59

Продолжение табл. 3.1

Конструкция створки	Угол открытия	$\zeta_{пр}$ при b/l		
		1:1	1:2	1:00
	15	11,10	17,30	30,8
	30	4,90	6,90	8,60
	45	3,18	4,00	4,70
	60	2,51	3,07	3,30
	90	2,22	2,51	2,51
Двойная 	15	14,8	30,8	—
	30	4,9	9,75	—
	45	3,83	5,15	—
	60	2,96	3,54	—
	90	2,37	2,37	—
	15	18,8	45,3	59,0
	30	6,25	11,1	17,3
	45	3,83	5,9	8,6
	60	3,07	4,0	5,4
	90	2,37	2,77	2,77

Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях Δp, Па, i-го ограждения равна сумме избыточного гравитационного p_{t_i} и ветрового p_{v_i} давлений (с учетом условно-постоянного давления воздуха в помещении p_{int})

$$\Delta p = p_{t_i} + p_{v_i} - p_{int}, \qquad (3.6)$$

где $$p_{t_i} = (H_{зд} - h_i)(\rho_н - \rho_в)g; \qquad (3.7)$$

$$p_{v_i} = 0{,}5\rho_н v_н^2 (C_{e.n} - C_{e.p})k; \qquad (3.8)$$

$H_{зд}$ – высота здания от поверхности земли до верха карниза, шахты или центра проема фонаря, м; h_i – высота от поверхности земли до центра рассматриваемого ограждения (окна, двери, проемов, наружных стен), м; $C_{e.n}$, $C_{e.p}$ – аэродинамические коэффициенты для наветренной и подветренной поверхностей, принимаемые по прил. 4 СНиП 2.01.07–85; k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности и высоты и принимаемый по табл. 6 СНиП 2.01.07–85.

Условно-постоянное давление воздуха p_{int}, Па, в помещении определяется в результате решения уравнения воздушного баланса помещения, представляющего сумму расходов воздуха, поступающего в помещение и уходящего

из помещения через ограждающие конструкции и с помощью систем вентиляции [11].

При вычислении Δp для жилых и общественных зданий с естественной вытяжной вентиляцией следует учитывать расчетные потери давления в вентиляционных системах Δp_c (со знаком минус)

$$\Delta p_c = (H_{зд} - h_i)(\rho_{+5} - \rho_в)g, \qquad (3.9)$$

где $\rho_{+5} = 1{,}27$ кг/м^3 – плотность наружного воздуха при температуре +5°С.

В этом случае

$$\Delta p = (H_{зд} - h_i)(\rho_н - \rho_{+5})g + p_{v_i}. \qquad (3.10)$$

ГЛАВА 4. ВЛАГОПЕРЕДАЧА И ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ ОГРАЖДЕНИЯ

Перенос влаги в ограждающих конструкциях происходит аналогично теплопередаче. Общим термодинамическим показателем влажностного состояния материала является потенциал влажности, измеряемый градусами влажности (°В) [2, 3]. При гигроскопической влажности материала за потенциал влажности можно принять парциальное давление водяного пара в воздухе, находящемся во влажностном равновесии с материалом. Влажностное состояние материала, внутренней среды помещения и наружного климата оценивается относительным потенциалом влажности φ_θ (при гигроскопической влажности материала соответствует относительной влажности воздуха φ).

Сопротивление влагопередаче, м^2·ч·Па/мг, многослойного ограждения равно сумме сопротивлений слоев ограждения $R_{пi}$,

$$R_п = \Sigma R_{пi} = \Sigma \delta_i/\mu_i, \qquad (4.1)$$

где μ_i – показатель влагопроводности материала слоя толщиной δ_i (при гигроскопической влажности – коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па), принимаемый по прил. 3 СНиП II-3-79**).

Сопротивлениями влагообмену на наружной и внутренней поверхностях ограждения можно пренебречь. Расчетные величины некоторых листовых материалов и тонких слоев пароизоляции приведены в прил. 11 СНиП II-3-79**.

Для однослойных ограждений условия эксплуатации ограждающих конструкций в зависимости от влажностного режима помещения и зон влажности следует принимать по п. 2.1.

Для многослойных конструкций, а также для зданий с влажными и мокрыми помещениями в климатических условиях, характеризующихся значительными «косыми» дождями, интенсивной солнечной радиацией, особо низкими температурами, данных СНиП недостаточно. Ниже приведена методика расчета теплофизических характеристик материала указанных конструкций в зависимости от влажностного состояния на основе потенциала влажности.

Влагосодержание материала определяется потенциалом влажности θ и температурой слоя $t_{сл}$, при этом одному и тому же влагосодержанию соответствует значительное количество сочетаний θ и $t_{сл}$. Однозначная зависимость имеет место между влагосодержанием и относительным потенциалом влажности φ_θ. Она позволяет установить связь между расчетом влажностного состояния материальных слоев в ограждении и выбором теплофизических характеристик строительных материалов.

Последовательность выбора теплофизических характеристик материалов в многослойном ограждении с учетом их эксплуатационной влажности должна быть следующей. В расчет принимается среднегодовой режим влагопередачи ограждения. Определив зону влажности, $\varphi_{\theta_н}$ (табл. 4.1) и среднегодовую температуру $t_н^{ср.год}$ района строительства (по табл. СНиП 2.01-01-82), найдем $\theta_н$, зная шкалу потенциала влажности и относительного потенциала влажности (рис. 4.1). Устанавливаем потенциал влажности внутренней среды $\theta_в$, зная назначение помещения (табл. 4.2). Вычисляем среднегодовое значение температуры $t_{сл}$ и потенциала влажности $\theta_{сл}$ материального слоя в многослойной конструкции.

Температура в произвольном слое ограждающей конструкции будет равна

$$t_{i.сл} = t_в - \frac{R_{в-i.сл}}{R_o}(t_в - t_н^{ср.год}), \qquad (4.2)$$

где $t_н^{ср.год}$ – среднегодовая температура района строи-

тельства; $R_{в-i.сл}$, R_o – сопротивление теплопередаче ограждения от внутренней среды помещения до середины рассматриваемого слоя и общее сопротивление теплопередаче ограждения, м²·°С/Вт.

ТАБЛИЦА 4.1

ЗНАЧЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ВЛАЖНОСТИ НАРУЖНОГО КЛИМАТА $\varphi_{\theta_н}$ ДЛЯ ЗОН ВЛАЖНОСТИ ТЕРРИТОРИИ СССР

Зона влажности	Среднее значение $\varphi_{\theta_н}$
Влажная	2,15 и более
Нормальная	2,0
Сухая	1,5 и менее

(рис. 4.2) – относительный потенциал влажности слоя $\varphi_{\theta_{сл}}$. Затем устанавливаем связь между $\varphi_{\theta_{сл}}$ и равновесным влагосодержанием материала по прил. 3 СНиП II-3 79** или графически на примере пенобетона (см. рис. 4.2). По табл. 4.3 определяем графу для выбора теплофизических характеристик материалов в ограждающей конструкции.

Обычно такой расчет необходим только для утепляющего слоя в многослойной конструкции. Теплофизические характеристики наружных конструктивных фактурных слоев можно выбирать по φ_θ среды, с которой они соприкасаются.

ТАБЛИЦА 4.2

ЗНАЧЕНИЯ $\theta_в$ и $\varphi_{\theta_в}$

Помещения	Среднегодовые условия в помещении				Предлагаемые градации	
	$t_в$	$\varphi_в$	$\theta_в$	$\varphi_{\theta_в}$	влажностный режим помещения	$\varphi_{\theta_в}$
Проектное бюро, чертежный зал, библиотека	19	45	23	0,44	Сухой	⩽0,45
Жилой дом, поликлиника, детский сад, ясли	19	50	24,5	0,51	Нормальный	⩽0,53
Душевые и раздевальни при них	25	59–75	37–61	0,47–0,67	Влажный	⩽0,66
Бани, прачечные	30	75	110	0,66	Мокрый	>0,66

ТАБЛИЦА 4.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ (ГРАФЫ) МАТЕРИАЛОВ ОГРАЖДЕНИЙ

Влажностный режим помещения		Графа и $\varphi_{\theta_{сл}}$, соответствующие зонам влажности						Диапазоны относительного потенциала влажности	Графы
режим	$\varphi_{\theta_в}$	сухая, $\varphi_{\theta_н} \leqslant 1,5$		нормальная $\varphi_{\theta_н} \approx 2$		влажная $\varphi_{\theta_н} > 2,15$			
		графа	$\varphi_{\theta_{сл}}$	графа	$\varphi_{\theta_{сл}}$	графа	$\varphi_{\theta_{сл}}$		
Сухой	0,45	*А*	0,97	А	1,22	Б	1,3	До 1,1	А
Нормальный	0,53	А	1,01	Б	1,27	Б	1,34	1,1–1,3	Б
Влажный	0,66	Б	1,08	Б	1,33	Б	1,4	1,3	Б*
Мокрый	0,66	Б	1,08	Б	1,33	Б	1,4		

Примечание. К Б* относятся теплофизические характеристики материалов графы Б с повышающим коэффициентом ~1,1.

Потенциал влажности $\theta_{сл}$ слоя ограждения определяется аналогично

$$\theta_{i.сл} = \theta_в - \frac{R_{п.в-i}}{R_{п.о}}(\theta_в - \theta_н), \qquad (4.3)$$

где $R_{п.в-i}$, $R_{п.о}$ – сопротивление влагопередаче от внутренней среды до центра рассматриваемого слоя материала и общее сопротивление влагопередаче ограждения; $R_{п\,в-i}$ определяется по формуле 4.1.

Зная $\theta_{сл}$ и $t_{сл}$, по шкале потенциала влажности (см. рис. 4.1) находим $\theta_{t=20}$, а по шкале относительного потенциала влажности

Приведем пример выбора теплофизических характеристик материала теплоизоляционного слоя ограждения с учетом их эксплуатационной влажности.

Пример 4.1. Требуется рассчитать толщину теплоизоляционного слоя ограждения душевой. Конструкция стены со стороны помещения: железобетонный слой $\delta = 40$ мм, гидроизолированный с внутренней поверхности поливинилхлоридным лаком в два слоя; пенобетон $\rho = 1000$ кг/м³. Условия в помещении: $t_в = 25$°С; $\varphi_в = 65\%$; режим влажный; $\varphi_{\theta_в} =$

$= 0{,}58$. Район строительства – Липецк, $t_н^{ср.год} = 5{,}1°C$, влажностная зона – сухая, $\varphi_{\theta_н} = 1{,}5$. Сопротивление теплопередаче ограждения $R_o^{тр} = 0{,}92$ м²·°С/Вт.

Решение. Для душевой в Липецке расчетные условия эксплуатации по табл. 2.1 соответствуют графе Б. Принимаем по графе Б прил. 3 СНиП II-3-79** теплофизические характеристики материалов и определяем толщину материала – пенобетона из условия

$$R_o = R_в + R_т + R_н \geqslant R_o^{тр};$$

$$R_o = 0{,}115 + 0{,}04/2{,}03 + \delta_{п.б}/0{,}41 + 0{,}045 \geqslant 0{,}92,$$

откуда $\delta_{п.б} = 0{,}3$ м.

Уточним расчет с учетом фактического влажностного режима материалов по указанной методике. Среднегодовые условия в помещении при $t_в = 25°C$ и $\varphi_{\theta_в} = 0{,}58$ по шкале потенциала влажности и по шкале относительного потенциала влажности (см. рис. 4.1 и 4.2) соответствуют $\theta_в = 42°В$. При $\varphi_{\theta_н} = 1{,}5$ в шкале относительного потенциала влажности $\theta_{t=20} = 330°В$. Затем, зная $\theta_{t=20} = 330°В$ и среднегодовую температуру $t_н^{ср.год} = 5{,}1°C$, в шкале потенциала влажности (см. рис. 4.1) находим значение потенциала влажности наружной среды $\theta_н = 25°В$.

Сопротивления влагопередаче слоев ограждения: железобетона $R_{п.жб} = \delta_{жб}/\mu_{жб} = (0{,}04/0{,}3)10^4 = 1330$ м²·ч·Па/г; пенобетона $R_{п.б} = 0{,}3/1{,}13 \cdot 10^4 = 2650$ м²·ч·Па/г; слоя гидроизоляции $R_{п.ги} = 3850$ м²·ч·Па/г.

Общее сопротивление влагопередаче

$$R_{п.о} = R_{п.жб} + R_{п.б} + R_{п.ги} =$$

$$= 1330 + 2650 + 3850 = 7830 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/г}.$$

Вычислим значение потенциала влажности слоев железобетона и пенобетона

$$\theta_{жб} = \theta_в - \frac{R_{п.ги} + R_{п.жб}/2}{R_{п.о}}(\theta_в - \theta_н) =$$

$$= 42 - \frac{4515}{7830}(42 - 25) = 32{,}2°В;$$

$$\theta_{п.б} = \theta_в - \frac{R_{п.ги} + R_{п.жб} + R_{п.пб}/2}{R_{п.о}}(\theta_в - \theta_н) = 27°В.$$

Среднегодовые значения температуры отдельных слоев ограждения

$$t_{жб} = t_в - \frac{(R_в + R_{жб}/2)}{R_o}(t_в - t_н) =$$

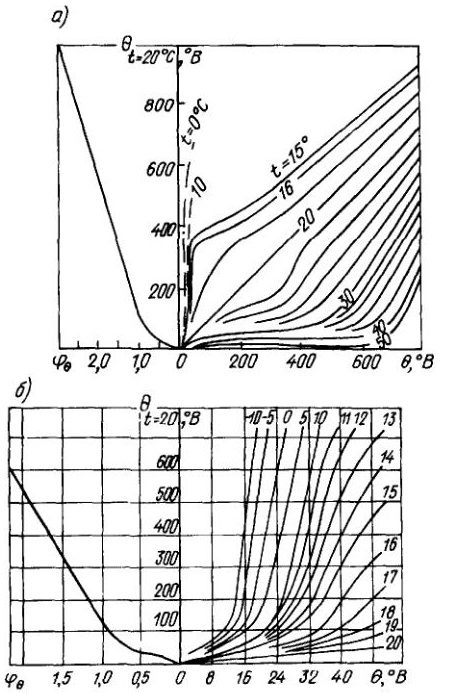


Рис. 4.1. Шкала потенциала (*а*) и относительного потенциала влажности (*б*)

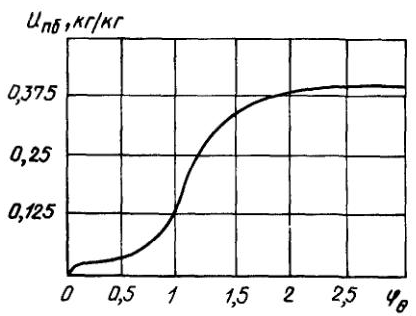


Рис. 4.2. Зависимость равновесного влагосодержания пенобетона $U_{пб}$ от относительного потенциала влажности φ_θ

$$= 25 - \frac{(0{,}115 + 0{,}0197/2)}{0{,}92}(25 - 5{,}1) = 21{,}9;$$

$$t_{пб} = 13{,}8°C.$$

Пользуясь шкалой потенциала влажности и зная $\theta_{сл}$ и $t_{сл}$, найдем $\varphi_{\theta_{сл}}$:

для железобетона при $\theta_{жб} = 32{,}2°В$ и $t_{жб} = 21{,}9°C$ $\varphi_\theta = 0{,}6$;

для пенобетона при $\theta_{пб} = 27°В$ и $t_{пб} = 13{,}8°C$ $\varphi_\theta = 0{,}95$.

По табл. 4.3 при $\varphi_\theta < 1{,}1$ условия эксплуатации соответствуют графе *А* для пенобетона и железобетона. Делаем пересчет. Находим теплофизические характеристики по графе *А* и определяем толщину пенобетона и расчетное сопротивление теплопередаче

$$\lambda_{жб} = 1{,}91 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}; \quad \lambda_{пб} = 0{,}35 \text{Вт/(м}\cdot\text{°C)};$$

$$R_0 = 0{,}115 + \frac{0{,}004}{1{,}91} + \frac{\delta_{пб}}{0{,}35} + 0{,}045 \geqslant 0{,}92;$$

$$\delta_{пб} \approx 0{,}25 \text{ м}.$$

Толщина теплоизоляционного слоя $\delta_{пб}$ получилась меньше 0,3 м, определенной по СНиП.

Для уточнения можно было бы повторить расчет, задав предварительно $\delta_{пб} \approx 0{,}25$ вместо принятого 0,3, но это уточнение в данном случае не изменит полученного результата.

ГЛАВА 5. ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

5.1. Общая последовательность расчета

Ограждения здания должны обладать требуемыми теплозащитными свойствами и быть в допустимой степени воздухо- и влагопроницаемыми. Теплозащитные свойства наружных ограждений определяют двумя показателями: сопротивлением теплопередаче R_0 и теплоустойчивостью, которую оценивают по показателю инерции ограждения D. Величина R_0 определяет сопротивление ограждения передаче теплоты в стационарных условиях, а теплоустойчивость характеризует сопротивляемость ограждения передаче изменяющихся во времени периодических тепловых воздействий.

Наиболее важным является определение расчетного сопротивления теплопередаче $R_0^р$ основной части (глади) конструкции ограждения; с этого и начинают теплотехнический расчет ограждения.

Расчетное сопротивление теплопередаче $R_0^р$ следует принимать близким к экономически целесообразному значению $R_0^{эк}$, определяемому исходя из условия обеспечения наименьших приведенных затрат в соответствии с п. 5.3, но во всех случаях не менее требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{тр}$ по санитарно-гигиеническим условиям, определяемого по формуле (5.3):

$$R_0^р \geqslant R_0^{тр}, \quad \text{если} \quad R_0^{тр} > R_0^{эк}; \qquad (5.1)$$

$$R_0^р \approx R_0^{эк}, \quad \text{если} \quad R_0^{тр} < R_0^{эк}. \qquad (5.2)$$

После определения $R_0^р$ глади ограждения следует проверить теплозащитные свойства сложных элементов конструкции (стыков, углов, включений). Необходимым и достаточным условием этого расчета является отсутствие выпадения конденсата на поверхности конструкций ($\tau_в > t_р$).

Для расчета теплопотерь и тепловых условий в помещении часто требуется кроме $R_0^р$ рассчитывать приведенное сопротивление $R_0^{пр}$ теплопередаче ограждения.

Для зданий, расположенных в южных районах, дополнительно проверяют теплоустойчивость ограждений в расчетных летних условиях (см. п. 5.5). Недостаточную теплоустойчивость ограждения для зимнего периода года учитывают увеличением сопротивления ограждения теплопередаче при расчете $R_0^р$.

Проверяют теплоустойчивость конструкции полов (см. п. 5.6).

Для заполнений оконных и дверных проемов теплозащитные свойства регламентируются только сопротивлением теплопередаче конструкции, которое должно быть не ниже требуемого. Допустимая воздухопроницаемость окон, дверей, стыков конструкций, стен и перекрытий здания определяется нормируемыми сопротивлением воздухопроницанию, расходом воздуха, дополнительными затратами теплоты или понижением температуры внутренней поверхности конструкции при инфильтрации.

Влагозащитные свойства ограждения должны исключать переувлажнение материалов за счет атмосферной влаги и диффузии водяных паров из помещения.

Процессы передачи теплоты, фильтрации воздуха и переноса влаги взаимосвязаны, и одно явление оказывает влияние на другое,

поэтому определение тепло-, воздухо- и влагозащитных свойств должно проводиться как общий расчет требуемых защитных свойств наружных ограждений здания [1].

5.2. Требуемое (минимально допустимое) сопротивление теплопередаче

Требуемое сопротивление теплопередаче наружного ограждения $R_o^{тр}$, м$^2 \cdot$°С/Вт, определяется по формуле

$$R_o^{тр} = \frac{(t_в - t_н)n}{\alpha_в \Delta t_н}, \qquad (5.3)$$

где $t_н$ – расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С (см. табл. 1.6); $\Delta t_н$ – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции (табл. 5.1); n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху (табл. 5.2).

ТАБЛИЦА 5.1

ЗНАЧЕНИЯ $\Delta t^н$

Здания и помещения	$\Delta t^н$, °С: наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями
1. Здания жилые, больниц, клиник, стационаров и госпиталей, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов; спальные корпуса общеобразовательных детских школ; здания детских садов, яслей, комбинатов, детских домов и детских приемников-распределителей	6	4	2
2 Здания диспансеров и амбулаторно-поликлинических учреждений, учебные здания общеобразовательных детских школ	6	4,5	2,5
3. Общественные здания, кроме указанных в пп. 1 и 2, и вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	7	5,5	2,5
4. Производственные здания с сухим режимом	$(t_в - t_р)$, но не более 10	0,8 $(t_в -$ $- t_р)$, но не более 8	2,5*
5. Производственные здания с нормальным режимом	$(t_в - t_р)$, но не более 8	$-t_р)$, но не более 7	
6. Производственные здания, а также помещения общественных зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий с влажным или мокрым режимом	$t_в - t_р$	0,8 $(t_в -$ $- t_р)$	2,5*
7. Здания картофеле- и овощефруктохранилищ	$t_в - t_р$	$t_в - t_р$	2,5*
8. Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (> 23 Вт/м^3) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха не более 50%	12	12	2,5*

Продолжение табл. 5.1

Примечания: 1. Величины $\Delta t^н$ со звездочкой для перекрытий над проездами и подпольями относятся только к участкам с постоянными рабочими местами, если нормируется показатель теплоусвоения поверхности пола (см. п. 5.6).

2. Величина $t_р$ – температура точки росы, °С, при расчетной температуре и относительной влажности внутреннего воздуха

3. Для зданий картофеле- и овощефруктохранилищ $t_р$ следует определять по максимально-допустимым расчетным значениям температуры и относительной влажности внутреннего воздуха в соответствии с нормами технологического проектирования.

ТАБЛИЦА 5.2

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА n

Ограждение	n
Наружные стены, покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами, перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями зданий и сооружений, возводимых в районах северной строительно-климатической зоны	1
Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в северной строительно-климатической зоне	0,9
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше поверхности земли	0,6
Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже поверхности земли	0,4

Расчет $R_o^{тр}$ ведется в такой последовательности:

1) задаются предварительно показателем D и соответствующим значением $t_н$;

2) определяют значение $R_o^{тр}$, находят термическое сопротивление теплоизоляционного слоя и соответствующие значения D и $t_н$;

3) при несоответствии значений D, принятого в п. 1 и полученного в п. 2, расчет повторяют, добиваясь их соответствия.

5.3. Оптимальное (экономически целесообразное) сопротивление теплопередаче ограждения

Применение эффективных и сравнительно недорогих теплоизоляционных материалов в ряде случаев экономически оправдывает увеличение общего сопротивления теплопередаче ограждения сверх требуемого.

Для сравнительно различных теплоизоляционных материалов и ограждающих конструкций различной толщины экономически целесообразное сопротивление теплопередаче $R_o^{эк}$ следует принимать исходя из обеспечения наименьших приведенных затрат $П$, руб/м²

$$П = C_д + \frac{(t_в - t_{от.пер}) z_{от.пер} 24 m C_т A 10^{-6}}{R_o^{пр} E_н} \quad (5.4)$$

где $C_д$ -единовременные затраты, руб./м², определяемые по формуле

$$C_д = 1{,}25[(Ц + T)K + C_м]; \quad (5.5)$$

$Ц$ – оптовая цена конструкций, определяемая по прейскурантам, руб/м²; T – стоимость транспортирования конструкций с учетом погрузочно-разгрузочных работ, руб./м², определяемая по СНиП IV–4–84; $K = 1{,}02$ – коэффициент, учитывающий заготовительно-складские расходы; $C_м$ стоимость монтажа (возведения) ограждающей конструкции, руб./м², определяемая по СНиП IV–5–84; $m = 1{,}05$ – коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери для нагревания инфильтрующегося наружного воздуха; $C_т$ – стоимость тепловой энергии, руб./ГДж, принимаемая по Прейскуранту № 09–01 или по себестоимости на основе расчетных калькуляций на тепловую энергию от собственных источников; $A = 3{,}6$ при стоимости тепловой энергии в руб./ГДж и $A = 0{,}86$ при стоимости в руб./Гкал; $E_н = 0{,}08$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

Экономически целесообразное термическое сопротивление теплопередаче теплоизоляционного слоя определяют по формуле

$$R_{т.и}^{эк} = R_o^{эк} - (1/\alpha_в + R_к + R_{в.п} + 1/\alpha_н) = \delta_{т.и}/\lambda_{т\,и} \quad (5.6)$$

где $R_к$ – сумма термических сопротивлений конструктивных слоев.

Окончательную толщину теплоизоляционного слоя $\delta_{т.и}$ принимают, руководствуясь конструктивными соображениями: для штучного материала $\delta_{т.и}$ должна быть кратной его размерам, для панельных и блочных стен $\delta_{т\,и}$ должна быть такой, чтобы общая толщина стены была кратной 50 мм.

5.4. Теплозащита заполнений световых проемов и дверей

Требуемое сопротивление теплопередаче $R_{зап}^{тр}$ заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей) принимается по табл. 9 СНиП II–3–79** в зависимости от разности температуры внутреннего воздуха и средней температуры наиболее холодной пятидневки $t_{н_5}$ обеспеченностью 0,92, а также от назначения здания.

Требуемое сопротивление теплопередаче дверей и ворот должно быть не менее $0{,}6R_o^{тр}$ наружных стен зданий и сооружений, определенного по формуле (5.3) при расчетной зимней температуре наружного воздуха $t_{н_5}$.

Приведенное сопротивление теплопередаче $R_{зап}$ различных конструкций заполнений световых проемов указано в прил. 6 СНиП II–3–79** и [13].

В целях сокращения теплопотерь в холодный период и теплопоступлений в теплый период следует предусматривать:

а) площадь световых проемов в соответствии с нормативным значением коэффициента естественной освещенности (кео), определяемого по прил. 5 СНиП II–4–79;

б) солнцезащитные устройства в соответствии с требованиями п. 2.7 СНиП II–4–79.

5.5. Требуемая теплоустойчивость ограждений

Теплоустойчивость наружных ограждений должна исключать изменения температуры внутренней поверхности свыше допустимой: зимой при разовых понижениях температуры, летом при суточных колебаниях наружной температуры и интенсивности солнечной радиации.

При выборе зимней расчетной темпе-

ратуры $t_н$ учитывают теплоинерционность ограждений (см. п. 1.2). Для теплого периода (в районах со среднемесячной температурой июля $\geqslant 21°C$, при тепловой инерции наружной стены менее 4 и покрытия менее 5) теплоустойчивость ограждения определяется из условия обеспечения расчетной амплитуды колебания температуры внутренней поверхности ограждения $A^{р}_{\tau_в}$ не более требуемой амплитуды $A^{тр}_{\tau_в}$

$$A^{р}_{\tau_в} \leqslant A^{тр}_{\tau_в} = 2{,}5 - 0{,}1(t_{н_{VII}} - 21), \qquad (5.7)$$

где $t_{н_{VII}}$ – среднемесячная температура наружного воздуха за июль, принимаемая по СНиП 2.01.01–82;

$$A^{р}_{\tau_в} = A^{р}_{t_н}/\nu; \qquad (5.8)$$

$$A^{р}_{t_н} = 0{,}5A_{t_н} + \rho_c(I_{max} - I_{ср})/\alpha_н; \qquad (5.9)$$

$$\alpha_н = 1{,}16(5 + 10\sqrt{v}); \qquad (5.10)$$

$A_{t_н}$ – максимальная амплитуда суточных колебаний температуры $t_{н_{VII}}$, принимаемая по прил. 2 СНиП 2.01.01–82; ρ_c – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждения, принимаемый по прил. 7 СНиП II–3–79**; I_{max}, $I_{ср}$ – максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), Вт/м², принимаемые по прил. 5 и 7 СНиП 2.01.01–82 для покрытий как для горизонтальной поверхности и для наружных стен как для вертикальных поверхностей западной ориентации; v – минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет $\geqslant 16\%$, принимаемая по прил. 4 СНиП 2.01.01–82, но не менее 1 м/с.

Значения коэффициента затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха ν в наиболее распространенных ограждающих конструкциях приведены в табл. 4 [5].

5.6. Требуемая теплоустойчивость полов

Расчетные значения показателя теплоусвоения поверхности полов в различных зданиях (см. п. 2.2) не должны быть более следующих нормативных величин $Y^{н}_{п}$, Вт/(м² · °С):

1. Здания жилые, больничные и лечебные учреждения, детские сады-ясли, общеобразовательные детские школы, детские дома и дома-интернаты для престарелых и инвалидов (при нахождении людей в состоянии покоя или движения без выполнения активной физической работы) 12
2. Общественные здания, кроме указанных в п. 1, вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий, участки с постоянными рабочими местами и выполнением легкой физической работы (категория I) 14
3. Производственные помещения, кроме указанных в п. 2, где выполняется физическая работа средней тяжести (категория II) 17

Примечания: 1. Не нормируется показатель теплоусвоения поверхности полов:

а) имеющих температуру поверхности выше 23°С;

б) в отапливаемых помещениях производственных зданий при выполнении тяжелой физической работы (категория III);

в) в производственных зданиях при укладке деревянных щитов или теплоизоляционных ковриков на участки постоянных рабочих мест;

г) помещений общественных зданий с непостоянным пребыванием в них людей (залы музеев и выставок, фойе театров, кино и т. п.);

2. Теплотехнический расчет полов животноводческих, птицеводческих и звероводческих зданий следует выполнять с учетом требований СНиП 2.10.03.84.

5.7. Требуемое сопротивление воздухопроницанию

Наружные ограждающие конструкции должны иметь расчетное сопротивление воздухопроницанию $R_и$ (см. гл. 3) не ниже требуемого $R^{тр}_и$, м² · ч · Па/кг, которое следует определять:

для наружных стен и покрытий

$$R^{тр}_и = \Delta p/G_н; \qquad (5.11)$$

для окон и балконных дверей жилых и общественных зданий, а также окон и фонарей производственных зданий

$$R^{тр}_и = (\Delta p/\Delta p_0)^{2/3}/G_н. \qquad (5.12)$$

Разность давлений воздуха Δp, Па, на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций следует определять по формуле

$$\Delta p = [0{,}55H_{зд}(\rho_н - \rho_в) + 0{,}03\rho_н v^2_н]9{,}81. \qquad (5.13)$$

Нормативную (максимально-допустимую) воздухопроницаемость $G_н$, кг/(м² · ч), ограждающих конструкций зданий и сооружений следует принимать по табл. 5.3. Сопротивление воздухопроницанию $R_и$ заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей) представлены в табл. 5.4.

ТАБЛИЦА 5.3

НОРМАТИВНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ $G_н$

Ограждающие конструкции	$G_н$, кг/(м² × × ч)
Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых, общественных зданий и вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий	0,5
Наружные стены, перекрытия и покрытия производственных зданий	1
Входные двери в квартиры	1,5
Окна и балконные двери жилых и общественных зданий, а также вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий, окна производственных зданий с кондиционированием воздуха, двери и ворота производственных зданий в районах со средней температурой наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 свыше 40°С	10
То же, с температурой 40°С и ниже	8
Зенитные фонари производственных зданий, а также окна производственных зданий с избытком явной теплоты не более 23 Вт/м³ [20 ккал/(м³ ч)] в районах со средней температурой наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 свыше −40°С	15
То же, с температурой −40°С и ниже	10
Окна производственных зданий с избытками явной теплоты более 23 Вт/м³ [20 ккал/(м³ ч)] – в районах со средней температурой наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 свыше −40 С	30
То же, с температурой −40°С и ниже	20

Примечание. Воздухопроницаемость стыков между панелями наружных стен жилых зданий должна быть не более 0,5 кг/(м ч)

ТАБЛИЦА 5.4

СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАНИЮ $R_и$ ЗАПОЛНЕНИЙ СВЕТОВЫХ ПРОЕМОВ (ОКОН, БАЛКОННЫХ ДВЕРЕЙ И ФОНАРЕЙ)

Заполнение светового проема	Количество уплотненных притворов заполнения	$R_и$, м² ч/кг [при $\Delta p_0 = 10$ Па (1 мм вод ст)], заполнений световых проемов с деревянными переплетами с уплотнением прокладками из		
		пенополиуретана	губчатой резины	полушерстяного шнура
Одинарное остекление или двойное остекление в спаренных переплетах	1	0,26	0,16	0,12
Двойное остекление в раздельных переплетах	1	0,29	0,18	0,13
	2	0,38	0,26	0,18
Тройное остекление в раздельно-спаренных переплетах	1	0,30	0,18	0,14
	2	0,44	0,26	0,20
	3	0,56	0,37	0,27

Примечания: 1 Сопротивление воздухопроницанию заполнений световых проемов с металлическими переплетами, а также балконных дверей следует принимать с коэффициентом 0,8

2 Сопротивление воздухопроницанию окон без открывающихся створок (без притворов с уплотненными фальцами) следует принимать равным 1 м² ч/кг (независимо от числа и материала переплетов и видов остекления), зенитных фонарей (с уплотненными сопряжениями элементов) – 0,5 м² ч/кг

5.8. Требуемое сопротивление паропроницанию

Сопротивление паропроницанию $R_п$, м²·ч·Па/мг, ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) должно быть не менее:

а) наибольшего требуемого сопротивления паропроницанию $R_{п1}^{тр}$ из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации;

б) наибольшего требуемого сопротивления паропроницанию $R_{п2}^{тр}$ из условия ограничения накопления влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха.

Значения $R_{п1}^{тр}$ и $R_{п2}^{тр}$, а также $R_п^{тр}$ чердачного перекрытия и вентилируемого покрытия следует определять по СНиП II-3-79**.

Не требуется определять $R_п$ однослойных наружных стен помещений с сухим или нормальным режимом, а также двухслойных наружных стен помещений с сухим или нормальным режимом, если внутренний слой стены имеет сопротивление паропроницанию более 1,6 м²·ч·Па/мг.

В помещениях с влажным и мокрым режимом предусматривается пароизоляция теплоизолирующих уплотнителей сопряжений элементов ограждающих конструкций со стороны помещений (мест примыкания заполнений проемов к стенам и т. п.). В местах таких сопряжений $R_п$ проверяется из условия ограничения накопления влаги в сопряжениях за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха на основании расчета температурного и влажностного полей [5, 12].

В покрытиях зданий с влажным и мокрым режимом для защиты теплоизоляционного слоя от увлажнения предусматривается пароизоляция ниже теплоизоляционного слоя (со стороны помещения), которая учитывается при определении сопротивления паропроницанию покрытия.

ГЛАВА 6. ИНФИЛЬТРАЦИЯ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ОГРАЖДЕНИЕ

При определении расчетных теплопотерь в помещениях учитываются теплозатраты $Q_н$, Вт, связанные с инфильтрацией наружного воздуха в помещение $G_{и.пом}$ через наружное ограждение

$$Q_н = 0{,}278cG_{и.пом}(t_в - t_{н5})AF_н, \qquad (6.1)$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, равная ~ 1 кДж/(кг · °С); A коэффициент, учитывающий влияние трансмиссионного теплового потока; $A = 0{,}8$ – для окон и дверей с раздельными переплетами, $A = 1$ для окон и дверей со спаренными переплетами; для других наружных ограждающих конструкций $A = 0{,}6$; $F_н$ – площадь рассматриваемого ограждения наветренного фасада, м².

Как правило, поступление наружного воздуха в помещение $G_{и.пом}$ (инфильтрация) учитывается только через окна, балконные двери, фонари, ворота, двери и открытые проемы. В зданиях с незначительным остеклением фасадов инфильтрацию следует учитывать через стыки панелей и массив.

Для жилых комнат, имеющих естественную вытяжку, не компенсируемую подогретым приточным воздухом, кроме $Q_и$ определяется расход теплоты $Q_в$ на нагрев воздуха в размере нормативного воздухообмена (за расчетное значение принимается наибольшее из $Q_и$ и $Q_в$)

$$Q_в = \frac{1{,}005 \cdot 1{,}2 \cdot 3 \cdot 10^3}{3600}(t_в - t_{н5})F_п \approx (t_в - t_{н5})F_п, \qquad (6.2)$$

где 1,005 – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг · °С); 1,2 – плотность воздуха при $t_в = 18$°С, кг/м³; 3 – количество воздуха, поступающего на 1 м² жилой площади, м³/(м² · ч); $F_п$ – площадь пола комнаты, м².

6.1. Инфильтрация наружного воздуха в производственных и одноэтажных общественных зданиях*

По особенностям воздушного режима помещения производственных зданий можно разделить на два типа:

1) с аэрацией в зимний период. В таких помещениях инфильтрация либо не учитывается (при удельных теплоизбытках более 420 кДж/м³ · ч), либо учитывается при расчете аэрационного воздухообмена;

2) без аэрации в зимний период.

Для помещений с равномерным двусторонним остеклением количество инфильтрующего в помещение воздуха через неплотности окон $G_{и.пом}$ равно

$$G_{и.пом} = j_i B_{и.пом} F_{ок.н}; \qquad (6.3)$$

где $j_i = 0{,}378[H_i(\rho_н - \rho_в)g]^{2/3}/R_и$;

$$H_i(\rho_н - \rho_в)g = p_г,$$

j_i – расход инфильтрующего воздуха при действии гравитационного давления $p_г$, кг/(м² · ч) (принимается за условную единицу расхода); $g = 9{,}81$ м/с²; $B_{н.пом}$ – коэффициент, учитывающий влияние ветрового давления p_v и приращение давления $\Delta p_м$ в помещении (при дисбалансе притока и вытяжки вентиляции с механическим побуждением и других особенностей воздушного режима здания); $F_{ок.н}$ – площадь окон помещения на наветренном фасаде, м²; H_i – высота каждого i-го воздухопроницаемого ограждения, м.

Коэффициент $B_{и.пом}$ определяется по рис. 6.1 в зависимости от $\bar{p}_{vi}$ при $\Delta G_м = 0$ и от $\bar{p}_{vi}$ и $\bar{p}_в$ при $\Delta G_м \neq 0$

$$\bar{p}_{vi} = p_{vi}/p_г = r'_{vi}\rho_н/p_г; \qquad (6.4)$$

где $\bar{p}_в = p_в/p_i = [0{,}5(p_г + p_{vi}) \pm \Delta p_м p_г]/p_г$;

$$\bar{\Delta}p_м = \Delta p_м/p_г \geqslant 0;$$

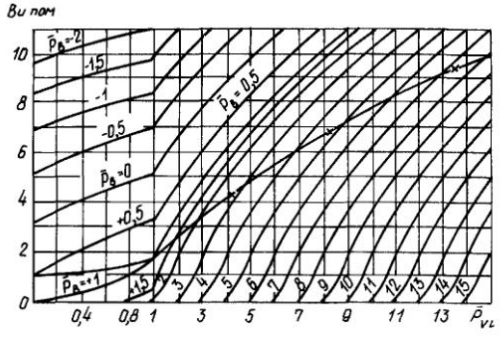
p'_{vi} – ветровое давление на фасаде здания при $\rho_н = 1$ кг/м³, определяемое по табл. 6.1; $\bar{p}_в$ – приращение давления воздуха в помещении в относительных единицах (при $\Delta G_м > 0$ принимается знак «+», при $\Delta G_м < 0$ – знак «–»); $\Delta p_м$, $\Delta\bar{p}_м$ – приращение давления

ТАБЛИЦА 6.1

ЗНАЧЕНИЯ ВЕТРОВОГО ДАВЛЕНИЯ p'_v

v, м/с	Значения p'_v при высоте зданий $H_{зд}$, м							
	10	20	30	40	50	60	70	80
1	0,54	1,33	2,25	3,27	4,38	5,55	6,8	8,1
2	2,16	4,32	6,48	8,64	10,8	13	15,1	17,3
3	4,9	8,5	11,7	14,7	17,6	20,4	23,1	25,6
4	8,6	14,0	18,6	22,8	26,6	30,3	33,7	37,0
5	13,5	19,1	23,4	27,0	30,2	33,1	35,7	38,2
6	19,4	25,6	30,2	33,8	37,0	39,8	42,3	44,7
7	26,5	34,9	41,0	46,1	50,4	54,2	57,6	60,8
8	34,6	42,5	48,0	52,0	56,0	59,1	61,9	64,5
9	43,7	50,2	54,5	57,7	60,3	62,3	64,5	66,3
10	54,0	61,9	67,2	71,2	74,5	77,2	79,7	81,8

* При написании п. 6.1 использованы материалы д-ра техн. наук В. П. Титова и канд. техн. наук С. С. Требукова.



6.1. Зависимость $B_{\text{и пом}}$ от $\bar{p}_{vi}$ и ($\bar{p}_{vi}$, $\bar{p}_{\text{в}}$)

в помещении при дисбалансе воздуха $\Delta G_{\text{м}}$ соответственно в Па и относительных единицах.

Значение $\Delta p_{\text{м}}$ зависит от относительного дисбаланса воздуха $\Delta \bar{G}_{\text{м}}$ (рис. 6.2)

$$\Delta \bar{G}_{\text{м}} = \Delta G_{\text{м}}/(j_i F_{\text{н}}). \qquad (6.5)$$

Если остекление фасадов различно, то коэффициент $B_{\text{и.пом}}$ следует определять, пользуясь рис. 6.3 с учетом отношения b_F площади остекленной поверхности наветренного $F_{\text{н}}$ и подветренного $F_{\text{п}}$ фасадов здания ($b_F = F_{\text{н}}/F_{\text{п}}$).

Для помещений N_i-го этажа многоэтажного здания (с числом этажей $N_{\text{зд}}$) при отсутствии дисбаланса вентиляции во всех помещениях расход воздуха $G_{\text{и.пом}}$ через окна определяется по формуле (6.3). При определении j_i и $p_{\text{г}}$ величину H_i следует принимать равной высоте здания $H_{\text{зд}}$. Коэффициент $B_{\text{и.пом}}$ определяют по рис. 6.4 или по формуле

$$B_{\text{и.пом}} = 1{,}667\left(1 + \frac{1}{N_{\text{зд}}} + D - 2\frac{N_i}{N_{\text{зд}}}\right)^{2/3}, \qquad (6.6)$$

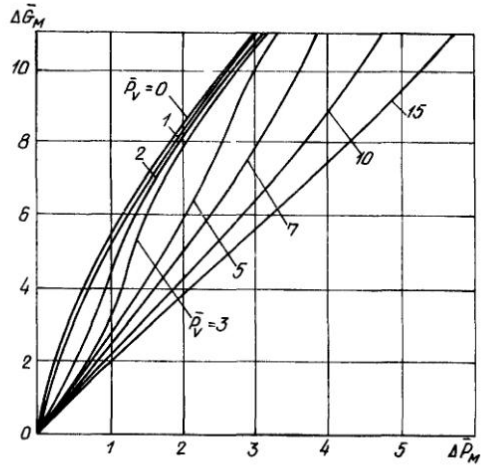
где D – коэффициент, зависящий от типа здания, направления ветра и остекления фасадов.

Для наветренного остекленного $F_{\text{н}}$ фасада здания типа «пластина» с неостекленным торцовым фасадом ($F_{\text{т}} = 0$)

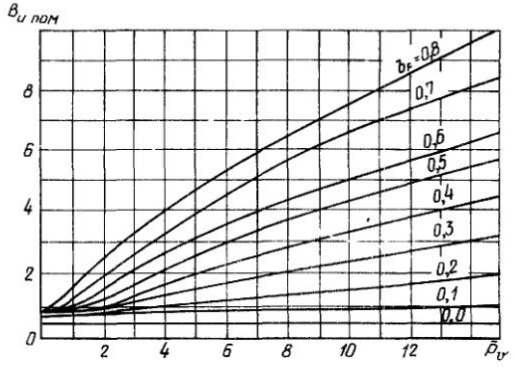
$$D = \bar{p}_v. \qquad (6.7)$$

Для наветренного фасада здания типа «пластина» с остекленным торцовым фасадом ($b_{\text{т}} = F_{\text{т}}/F_{\text{н}} \neq 0$)

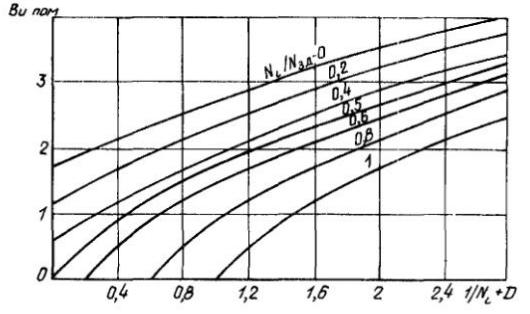
$$D = \bar{p}_v\left(2 - \frac{1}{1 + b_{\text{т}}}\right). \qquad (6.8)$$



6.2. Зависимость $\Delta \bar{p}_{\text{м}}$ от $\Delta \bar{G}_{\text{м}}$ и $\bar{p}_v$



6.3. Зависимость $B_{\text{и пом}}$ от b_F и p_v



6.4. Зависимость $B_{\text{и пом}}$ от $\left(\frac{1}{N_i} + D\right)$ и $N_i/N_{\text{зд}}$

Для наветренного фасада здания типа «башня»

$$D = \bar{p}_v\left[2 - \frac{1}{\beta_{N_i}(1 + b_т)}\right], \qquad (6.9)$$

где β_{N_i} – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте здания (табл. 6.2).

ТАБЛИЦА 6.2

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА β_{N_i}

Тип здания	Значения β_{N_i} при $H_i/H_{зд}$				
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
Пластина	0,9	0,9	1	1,12	1,08
Башня	0,79	0,8	1	1,2	1,22

6.2. Инфильтрация воздуха в помещениях многоэтажных общественных зданий, оборудованных системами механической вентиляции

Количество инфильтрующегося воздуха $G_{и.пом}$ вычисляют после того, как будут определены следующие величины.

1. Суммарный дисбаланс вентиляции в коридорах здания $\Delta G_к$, кг/ч

$$\Delta G_к = \Sigma G_{пр.к} - \Sigma G_{в.к}, \qquad (6.10)$$

где $\Sigma G_{пр.к}$ и $\Sigma G_{в.к}$ – суммарное количество приточного и вытяжного воздуха по коридорам здания, включая вестибюль, лестнично-лифтовые холлы, вспомогательные помещения (санитарные узлы).

2. Суммарный дисбаланс вентиляции в рабочих помещениях здания $\Delta G_{п.о}$, кг/ч

$$\Delta G_{п.о} = \Sigma G_{пр.п} - \Sigma G_{в.п}, \qquad (6.11)$$

где $\Sigma G_{пр.п}$ и $\Sigma G_{в.п}$ – суммарное количество приточного и вытяжного воздуха по рабочим помещениям, кг/ч.

3. Дисбаланс вентиляции по зданию $\Delta G_м$, кг/ч

$$\Delta G_м = \Delta G_{п.о} + \Delta G_к. \qquad (6.12)$$

4. Средний по зданию перепад давлений $\Delta p_м$ между лестничной клеткой и наружным воздухом при отсутствии ветрового $\bar{p}_v$ и гравитационного $p_г$ давлений

$$\Delta p_м = \pm\left(\frac{|\Delta G_м|R_{и.ок}}{F_{ок.п}}\right)^{1,5} \pm \left(\frac{|\Delta G_к|R_{и.дв}}{F_{дв.п}}\right)^2, \qquad (6.13)$$

где $F_{ок.п}$ и $F_{дв.п}$ – общая площадь окон и дверей помещений; $R_{и.ок}$ и $R_{и.дв}$ – сопротивление воздухопроницанию окон и дверей, Па^к·м^2·ч/кг (табл. 6.3). При $\Delta G_м > 0$ и $\Delta G_к > 0$ принимают знак «+», при $\Delta G_м < 0$ и $\Delta G_к < 0$ – знак «–». При выключенных вентиляторах и закрытых клапанах систем вентиляции допустимо принимать $\Delta G_{п.о} = \Delta G_к = \Delta G_м = 0$ и $\Delta p_м = 0$.

Первое слагаемое $\left(\frac{|\Delta G_м|R_{и.ок}}{F_{ок.п}}\right)^{1,5}$ в формуле (6.13), выражающее потери давления в окнах $\Delta p_{ок}$, может быть определено по табл. 6.4 в зависимости от удельного расхода воздуха через окна, равного $\Delta G_м/F_{ок.п}$.

5. Среднее гравитационное давление $p_г^{ср}$

$$p_г^{ср} = \frac{N_{зд} - 1}{2} h_{эт}(\rho_н - \rho_в)g, \qquad (6.14)$$

где $h_{эт}$ – высота этажа, м.

Значения $(\rho_н\rho_в)g$ и $\rho_н$ принимаются равными:

$t_н$, °С	–50	–40	–30	–25	–20	–15	–10	0
$(\rho_в - \rho_н)g$	3,76	3,09	2,48	2,19	1,92	1,65	1,4	0,91
$\rho_н$, кг/м^3	1,583	1,515	1,453	1,423	1,395	1,368	1,342	1,293

6. Давление в здании (в коридорах), Па,

$$p_0 = p_г^{ср} + \frac{F_{ок.ф}}{F_{ок.з}} p'_v \rho_н + \Delta p_м \varphi, \qquad (6.15)$$

где $F_{ок.ф}$ – площадь окон рассчитываемого фасада, м^2; $F_{ок.з}$ – общая площадь окон здания, м^2; φ – коэффициент, учитывающий влияние $\Delta p_м$ на давление в здании p_0:

при $\dfrac{p_г^{ср}}{|\Delta p_м|} \leqslant 20$ $\quad \varphi = 1 + a\dfrac{p_г^{ср}}{|\Delta p_м|}$;

при $\dfrac{p_г^{ср}}{|\Delta p_м|} > 20$ $\quad \varphi = 1 + 20a$;

a – коэффициент, определяемый в зависимости от $\Delta G_м/\Delta G_{п.о}$ и $\Delta p_{отн.ср}$ (табл. 6.5)

$$\Delta p_{отн.ср} = \left(\frac{\Delta G_{п.о}}{F_{ок.п}} R_{и.ок}\right)^{1,5} \Big/ \left(\frac{\Delta G_{п.о}}{F_{дв.п}} R^{и.дв}\right)^2, \qquad (6.16)$$

7. Давление наружного воздуха $p_{н_i}$ на уровне рассматриваемого этажа, Па

$$p_{н_i} = (N - N_i)h_{эт}(\rho_н - \rho_в)g + p'_v \rho_н \beta_{N_i}. \qquad (6.17)$$

ТАБЛИЦА 6.3

СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАНИЮ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Ограждения	Тип уплотнения притворов	$R_и$, Па^x·м^2 ч/кг
Окна	Пенополиуретан	1,19 (по СНиП II-3-79**)
		0,57
	Губчатая резина или полушерстяной шнур	0,42
Двери помещений	Без уплотнения	0,063
	Без уплотнения с нижней подрезкой 2 см	0,02
Выходы на наружный переход (при одном тамбуре)	Пенополиуретановая прокладка	0,1
	Без уплотнения	0,045
Входные двери в здании (при одном тамбуре)	Прокладки из резины	0,06
	Без уплотнения	0,03

Примечание. Значения $R_и$ определены натурными испытаниями.

ТАБЛИЦА 6.4

ЗАВИСИМОСТЬ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ В ОКНАХ ОТ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ВОЗДУХА

$R_{и\,ок}$, Па$^{2/3}$ ч·м^2/кг	Потери давления в окнах $\Delta p_{ок}$, Па, при удельном расходе воздуха через окна, кг/(м^2 ч)												
	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32	36	40
1,19	3,6	10,3	19	29,3	41	54,3	83	116	153	192,5	235	281	329
0,57	1,2	3,4	6,3	9,7	13,6	18	27,5	38,5	50,6	63,8	78	93	109
0,42	0,76	2,2	4	6,1	8,6	11,4	17,4	24,4	32	40,4	49,3	58,8	68,9

ТАБЛИЦА 6.5

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА a

$\Delta p_{отн\,ср}$	Значения a при $\Delta G_м/\Delta G_{п\,о}$									
	$\geqslant 2$	1,5	1,0	0,75	0,5	0,25	0	−0,25	−0,75	$\leqslant -1$
0,03	0,22	0,24	0,0	0,25	0,22	0,26	0,24	0,22	0,21	0,22
0,1	0,22	0,20	0,01	0,0	0,2	0,24	0,24	0,22	0,21	0,22
0,3	0,21	0,17	0,02	−0,12	0,19	0,20	0,24	0,22	0,20	0,21
0,6	0,21	0,16	0,04	−0,06	0,03	0,17	0,2	0,2	0,2	0,21
1,0	0,21	0,15	0,06	−0,04	−0,05	0,11	0,16	0,17	0,19	0,21
2,0	0,21	0,14	0,06	0	−0,05	0,08	0,14	0,15	0,19	0,21
3,0	0,21	0,14	0,06	0,02	−0,02	−0,06	0,10	0,12	0,18−	0,21
4,0	0,20	0,13	0,07	0,03	−0,01	−0,04	0,07	0,1	0,17	0,20
6,0	0,19	0,12	0,08	0,04	0	−0,02	0,05	0,08	0,14	0,19
30	0,18	0,11	0,10	0,08	0,06	0	0,02	0,06	0,10	0,18

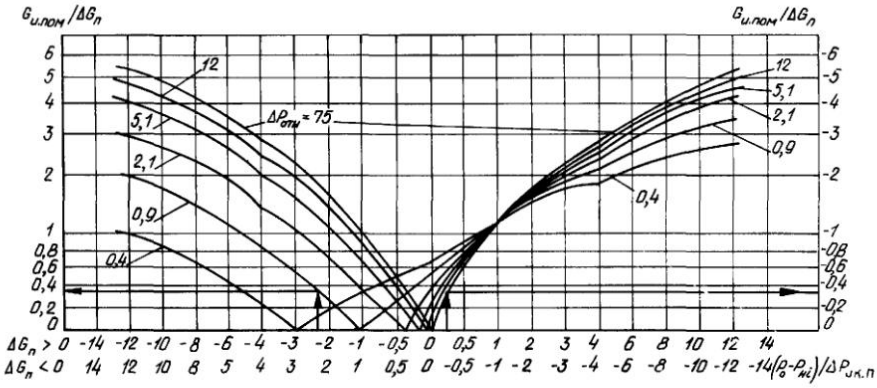
8. Дисбалансы вентиляции в каждом рабочем помещении

$$\Delta G_п = G_{пр.п} - G_{в.п}. \qquad (6.18)$$

Количество инфильтрующегося воздуха для помещения, в котором $\Delta G_п = 0$, определяется по формуле

$$G_{и.пом} = Bi_{ок}F_{ок}, \qquad (6.19)$$

где $F_{ок}$ – площадь окон помещения, м^2; $i_{ок}$ – воздухопроницаемость окон, кг/(м^2·ч); при $\Delta p = 1$ Па воздухопроницаемость $i_{ок} = 1/R_{и\,ок}$; B – коэффициент, определяемый по табл. 6.6, в которой α – перепад давлений на дверях рассчитываемого помещения при расходе воздуха $i_{ок}F_{ок}$



6.5. Зависимость $G_{и\,пом}/\Delta G_п$ от отношения $p_0 - p_{нi}/\Delta p_{ок\,п}$

ТАБЛИЦА 6.6

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА B

$\frac{p_{нi} - p_0}{1 + \alpha}$	Значения B при α		
	0,02	0,2	2
2	1,54	1,51	1,45
4	2,47	2,35	2,11
6	3,24	3,03	2,62
8	3,92	3,62	3,05
10	4,52	4,16	3,44
12	5,13	4,64	3,78
16	6,21	5,53	4,4
20	7,19	6,33	4,95
25	8,11	7,06	5,45
32	9,79	8,38	6,33
40	11,33	9,57	7,11
50	13,11	10,92	7,98
60	14,77	12,16	8,78
70	16,33	13,31	9,51
80	17,74	14,39	10,19
90	19,23	15,41	10,83
100	20,59	16,38	11,43
110	21,91	17,31	12,01
130	24,41	19,07	13,09
150	26,78	20,71	14,09

$$\alpha = \frac{(F_{ок} i_{ок})^2}{(F_{дв}/R_{и.дв})^2} = (F_{ок}/F_{дв})^2 (i_{ок} R_{и.дв})^2 . \qquad (6.20)$$

Количество инфильтрующегося воздуха для помещения, в котором $\Delta G_п \neq 0$, определяется по рис. 6.5

$$\Delta p_{оти} = \Delta p_{ок.п}/\Delta p_{дв.п}, \qquad (6.21)$$

где $\Delta p_{ок.п} = \left(\frac{\Delta G_п}{F_{ок}} - R_{и.ок}\right)^{1,5}$ и

$$\Delta p_{дв.п} = \left(\frac{\Delta G_п}{F_{дв}} - R_{и.дв}\right)^2 .$$

Для лестнично-лифтовых холлов, коридоров, вестибюлей $G_{и.к}$ определяют по формуле

$$G_{и.к} = \Sigma \frac{F_o}{R_и} (p_{нi} - p_o)^к , \qquad (6.22)$$

где F_o – расчетная площадь рассматриваемого ограждения (заполнение светопроемов, наружные двери и пр.), м².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Аронович Э. М., Вавуло Н. М.** Повышение теплотехнических качеств полносборных жилых домов.– М.: Стройиздат, 1985.– 192 с.

2. **Богословский В. Н.** Тепловой режим зданий.– М.: Стройиздат, 1979.– 248 с.

3. **Богословский В. Н.** Строительная теплофизика.– М.: Высшая школа, 1982.– 415 с.

4. **Гиндоян А. Г.** Тепловой режим конструкций полов.– М.: Стройиздат, 1984.– 222 с.

5. **Руководство** по теплотехническому расчету и проектированию ограждающих конструкций зданий/НИИСФ.– М.: Стройиздат, 1985.— 141 с.

6. **СНиП II-3-79**.** Строительная теплотехника.– М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1986.– 32 с.

7. **СНиП II-4-79.** Естественное и искусственное освещение.– М.: Стройиздат. 1980.– 48 с.

8. **СНиП 2.01.01-82.** Строительная климатология и геофизика.– М.: Стройиздат, 1983.– 136 с.

9. **СНиП 2.10.03.84.** Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения.– М.: Стройиздат, 1984.– 8 с.

10. **СНиП 2.01.07–85.** Нагрузки и воздействия.– М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.– 38 с.

11. **СНиП 2.04.05–86.** Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.– М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987.– 84 с.

12. **Табунщиков Ю. А., Хромец Д. Ю., Матросов Ю. А.** Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений.– М.: Стройиздат, 1986.– 360 с.

РАЗДЕЛ II. ОТОПЛЕНИЕ

ГЛАВА 7. КЛАССИФИКАЦИЯ И ВЫБОР СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

7.1. Основные виды систем отопления

Системы отопления – это совокупность технических элементов, предназначенных для получения, переноса и передачи во все обогреваемые помещения количества теплоты, необходимого для поддержания температуры на заданном уровне. Системы отопления подразделяются на местные и центральные.

К **местным системам** отопления относят электрическое, газовое (при горении газа непосредственно в отопительных установках) и печное отопление. Радиус действия местных систем отопления ограничен одним-двумя помещениями.

Центральными называют системы, предназначенные для отопления многих помещений из одного теплового центра. Тепловой центр может обслуживать одно обогреваемое сооружение или группу сооружений (в этом случае систему отопления именуют районной).

Теплоперенос в системах отопления осуществляется **теплоносителем** – жидкой средой (вода) или газообразной (пар, воздух, газ). В зависимости от вида теплоносителя системы отопления подразделяют на водяные, паровые, воздушные и газовые.

Центральные системы отопления могут быть комбинированными, когда теплоноситель систем (вторичный) нагревается первичным теплоносителем (обычно высокотемпературной водой или паром). В СССР при водяном теплоснабжении распространено водо-водяное и водовоздушное отопление.

Центральные системы водяного и воздушного отопления устраивают с естественной циркуляцией теплоносителя или с механическим побуждением циркуляции насосами или вентиляторами. Системы парового отопления подразделяют на системы низкого давления при начальном избыточном давлении пара от 0,005 до 0,02 МПа, повышенного давления – от 0,02 до 0,07 МПа и высокого давления – выше 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2).

7.2. Выбор системы отопления

Тепловой режим в зданиях и помещениях в холодное время года может быть постоянным и переменным в зависимости от их назначения.

Отопление помещений в нерабочее время называют дежурным. В зданиях и помещениях **с постоянным тепловым режимом** в течение отопительного сезона необходимо применять следующие системы отопления (с предельной температурой теплоносителя $t_г$ или теплоотдающей поверхности $t_{пов}$:

1) в больницах и стационарах (кроме психиатрических и наркологических) – системы водяного отопления с радиаторами и панелями при $t_г = 85°C$* (металлические приборы) и 95°С (бетонные приборы) с тем, чтобы средняя температура поверхности отопительных приборов не превышала 75°С;

2) в детских дошкольных учреждениях, в жилых домах, общежитиях, гостиницах, домах отдыха, санаториях, пансионатах и пионерских лагерях, в поликлиниках, амбулаториях, аптеках, здравпунктах, психиатрических и наркологических больницах, в банях и душевых павильонах, в музеях, выставках, книгохранилищах, архивах, библиотеках, в административно-бытовых зданиях при непрерывном производственном процессе – системы водяного отопления с радиаторами и конвекторами (в больницах, банях и душевых павильонах – только с радиаторами) при $t_г = 95°C$ (105°С – для однотрубных систем в перечисленных зданиях, кроме больниц, детских учреждений, бань и душевых павильонов, и до 130°С – для однотрубных систем при конвекторах с кожухом, если они допустимы в указанных зданиях, за исключением жилых домов и детских учреждений).

В перечисленных зданиях можно применять электрическое отопление (кроме зданий детских учреждений, бань и душевых павильонов), газовое отопление (исключая еще и здания больниц) при $t_{пов} = 95°C$ а также

* Предельная температура теплоносителя здесь и далее указана для вертикальных отопительных приборов, расположенных на высоте не более 1 м от поверхности пола

воздушное отопление (кроме зданий больниц и детских учреждений);

3) в вокзалах, аэропортах, плавательных бассейнах, лестничных клетках, пешеходных переходах, вестибюлях зданий – системы воздушного отопления; водяного отопления с радиаторами и конвекторами (в бассейнах еще и с гладкими трубами) при $t_т = 150°C$; системы электрического (кроме лестничных клеток, переходов и вестибюлей) и газового отопления в плавательных бассейнах при $t_{пов} = 150°C$; системы парового отопления в лестничных клетках, переходах и вестибюлях при $t_т = 130°C$.

4) в производственных помещениях категорий *А*, *Б* и *В* при непрерывном технологическом процессе без выделения пыли и аэрозолей – системы воздушного отопления; водяного отопления с радиаторами и гладкими трубами при $t_т = 150°C$; парового отопления при $t_т = 130°C$.

В помещениях категории *В* допустимо применение электрического и газового отопления при $t_{пов} = 110°C$.

В тех же помещениях при выделении пыли и аэрозолей предельную температуру теплоносителя следует принимать 110°С в помещениях категорий *А* и *Б* и 130°С в помещениях категории *В*.

Водяное и паровое отопление не допускается в помещениях категорий *А* и *Б* в тех случаях, когда в них хранятся или применяются вещества, образующие при контакте с водой или водяными парами взрывоопасные смеси, или вещества, способные к самовозгоранию или взрыву при взаимодействии с водой.

Кроме того, температуру теплоносителя в системах отопления с местными отопительными приборами в помещениях категорий *А*, *Б* и *В* и для калориферов рециркуляционных воздушных завес, размещаемых в этих помещениях, следует принимать не менее чем на 20% ниже температуры самовоспламенения газов, паров, пыли и аэрозолей, выделяющихся в помещениях;

5) в производственных помещениях категорий *Г* и *Д* при непрерывном технологическом процессе:

а) без выделения пыли и аэрозолей – системы воздушного отопления; водяного отопления с ребристыми трубами, радиаторами и конвекторами при $t_т = 150°C$; парового отопления при $t_т = 130°C$; системы электрического и газового отопления с высокотемпературными темными излучателями;

б) при повышенных требованиях к чистоте воздуха – системы воздушного отопления; водяного отопления с радиаторами, панелями и гладкими трубами при $t_т = 150°C$;

в) при выделении негорючих пылей и аэрозолей – системы воздушного отопления; водяного отопления с радиаторами при $t_т = 150°C$; парового отопления при $t_т = 130°C$; системы электрического и газового отопления при $t_{пов} = 150°C$;

г) при выделении горючих пылей и аэрозолей – системы воздушного отопления; водяного отопления с радиаторами и гладкими трубами $t_т = 130°C$; парового отопления при $t_т = 110°C$;

д) при значительных влаговыделениях – системы воздушного отопления; водяного отопления с радиаторами и ребристыми трубами при $t_т = 150°C$; парового отопления при $t_т = 130°C$; газового отопления при $t_{пов} = 150°C$.

В производственных помещениях с выделением возгоняемых ядовитых веществ система отопления выбирается по специальным нормативным документам.

Во всех перечисленных зданиях и помещениях, кроме производственных помещений категорий *А*, *Б* и *В*, могут быть предусмотрены системы водяного отопления со встроенными в наружные стены, перекрытия и полы нагревательными элементами. Предельно допустимая средняя температура теплоотдающей поверхности строительных конструкций при этом приведена в п. 3 18 главы СНиП 2.04.05 86.

В зданиях и помещениях **с переменным тепловым режимом** в течение суток необходимо применять следующие системы отопления (с предельной температурой теплоносителя $t_т$ или теплоотдающей поверхности $t_{пов}$):

1) в школах и других учебных заведениях, в зданиях управлений, научных и проектных учреждений, конструкторских бюро, в читальных залах, на предприятиях связи и обслуживания населения (при работе сидя близ световых проемов), в административно-бытовых зданиях – системы водяного отопления с радиаторами и конвекторами (в школах конвекторы – во вспомогательных помещениях) при $t_т = 95°C$ для двухтрубных систем, 105°С для однотрубных систем (до 130°С для однотрубных систем при конвекторах с кожухом с изоля-

цией труб, имеющих температуру выше 105°С); системы воздушного отопления; электрического и газового отопления при $t_{пов} = 95°С$;

2) в театрах, кинотеатрах, клубах, зрительных залах, ресторанах – системы водяного отопления с радиаторами и конвекторами при $t_т = 115°С$ (до 130°С для однотрубных систем при конвекторах с кожухом с изоляцией труб, имеющих температуру выше 115°С); воздушного отопления; электрического отопления при $t_{пов} = 115°С$. Системы водяного и электрического отопления должны обеспечивать понижение теплоотдачи в помещения в нерабочее время, системы воздушного отопления – работу с рециркуляцией воздуха для дежурного отопления;

3) в магазинах, столовых (кроме ресторанов), кафе, буфетах и закусочных, в прачечных, в спортивных сооружениях (кроме плавательных бассейнов) – системы водяного отопления с радиаторами, конвекторами (кроме прачечных) и гладкими трубами при $t_т = 150°С$; воздушного отопления; электрического и газового отопления (кроме прачечных) при $t_{пов} = 150°С$.

В неутепленных и полуоткрытых зданиях и помещениях магазинов и предприятий общественного питания может быть применено электрическое и газовое отопление с высокотемпературными (до 250°С) темными излучателями;

4) в производственных помещениях категорий *А*, *Б*, *В*, *Г* и *Д* при работе в одну или две смены следует применять системы отопления, указанные для аналогичных помещений с постоянным тепловым режимом. Системы водяного отопления должны обеспечивать понижение теплоотдачи в помещения в нерабочее время. Системы воздушного отопления рекомендуется устраивать центральными, совмещенными с приточной вентиляцией основных крупных помещений, с применением их для дежурного отопления в нерабочее время и местными с отопительными агрегатами для дежурного отопления при отсутствии или невозможности использования центральных систем приточной вентиляции.

Для отопления складских помещений и зданий принимают системы отопления как для производственных помещений с учетом противопожарных и санитарных требований в зависимости от вида хранимых в них изделий и материалов;

5) в отдельных помещениях (кроме помещений категорий *А* и *Б*) и на рабочих местах в неотапливаемых зданиях или в помещениях при пониженной температуре следует устраивать системы газового и электрического отопления, в том числе с высокотемпературными (до 250°С) излучателями (в помещениях категории *В* при $t_{пов} \leqslant \leqslant 110°С$); системы воздушного отопления со струйной подачей нагретого воздуха.

В перечисленных зданиях и помещениях (кроме клубных зданий и зрелищных предприятий, ресторанов и производственных помещений категорий *А*, *Б* и *В*) могут быть применены также системы водяного отопления со встроенными в наружные стены, перекрытия и полы нагревательными элементами.

Дежурное отопление предусматривают в нерабочее время или во время перерывов в использовании помещений, когда по условиям технологии производства и эксплуатации оборудования, приборов и коммуникаций необходимо поддерживать температуру воздуха выше 0°С. Дежурного отопления не предусматривают при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления выше −5°С.

У дверей главных входов, ворот и наружных технологических проемов гражданских (например, для загрузки декораций) и производственных зданий применяют отопительные установки периодического действия, создающие воздушно-тепловые завесы в открытых проемах. *Воздушно-тепловые завесы* устраивают при кондиционировании воздуха, недопустимости снижения температуры или значительных влаговыделениях (плавательные бассейны и др.) в помещениях.

Воздушно-тепловые завесы осуществляют также у наружных ворот (при отсутствии тамбуров или шлюзов), открываемых чаще 5 раз или не менее чем на 40 мин в смену, а также у открытых технологических проемов при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления −15°С и ниже. Их проектируют у входных дверей, через которые (через один тамбур) в течение 1 ч проходят 400 чел и более при расчетной температуре от −15 до −25°С, 250 чел и более при температуре от −26 до −45°С и 100 чел и более при температуре ниже −45°С. При расчетной температуре −15°С и ниже воздушно-тепловые завесы предусматривают в тамбурах входов для посетителей в предприятиях

общественного питания с числом мест в залах 100 и более, в магазинах с торговыми залами общей площадью 150 м^2 и более.

Печное отопление допускается проектировать для зданий и сооружений, приведенных в приложении к главе СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», при отсутствии централизованного теплоснабжения. Печное отопление не допускается в зданиях и помещениях категорий *А*, *Б* и *В*, а также в зданиях жилых и управлений выше двух этажей (без учета цокольного этажа).

Общие рекомендации по выбору систем отопления. В системах отопления здания, сооружения, промышленной площадки или жилого района принимают единый вид теплоносителя. Давление теплоносителя устанавливают в соответствии с механической прочностью (допустимым рабочим давлением) выбранных отопительных приборов, арматуры и оборудования, в зависимости от расчетной температуры теплоносителя.

В зданиях, включающих отдельные помещения (площадью 5% и менее общей площади отапливаемых помещений здания) иного назначения (например, пункт бытового обслуживания населения в жилом доме), предусматривают одну общую систему отопления. Крупные помещения или комплексы помещений специального назначения при основном здании (например, бытовые помещения производственного здания, магазин, пристроенный к жилому дому) оборудуют отдельными системами отопления.

Общую систему отопления делят на части для обогревания помещений, различно ориентированных по сторонам горизонта, имеющих различный технологический режим, предназначенных для периодического пребывания и работы людей.

Теплопроводы постоянно действующей системы отопления прокладывают в здании, начиная от распределительного коллектора, отдельно от теплопроводов системы прерывистого отопления и теплопроводов для периодически работающих воздухонагревателей системы воздушного отопления и воздушно-тепловых завес.

В системах водяного и воздушного отопления применяют, как правило, механическое побуждение циркуляции теплоносителя (естественную циркуляцию используют при технико-экономическом обосновании). В системах парового отопления, в основном, используют насосную перекачку конденсата.

Высоту систем водяного и воздушного отопления ограничивают исходя из допустимого гидростатического давления в элементах систем водяного отопления или понижения температуры нагретого воздуха из-за попутного охлаждения в вертикальных каналах систем воздушного отопления.

7.3. Особенности выбора системы отопления в здании с переменным тепловым режимом

Систему отопления здания для экономии тепловой энергии разделяют на две части: главную, обслуживающую основные помещения с производственными теплопоступлениями в рабочее время, и второстепенную для вспомогательных помещений (санитарных узлов, лестничных клеток, коридоров, складов и т. п.) без теплопоступлений. Главная часть системы отопления может быть выбрана водяной (как и второстепенная) или комбинированной – водовоздушной.

На главную часть системы отопления возлагается задача путем прерывистой теплоподачи в течение суток обеспечивать нормальную температуру основных рабочих помещений в рабочее время, осуществлять «натоп» этих помещений перед началом работы и поддерживать минимально допустимую температуру в нерабочее время.

Понижение температуры в нерабочее время допустимо до 5°С в производственных помещениях и до 10°С (при 40%-ной относительной влажности воздуха, имеющего температуру 20°С к концу рабочего времени) в помещениях общественных зданий.

Водяную главную часть системы выбирают для работы в двух режимах: обычном (как для постоянно действующей системы водяного отопления) и форсированном (для «натопа» помещений) с увеличением тепловой мощности путем повышения температуры теплоносителя.

Комбинированную главную часть системы отопления составляют из постоянно действующего *фонового* водяного отопления относительно малой тепловой мощности для частичного обогревания, прежде всего, помещений в углах и на верхнем этаже здания и периодически работающего *догревающего* воздушного отопления, совмещенного с приточной венти-

ляцией основных помещений в рабочее время.

При проектировании прерывистого отопления производственных и общественных зданий имеют в виду, что экономия тепловой энергии увеличивается:

а) при повышении теплозащиты наружных ограждающих конструкций;

б) при уменьшении теплоустойчивости обслуживаемых помещений;

в) при увеличении тепловой мощности главной части системы (минимально в 1,5 раза) по сравнению с мощностью постоянно действующей системы отопления.

ГЛАВА 8. ТЕПЛОВАЯ МОЩНОСТЬ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

8.1. Тепловой баланс помещения

В зданиях, сооружениях и помещениях с **постоянным тепловым режимом** в течение отопительного сезона (см. п. 7.2) для поддержания температуры на заданном уровне сопоставляют теплопотери и теплопоступления в расчетном установившемся режиме, когда возможен наибольший дефицит теплоты.

В производственных зданиях при сведении теплового баланса принимают в расчет интервал технологического цикла с минимальными теплопоступлениями. В жилых зданиях учитывают бытовые тепловыделения. В общественных зданиях принимают, что в помещениях отсутствуют люди, нет искусственного освещения и других теплоисточников.

Тепловая мощность отопительной установки помещения $Q_{от}$ для компенсации дефицита теплоты равна:

$$Q_{от} = Q_{пот} - Q_{выд}, \qquad (8.1)$$

где $Q_{пот}$ и $Q_{выд}$ – теплопотери и тепловыделения в помещении в заданный момент времени.

В производственном здании теплопотери могут быть меньше тепловыделений, и отопления не потребуется.

В зданиях, сооружениях и помещениях с **переменным тепловым режимом** (см. п. 7.2) нормируемую температуру поддерживают только в рабочее время средствами отопления и вентиляции, причем в случае дефицита теплоты тепловую мощность отопительной установки определяют по уравнению (8.1).

Для отопления в нерабочее время используют имеющиеся установки, если они обладают достаточной мощностью для поддержания минимально допустимой температуры помещений и «натопа» перед началом работы (см. п. 7.3). При недостаточной тепловой мощности основных отопительных установок или экономической нецелесообразности их использования проектируют специальные отопительные установки дежурного отопления. Тепловую мощность установок дежурного отопления определяют в соответствии с теплопотерями при пониженной температуре помещений в этот период времени с запасом, достаточным для «натопа» помещений перед началом работы (если это не предусмотрено путем использования технологических и приточно-вентиляционных установок).

Теплопотери в помещениях в общем виде слагаются из теплопотерь через ограждающие конструкции $Q_{огр}$, теплозатрат на нагревание наружного воздуха, поступающего через открываемые ворота, двери и другие проемы и щели в ограждениях, $Q_{и}$, а также на нагревание поступающих снаружи материалов, оборудования и транспорта $Q_{мат}$. Теплозатраты могут также быть при испарении жидкости и других эндотермических технологических процессах $Q_{техн}$, при подаче воздуха для вентиляции с пониженной температурой по сравнению с температурой помещений $Q_{вент}$, т. е.

$$Q_{пот} = Q_{огр} + Q_{и} + Q_{мат} + Q_{техн} + Q_{вент}. \qquad (8.2)$$

Тепловыделения в помещениях в общем виде составляются из теплоотдачи людьми $Q_{л}$, теплопроводов и нагревательного технологического оборудования $Q_{об}$, тепловыделений источниками искусственного освещения и работающим электрическим оборудованием $Q_{эл}$, нагретыми материалами и изделиями $Q_{мат}$, теплопоступлений от экзотермических технологических процессов $Q_{техн}$ и солнечной радиации $Q_{с.р.}$, т. е.

$$Q_{выд} = Q_{л} + Q_{об} + Q_{эл} + Q_{мат} + Q_{техн} + Q_{с.р.}. \qquad (8.3)$$

Принимаются во внимание также тепло-

поступления через ограждающие конструкции из смежных помещений (см. п. 8.2.1).

Тепловой баланс для выявления дефицита или избытка теплоты составляют по явной теплоте (вызывающей изменение температуры воздуха помещения), принимая во внимание в течение расчетного промежутка времени максимальные теплопотери (с учетом коэффициента обеспеченности – см. гл. 1) и минимальные устойчивые тепловыделения. При составлении теплового баланса не учитывают выделения скрытой теплоты при конденсации водяного пара воздуха на внутренней поверхности наружных ограждений. Это относится к помещениям бань, прачечных, душевых павильонов, а также к некоторым «мокрым» производственным цехам, когда температура испаряющейся в помещениях воды равна или выше температуры воздуха.

8.2. Теплопотери помещения

8.2.1. Теплопотери через ограждающие конструкции помещений

Теплопотери через ограждающие конструкции помещений $Q_{огр}$, Вт (ккал/ч), складываются из теплопотерь через отдельные ограждения или их части площадью A, м^2,

$$Q_{огр} = kA(t_п - t_н)n(1 + \Sigma\beta), \qquad (8.4)$$

где k – коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м^2·К) [ккал/(ч·м^2·°С)], равный

$$k = 1/R_{о.пр}; \qquad (8.5)$$

$R_{о.пр}$ – приведенное сопротивление теплопередаче ограждения, К·м^2/Вт [°С·м^2·ч/ккал] (см. гл. 2); $t_п$ – температура помещения, °С (см. гл. 1); при расчетах теплопотерь в условиях конвективного отопления выбирают $t_п = t_в$, приведенной в главах СНиП для рабочей или обслуживаемой зоны помещения высотой до 4 м.

При расчетах теплопотерь производственного помещения высотой более 4 м принимают: для пола и вертикальных ограждений высотой до 4 м от поверхности пола – нормируемую температуру в рабочей зоне $t_в$; для стен и световых проемов, расположенных выше 4 м – среднюю температуру по высоте помещения $t_{ср} = 0{,}5(t_в + t_в)$; для покрытия и световых фонарей – температуру воздуха в верхней зоне $t_{в.з} = t_в + \Delta t(h_п - 2)$, причем в помещении высотой $h_п$, м, без значительных тепловыделений $\Delta t = 0{,}3 - 0{,}7$ °С/м, со значительными тепловыделениями $\Delta t = 0{,}7 - 2{,}0$ °С/м; $t_н$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С; выбирается в соответствии с указаниями в гл. 1; n – коэффициент уменьшения расчетной разности температуры $(t_п - t_н)$; принимается по данным в гл. 5; для бесчердачных покрытий с вентилируемой воздушной прослойкой принимают как для зданий с чердаками, рассматривая конструкцию над воздушной прослойкой как кровлю; β – коэффициент, учитывающий добавочные теплопотери сверх основных теплопотерь через ограждения (в долях основных теплопотерь).

В случаях, не предусмотренных нормами, при расчете теплопотерь через ограждения, отделяющие отапливаемые помещения от неотапливаемых, исходят из температуры воздуха в неотапливаемом помещении $t_х$ °С, определяемой по формуле

$$t_х = \frac{\Sigma(kAt)_{вн} + \Sigma(kAt)_т + \Sigma(kA)_{нар}t_н}{\Sigma(kA)_{вн} + \Sigma(kA)_т + \Sigma(kA)_{нар}}, \qquad (8.6)$$

где $(kA)_{вн}$, $(kA)_т$, $(kA)_{нар}$ – произведение коэффициента теплопередачи на площадь соответственно внутреннего ограждения, теплопровода или наружного ограждения для неотапливаемого помещения, в котором рассчитывают температуру $t_х$; $t_т$ – температура теплоносителя в теплопроводе.

Определив температуру $t_х$, подставляют в формулу (8.4) разность температуры $(t_п - t_х)$ вместо произведения $(t_п - t_н)n$. Это относится, например, к перекрытиям над неотапливаемыми подвалами и техническими подпольями, в которых размещены теплопроводы, или к случаю, когда наружные стены этих помещений выступают более чем на 1 м над поверхностью земли.

Теплопотери через внутренние ограждения (небольшой площади) в прилегающие помещения, имеющие пониженную температуру воздуха, допустимо не учитывать при разности температуры 3°С и менее. Рассчитанные теплопотери в прилегающие помещения вычитаются из теплопотерь этих помещений (если они отапливаются), как теплопоступления.

Пример. 8.1. Определить теплопотери через внутреннюю стену площадью 15 м^2 отапливаемого помещения ($t_в = 20$°С), если эта стена, обладающая сопротивлением теплопередаче 0,69 К·м^2/Вт, граничит с неотапливаемым помещением, наружные ограждения которого площадью 40 м^2 имеют средний коэффициент теплопередачи 1,16 Вт/(м^2·К), а $t_н = -30$°С.

Коэффициент теплопередачи внутренней стены по формуле (8.5) $k_{в.с} = 1:0{,}69 = 1{,}45$ Вт/(м^2·К).

Температура воздуха в неотапливаемом помещении по формуле (8.6)

$$t_х = \frac{1{,}45 \cdot 15 \cdot 20 + 1{,}16 \cdot 40(-30)}{1{,}45 \cdot 15 + 1{,}16 \cdot 40} = -14°С.$$

Теплопотери через внутреннюю стену по формуле (8.4) при $\beta = 0$:

$$Q_{в.с} = 1{,}45 \cdot 15[20 - (-14)] = \\ = 740 \text{ Вт (636 ккал/ч)}.$$

Площадь наружных и внутренних ограждений при расчете теплопотерь помещений вычисляют (с точностью до 0,1 м^2), соблюдая правила обмера ограждений по планам и разрезам здания. Эти правила учитывают сложность теплопередачи на границах ограждений, предусматривая условное увеличение или уменьшение площадей для соответствия фактическим теплопотерям.

Для определения площади наружных стен (сокращенное обозначение – н. с.) измеряют (с точностью до 0,1 м):

по планам – длину стен угловых помещений по внешней поверхности от наружных углов до осей внутренних стен, неугловых помещений – между осями внутренних стен;

по разрезам – высоту стен на первом этаже (в зависимости от конструкции пола) от внешней поверхности пола, расположенного непосредственно на грунте, или от нижнего уровня подготовки под конструкцию пола на лагах, или от нижней поверхности перекрытия над холодным пространством (подпольем, подвалом, проездом) до уровня чистого пола второго этажа; на средних этажах – от поверхности пола одного этажа до поверхности пола вышележащего; на верхнем этаже – от поверхности пола до верха конструкции чердачного перекрытия или бесчердачного покрытия (в месте пересечения с внутренней поверхностью наружной стены).

Для вычисления площади внутренних стен (в. с) измеряют:

по планам – длину стен от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен или между осями внутренних стен;

по разрезам – высоту стен от поверхности пола до поверхности потолка.

Площадь окон [сокращенное обозначение двойного окна (д. о)], дверей (д), ворот (в) и световых фонарей (ф) определяют по наименьшим размерам строительных проемов.

Площадь потолков (пт) и полов над холодным пространством (пл) измеряют между осями внутренних стен и внутренней поверхностью наружных стен. В этих же пределах вычисляют площадь четырех условных зон полов, расположенных непосредственно на грунте или на лагах, причем при определении общей площади первой зоны участок пола размером

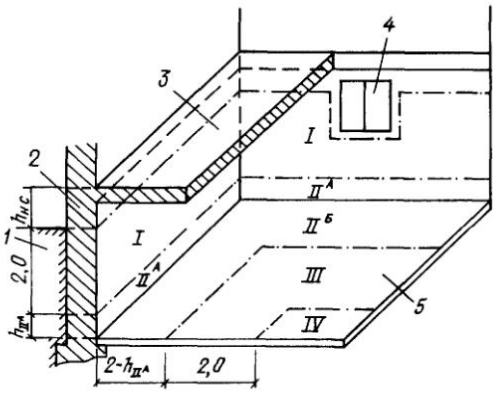


Рис. 8.1. Разбивка заглубленных частей наружных стен и пола углового подвального помещения на I–IV расчетные зоны
1 – земля; *2* – наружная стена; *3* – перекрытие; *4* – окно; *5* – пол

2,0 · 2,0 м, примыкающий к наружному углу, учитывается дважды.

При расчете теплопотерь подвальных помещений за высоту надземной части наружных стен принимают расстояние от поверхности земли до поверхности пола первого этажа. Подземные части наружных стен рассматривают как полы на грунте. Разбивку на зоны (полосы шириной 2,0 м) начинают от уровня земли, продолжают вниз по внутренней поверхности до стыка подземной части стены с полом и далее по поверхности пола (рис. 8.1). При этом из площади первой зоны исключают для отдельного расчета площадь наружных стен и окон, выходящих в приямки.

Коэффициент теплопередачи в каждой зоне (или ее части у стыка стены и пола – см. рис. 8.1) определяют по формуле (8.5), принимая за величину $R_{о.пр}$ сопротивление теплопередаче:

а) *неутепленного пола на грунте* [теплопроводность слоев $\lambda \geqslant 1{,}2$ Вт/(м · К) или 1,0 ккал/(ч · м · °С)] – для полосы, ближайшей к наружным стенам (I зона) $R^{I}_{н.п} = 2{,}1\,(2{,}5)$; для следующей полосы (II зона) $R^{II}_{н.п} = 4{,}3\,(5{,}0)$; для третьей полосы (III зона) $R^{III}_{н.п} = 8{,}6\,(10{,}0)$; для остальной площади пола в глубине помещений (IV зона) $R^{IV}_{н.п} = 14{,}2$ К · м^2/Вт (16,5°С · м^2 × × ч/ккал);

б) *утепленного пола на грунте* [теплопроводность слоев $\lambda < 1{,}2$ Вт/(м · К) или 1,0 ккал/(ч · м · °С)] – для каждой из четырех зон $R_п$ по формуле

$$R_п = R_{н.п} + \Sigma(\delta_{у.с}/\lambda_{у.с}), \qquad (8.7)$$

где $\delta_{у\,с}$ и $\lambda_{у\,с}$ – толщина и теплопроводность материала каждого утепляющего слоя,

в) *утепленного пола на лагах* – для каждой из четырех зон $R_л$ по формуле

$$R_л = 1{,}18\,[R_{н\,п} + \Sigma(\delta_{у\,с}/\lambda_{у\,с})]. \qquad (8.8)$$

Добавочные теплопотери через ограждающие конструкции помещений, зданий и сооружений определяют в долях от основных теплопотерь, рассчитанных по формуле (8.4) при $\beta = 0$.

Добавка на ориентацию ограждений по сторонам горизонта – принимают для всех наружных вертикальных и наклонных (в проекции на вертикаль) ограждений, обращенных на север, восток, северо-восток и северо-запад в размере 0,10, на запад и юго-восток – 0,05 основных теплопотерь через эти ограждения (в типовых проектах – 0,08).

Добавка в угловых помещениях общественных зданий, административно-бытовых и производственных зданий и сооружений (имеющих две и более наружных стен) – принимают для вертикальных ограждений (наружные стены, окна и двери) в размере 0,05 основных теплопотерь (в угловых помещениях жилых и тому подобных зданий повышают расчетную температуру внутреннего воздуха на 2°С и добавку 0,05 не вводят).

Добавка на поступление холодного воздуха через входы в здания и сооружения, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, – принимают при высоте здания H, м, в размере: для одинарных дверей 0,22 H, для двойных дверей с тамбуром между ними 0,27 H (без тамбура 0,34 H), при наличии двух тамбуров между тройными дверями 0,2 H от основных теплопотерь через эти двери. Для наружных ворот – в размере 3,0 при отсутствии тамбура и в размере 1,0 при наличии тамбура. Добавочные теплопотери не учитывают для запасных или летних дверей и ворот (например, для балконных дверей).

Добавка на высоту помещений жилых, общественных и вспомогательных зданий. Суммарные теплопотери через все ограждения (включая прочие дополнительные теплопотери) высоких помещений увеличивают на 0,02 на каждый 1 м высоты сверх 4 м (общая добавка не должна превышать 0,15). Добавки на высоту для лестничных клеток не делают.

Добавка на проветривание холодного подполья зданий в районах вечной мерзлоты при $t_н \leqslant -40$°С – принимают в размере 0,05 основных теплопотерь через полы помещений на первом этаже зданий.

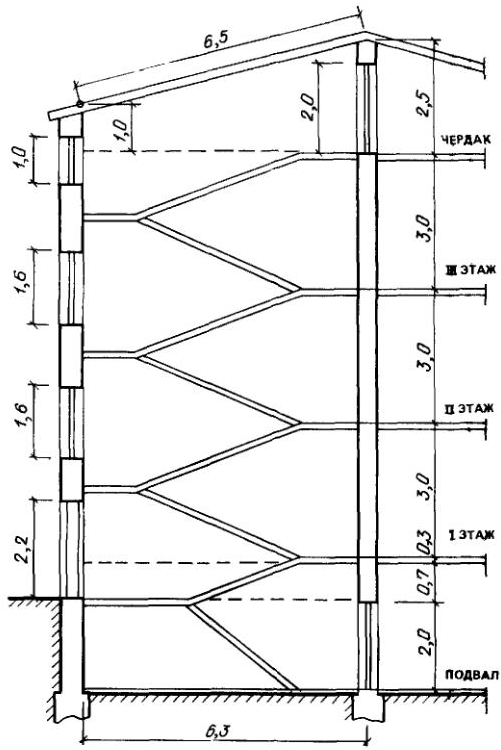


Рис. 8.2. Разрез жилого здания по лестничной клетке (к примеру 8.2)

При расчете теплопотерь используют специальную форму (табл. 8.1) и вычисляют их с округлением до 5–10 Вт (5–10 ккал/ч).

Пример 8.2. Определить теплопотери через наружные и внутренние ограждения лестничной клетки трехэтажного жилого здания, обращенной на север и выходящей к неотапливаемым подвальному (без окон) и чердачному (с кровлей из рулонных материалов) помещениям (рис. 8.2), если ширина ограждений составляет: 3,2 м наружной стены (между осями внутренних стен); 1,2 м двойных окон с раздельными переплетами; 1,6 м наружных двойных дверей с тамбуром; 0,8 м внутренних одинарных дверей. Коэффициент теплопередачи ограждений: наружной стены 1,05, бесчердачного покрытия 0,81, внутренних стен в подвале 1,28 и на чердаке 1,44 Вт/(м^2·К); термическое сопротивление слоев наружной стены, прилегающей к грунту, 0,73; расчетная температура: $t_в = 18$°С, $t_н = -24$°С.

ТАБЛИЦА 8.1

РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДЕНИЯ ЛЕСТНИЧНОЙ КЛЕТКИ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

Характеристика ограждения				Расчетная разность температуры $(t_в - t_н)n$, °С	Основные теплопотери Q_0, Вт	Добавки β		Коэффициент добавочных теплопотерь $1 + \Sigma\beta$	Теплопотери через ограждение $Q_{огр}$, Вт
наименование, сторона горизонта	число и размеры ограждений, м	площадь A, м²	коэффициент теплопередачи k, Вт/(м²·К)			на ориентацию ограждения	прочие		
Н.с. с	(3,2·11,0) – (1,6·2,2)	31,7	1,05	42	1400	0,10	—	1,1	1540
Д о.–с	2(1,2·1,6) + (1,2·1,0)	5,0	3,15–1,05	42	440	0,10	—	1,1	485
Д. д.–с	1,6·2,2	3,5	2,30	42	340	0,10	2,40	3,5	1190
В. с. подв.	2(6,3·2,7) + (3,2·2,7)	42,7	1,28	42·0,6	1380	—	—	—	1380
В. д. »	0,8·2,0	1,6	2,9–1,28	42·0,6	65	—	—	—	65
В с. черд.	2(6,3·1,75) + (3,2·2,5)	30,1	1,44	42·0,9	1640	—		—	1640
В. д. »	0,8·2,0	1,6	2,9–1,44	42·0,9	90	—	—	—	90
Пт–с	3,2·6,5	20,8	0,81	42	710	0,10·0,25	—	1,025	730
Пл I	3,2·2,0	6,4	0,35	42	95	-	—	—	95
Пл II	3,2·2,0	6,4	0,23	42	60	—	—	—	60
Пл–III	3,2·2,0	6,4	0,12	42	30	—	—	—	30
Пл–IV	3,2·2,3	7,4	0,07	42	20	—	—	-	20
									7325 (6300 ккал/ч)

Примечания: 1. Для окон и внутренних стен указана суммарная площадь трех ограждений.

2. Коэффициент теплопередачи наружных и внутренних дверей принят по данным гл. 5.

3. Расчетный коэффициент теплопередачи окон и внутренних дверей определен как разность между их действительным значением и коэффициентом теплопередачи стен, так как площадь окон и внутренних дверей не вычитается из площади стен.

4. Теплопотерн через наружную дверь определены отдельно (из площади наружной стены в этом случае исключена площадь двери 3,5 м², так как добавки на дополнительные теплопотери для наружной стены и двери разные).

5. Коэффициент теплопередачи для утепленного пола в зоне *I* вычислен по формулам (8.5) и (8.7): $k_n^I = 1/(2{,}1 + 0{,}73) = 0{,}35$ Вт/(м²·К).

Теплопотери через отдельные ограждения рассчитаны по формуле (8.4). Результаты расчета сведены в табл. 8.1.

Перед расчетом теплопотерь помещения на плане каждого этажа нумеруют слева направо по ходу часовой стрелки, начиная нумерацию подвальных помещений с № 01, помещений первого этажа с № 101, второго – с № 201 и т. д., вводя номера и наименование помещений в форму табл. 8.1.

Теплопотери суммируют для всех помещений каждого этажа и для здания в целом, включая теплопотери лестничных клеток. Лестничные клетки нумеруют буквами *А*, *Б* и т. д. и определяют теплопотери не по отдельным этажам, а сразу по всей высоте клеток (как в примере 8.2).

В жилых и общественных зданиях общие теплопотери через наружные ограждения ограничены нормами. Так, средние по жилому зданию величины теплопотерь не должны превышать через вертикальные ограждения с учетом световых проемов 70 (60), через покрытия 35 (30) и через цокольные перекрытия 17,5 Вт/м² [15 ккал/(ч·м²)].

8.2.2. Теплопотери на нагревание воздуха

Теплопотери $Q_и$ на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха в помещение определяют по формуле

$$Q_и = (kG_0A_0 + 0{,}7\Sigma GA)c(t_в - t_н), \tag{8.9}$$

где k – коэффициент учета нагревания инфильтрующегося воздуха в межстекольном пространстве окон и балконных дверей ($k = 0{,}7$ при тройных переплетах, 0,8 при раздельных и 1,0 при спаренных переплетах и при одинарных окнах, дверях и воротах); A_0, A – расчетная площадь соответственно окон (и балконных дверей) и других наружных ограждений, м²); c – удельная массовая теплоемкость воздуха [1005 Дж/(кг·К) или 0,24 ккал/(кг·°С)]; $t_н$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (см. гл. 1); G_0, G – количество воздуха, поступающего путем инфильтрации через 1 м² площади соответствен-

но окон (и балконных дверей) и других наружных ограждений, кг/(с·м²) или кг/(ч·м²); определяют по данным гл. 6.

Пример 8.3. Определить теплозатраты на нагревание воздуха, инфильтрующегося через окно с раздельными переплетами площадью 3,5 м² и оштукатуренную кирпичную стену площадью 6 м², расположенные на нижнем и верхнем этажах жилого здания высотой 30 м при $t_в = 18°C$, $t_н = -25°C$, если количество воздуха, поступающего на нижнем этаже: через окно – 10,6; через стену – 0,33; на верхнем этаже; через окно – 6,4; через стену – 0,15 кг/(ч·м²).

Теплозатраты на нагревание инфильтрующегося воздуха по формуле (8,9) равны:

в нижнем этаже

$$Q_{н\ н} = (0{,}8 \cdot 10{,}6 \cdot 3{,}5 + 0{,}7 \cdot 0{,}33 \cdot 6{,}0)\,1005 \times \times [18 - (-25)] : 3600 = 373 \text{ Вт (321 ккал/ч)};$$

в верхнем этаже

$$Q_{н\ в} = (0{,}8 \cdot 6{,}4 \cdot 3{,}5 + 0{,}7 \cdot 0{,}15 \cdot 6{,}0)\,1005 \times \times 43 : 3600 = 223 \text{ Вт (191 ккал/ч)}.$$

Видно, что поступление наружного воздуха в помещения зданий, в основном, происходит через окна; инфильтрацией воздуха через оштукатуренные кирпичные и крупнопанельные стены практически можно пренебречь. Теплопотери на нагревание инфильтрующегося воздуха можно рассчитывать только для помещений на нижнем и верхнем этажах, а для помещений на промежуточных этажах определять путем интерполяции в зависимости от расположения верха окон.

Для помещений производственных зданий, если не делать специальных расчетов, теплопотери на нагревание инфильтрующегося воздуха допускается принимать равными 30% основных теплопотерь через ограждения (но не менее, чем это требуется для нагревания воздуха, поступающего вследствие дебаланса объемов воздуха приточно-вытяжной механической вентиляции).

Для жилых комнат и кухонь площадью $A_п$, м², в жилых зданиях теплопотери на нагревание инфильтрующегося воздуха, поступающего вследствие естественной вытяжки, не компенсируемой подогретым приточным воздухом, дополнительно определяют по формуле

$$Q_н = L_1 \rho_в c (t_в - t_н) A_п, \qquad (8.10)$$

где $L_1 = 3$ м³/(ч·м²) – нормативный воздухообмен, отнесенный к 1 м² пола комнат, который должен быть обеспечен при расчетной температуре наружного воздуха $t_н$. После расчетов принимают большее из значений, полученных по формулам (8.9) и (8.10).

Пример. 8.4. Определить теплозатраты на нагревание воздуха, инфильтрующегося в жилую комнату площадью 7 м² в объеме нормативного воздухообмена, установленного для жилых зданий, при $t_н = -25°C$.

По формуле (8.10) найдем

$$Q_н = 3 \cdot 1{,}2 \cdot 1005 [18 - (-25)] \cdot 7 : 3600 = = 303 \text{ Вт (260 ккал/ч)}$$

При сравнении этой величины с результатами расчетов в примере 8.3 получим, что для комнат, находящихся в нижней половине рассматриваемого жилого здания, следует принять переменные значения (371 Вт и ниже) теплопотерь на нагревание инфильтрующегося воздуха, вычисленные по формуле (8.9). Для комнат, находящихся в верхней половине здания, теплопотери, найденные по формуле (8.10), превышают теплопотери, определенные по формуле (8.9). Следовательно, для этих комнат теплопотери на нагревание инфильтрующегося воздуха необходимо считать постоянными и равными 303 Вт.

Для входных дверей и ворот с воздушно-тепловыми завесами (действующими в рабочее время) количество воздуха, инфильтрующегося в нерабочее время через щели по их периметру, $G_щ$, кг/с, практически можно определить по формуле

$$\left.\begin{aligned} G_щ &= A_щ (2\rho_н \Delta p / \Sigma\zeta)^{0,5}; \\ [G_щ &= A_щ (2g\gamma_н \Delta p / \Sigma\zeta)^{0,5}], \end{aligned}\right\} \qquad (8.11)$$

где $A_щ = bl$ – площадь щелей шириной b, м, и общей длиной l, м, $\rho_н$ – плотность наружного воздуха ($\gamma_н$ – объемная масса), кг/м³, Δp – разность давления воздуха снаружи и внутри помещения, Па (кгс/м²) (см гл 6); $\Sigma\zeta$ – сумма коэффициентов местного сопротивления щелей (вход и выход воздуха из щелей округленно можно оценить $\Sigma\zeta = 2{,}0$; ширину щелей – в дверях 2 мм, в воротах 5 мм).

Теплопотери на нагревание этого количества воздуха рассчитывают по формуле, аналогичной формуле (8.9).

Пример 8.5. Определить количество наружного воздуха, поступающего в здание ($t_н = -25°C$) через закрытые входные двойные качающиеся двустворчатые двери размером 1,6 × 2,5 м с тамбуром между ними, если разность давления воздуха $\Delta p = 53$ Па, а ширина щелей 2 мм (между створками – щель двойной ширины)

По формуле (8.11) определяем

$$G_{щ} = 0{,}002 \cdot 13{,}2\sqrt{2 \cdot 1{,}42 \cdot 53 : 4{,}0} = 0{,}16 \text{ кг/с}.$$

Для нагревания такого количества воздуха до +16°С потребуется отопительная установка тепловой мощностью $0{,}8 \cdot 0{,}16 \cdot 1005(16 + 25) = 5274$ Вт (4535 ккал/ч).

На основании примера 8.5 можно сделать вывод, что для экономии тепловой энергии входные двери в лестничные клетки многоэтажных зданий следует делать уплотненными (с притворами «в четверть»). Тогда дополнительные теплопотери на нагревание поступающего воздуха через двери можно вычислять как указано в п. 8.2.1.

Для ворот без тамбуров, шлюзов или воздушных завес, открываемых в течение смены в общей сложности не более чем на 15 мин, теплопотери на нагревание поступающего наружного воздуха допустимо учитывать путем введения коэффициента $\beta = 3{,}0$ к основным теплопотерям через ворота [см. формулу (8.4)].

Для окон лестничных клеток многоэтажных зданий теплопотери на нагревание инфильтрующегося воздуха определяют с учетом различной разности давления воздуха на уровне расположения верха окон по высоте зданий.

Пример. 8.6. Определить теплопотери на нагревание инфильтрующегося воздуха через окна лестничной клетки трехэтажного жилого здания по условиям примера 8.2, считая, что в окнах уплотнен один притвор из двух, верх каждого окна находится на уровне верха междуэтажного перекрытия (см. рис. 8.2), при $v_{вет} = 4{,}4$ м/с и $p_{вн} = 0{,}5(\Delta p_{г, макс} + \Delta p_{в}) = 19{,}6$ Па.

Теплопотери рассчитаны по формуле (8.9) без учета инфильтрации воздуха через стены. Результаты расчета сведены в табл. 8.2.

8.2.3. Теплопотери на нагревание материалов

Теплопотери на нагревание поступившей в помещение партии материалов, изделий, одежды, транспортных средств массой $G_{м}$, кг, в течение заданного интервала времени определяют по формуле

$$Q_{мат} = G_{м} c(t_{в} - t_{м}) B, \qquad (8.13)$$

где c – удельная массовая теплоемкость материала, Дж/(кг · К) [ккал/(кг · °С)]; среди распространенных материалов теплоемкость меди 420 (0,10), стали и чугуна 480 (0,115), большинства строительных материалов 840–880 (0,20–0,21), верхней шерстяной одежды 1590 (0,38), изделий из дерева 2300 (0,55), воды 4187 Дж/(кг · К) [1,0 ккал/(кг · °С)]; $t_{м}$ – температура поступившего материала, °С; B – поправочный коэффициент, выражающий среднее уменьшение полной разности температуры $(t_{в} - t_{м})$ во всем объеме материала за интервал времени с начала нагревания в помещении (табл. 8.3).

ТАБЛИЦА 8.3

ПОПРАВОЧНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ B [К ФОРМУЛЕ (8.13)]

Продолжительность нахождения в помещении материала, изделий, одежды и транспортных средств	Значения коэффициента B		
	для несыпучих материалов и транспорта	для сыпучих материалов	для одежды
Для первого часа	0,5	0,4	0,35
» второго »	0,3	0,25	0,2
» третьего »	0,2	0,15	0,12

ТАБЛИЦА 8.2

РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТЕРЬ НА НАГРЕВАНИЕ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА, ИНФИЛЬТРУЮЩЕГОСЯ ЧЕРЕЗ ОКНА ЛЕСТНИЧНОЙ КЛЕТКИ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

Размеры окна $b_0 \times h_0$, м	Расстояние от поверхности земли h, м	Разность $H-h$, м	Разность давления, Па				Количество воздуха G_0, кг/(ч × м²)	Теплопотери $Q_и$, Вт
			гравитационного $\Delta p_г$	ветрового $\Delta p_в$	общая $\Delta p_{общ}$	расчетная $\Delta p_{расч}$		
1,2 × 1,6	4	9	18,5	12,4	30,9	11,3	3,8	68
1,2 × 1,6	7	6	12,4	12,4	24,8	5,2	2,3	41
1,2 × 1,0	10	3	6,2	12,4	18,6	−1,0	—	—

109

(94 ккал/ч)

Теплопотери на нагревание приточного вентиляционного воздуха $Q_{вент}$, подаваемого в помещение в количестве $G_{пр}$, кг/с (кг/ч), рассчитывают по формуле

$$Q_{вент} = G_{пр} c(t_{в} - t_{пр}); \qquad (8.12)$$

где $t_{пр}$ – температура приточного воздуха, °С.

Температуру материала, поступающего из одного помещения в другое, принимают по данным технологического проекта. Температуру изделий и материала, поступающих снаружи, принимают: для металла – равной расчетной температуре наружного воздуха $t_{н}$ для проектирования отопления; для других несыпу-

чих материалов – на 10°С выше $t_н$; для сыпучих материалов (песок, руда, уголь и пр.), а также волокон и одежды – на 15°С выше $t_н$.

Собственную массу транспортных средств принимают по соответствующим справочникам. Собственная масса современных автомобилей, приходящаяся на 1 кВт мощности двигателя, составляет для легковых автомобилей 20–22, грузовых автомобилей, самосвалов, автобусов 55–65 кг.

Теплопоглощение холодными поверхностями труб и оборудования определяют по формуле (8.15), подставляя в нее разность температуры $(t_в - t_{пов})$.

8.3. Теплопоступления в помещение

При расчете мощности отопительной установки в тепловой баланс помещения вводят (см. п. 8.1) явные (излучением и конвекцией) **тепловыделения людей** $Q_л$, учитывая интенсивность выполненной работы и теплозащитные свойства одежды. Явную теплоотдачу взрослым человеком (мужчиной) $Q_{чел}$, Вт (ккал/ч), определяют по формуле

$$\left.\begin{aligned} Q_{чел} &= \beta_и \beta_{од}(2{,}5 + 10{,}36\sqrt{v_в})(35 - t_п) \\ [Q_{чел} &= \beta_и \beta_{од}(2{,}16 + 8{,}87\sqrt{v_в})(35 - t_п)], \end{aligned}\right\} \quad (8.14)$$

где $\beta_и$ – коэффициент учета интенсивности работы, равный 1,0 для легкой работы, 1,07 для работы средней тяжести и 1,15 для тяжелой работы; $\beta_{од}$ – коэффициент учета теплозащитных свойств одежды, равный 1,0 для легкой одежды, 0,65 для обычной одежды и 0,40 для утепленной одежды; $t_п$ и $v_в$ – температура, °С, и скорость движения воздуха в помещении, м/с.

Теплоотдачу человеком без учета $v_в$ можно определить по табл. 2.2 справочника проектировщика, ч. III, Вентиляция. Принято считать, что **тепловыделения** женщин составляют 85%, а детей в среднем 75% тепловыделений мужчин.

Теплопоступления в помещение от **нагретого оборудования** $Q_{об}$ определяют по данным технологического проекта или вычисляют теплоотдачу от нагретой поверхности $Q_{пов}$, если заданы площадь $A_{пов}$, м², и температура поверхности $t_{пов}$, °С, оборудования и коммуникаций:

$$Q_{пов} = \alpha_{пов}(t_{пов} - t_в) A_{пов}, \quad (8.15)$$

где $\alpha_{пов}$ – общий (полный) коэффициент лучисто-конвективного теплообмена на нагретой поверхности, Вт/(м² · К) [ккал/ч · м² · °С)]; определяют по формулам в гл. 2. Удельная теплоотдача, Вт/м², поверхности (коэффициент излучения 0,5), нагретой до 30°С составляет 29/33; до 50°С – 200/230; до 100°С – 790/930 (в числителе – вертикальной, в знаменателе – горизонтальной поверхности).

При **искусственном освещении** и работающем **электрическом производственном оборудовании** тепловыделения $Q_э$, Вт (ккал/ч), составляют

$$Q_э = kN\,(Q_э = 0{,}86\,kN), \quad (8.16)$$

где k – общий коэффициент, учитывающий фактическое использование мощности ($k = 0{,}7 - 0{,}9$), загрузку ($k = 0{,}5 - 0{,}8$) и одновременность работы ($k = 0{,}5 - 1{,}0$) нескольких приборов или оборудования и долю перехода электрической энергии в тепловую, которая поступает в помещение (принимают от 0,15 до 0,95 по проекту технологии); при светильниках в помещении $k = 1{,}0$, светильниках, встроенных в перекрытие помещения, $k = 0{,}40$; N – мощность осветительных приборов или силового оборудования, Вт.

Бытовые тепловыделения $Q_{быт}$, Вт (ккал/ч), в жилых квартирах вычисляют по формуле

$$Q_{быт} = q_1 A_п, \quad (8.17)$$

где q_1 – теплопоступления на 1 м² площади пола, Вт/м² [ккал/(ч · м²)]; принимают по данным главы СНиП 2.04.05–86; $A_п$ – площадь пола жилой комнаты или кухни, м².

Теплопоступления от **нагретых материалов** $Q_{мат}$ и изделий, а также от горячих газов, выпускаемых в помещение, определяют по формуле (8.13), подставляя в нее разность температуры $(t_м - t_в)$.

Теплопоступления от **солнечной радиации** $Q_{с.р}$ при расчете мощности отопительных установок включают в тепловой баланс в исключительных случаях (в районах с преобладанием зимой солнечной погоды) для помещений со световыми проемами, обращенными на юг. Обычно же эти теплопоступления учитывают при эксплуатации отопительных установок, уменьшая теплоподачу в помещения для экономии тепловой энергии.

8.4. Расчетная тепловая мощность системы отопления

Тепловая мощность местной системы отопления $Q_{от}$, Вт (ккал/ч), соответствует тепловой мощности отопительных установок, получаемой по выражению (8.1) при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления.

Расчетная тепловая мощность центральной системы отопления превышает суммарную тепловую мощность отопительных установок во всех обслуживаемых помещениях ($Q_{зд}$):

$$Q_{от} = kQ_{зд}, \qquad (8.18)$$

где k – повышающий коэффициент для учета:

а) попутной теплопередачи через стенки теплопроводов, проложенных в неотапливаемых помещениях (не более $0{,}03\,Q_{зд}$);

б) дополнительной теплопередачи в помещения, связанной с увеличением площади (по сравнению с расчетной) принимаемых к установке отопительных приборов (см. коэффициент β_1 в гл. 9);

в) дополнительных теплопотерь, связанных с размещением отопительных приборов у наружных ограждений (см. коэффициент β_2 в гл. 9).

Повышающий коэффициент в выражении (8.18) по пунктам «а» и «в» должен быть не более 1,07.

Запас тепловой мощности для «натопа» помещений при прерывистой работе главной части (см. п. 7.3) системы отопления принимают по местным условиям от 1,5 до 3,0 по сравнению с мощностью постоянно действующей системы.

8.5. Теплопотери здания по укрупненным измерителям

Ориентировочное значение теплопотерь через ограждающие конструкции здания определяют при оценке нагрузок тепловых сетей и станций по формуле

$$Q_{зд} = aq\,V_{н}(t_{в} - t_{н}), \qquad (8.19)$$

где a – коэффициент учета района строительства здания:

$$a = 0{,}54 + 22/(t_{в} - t_{н}); \qquad (8.20)$$

q – удельная тепловая характеристика здания, Вт/(м^3 · К) [ккал/(ч · м^3 · °С)], соответствующая расчетной разности температуры для основных помещений $t_{в} - t_{н} = 18 + 30 = 48$°С (см. 2-е изд. настоящего справочника. – М.; Стройиздат, 1967, кроме гражданских зданий); $V_{н}$ – объем отапливаемой части здания по внешнему обмеру, м^3 (высоту отсчитывают от поверхности земли).

Удельная тепловая характеристика гражданского здания q, Вт/(м^3 · К), может быть ориентировочно найдена по формуле (без множителя 1,16 при расчете в ккал/ч)

$$q = 1{,}16\frac{(1 + 2d)\,A + S}{V_{н}}, \qquad (8.21)$$

где d – доля остекления стен; A и S – площадь соответственно наружных стен и здания в плане, м^2.

Для жилых и общественных зданий (новое строительство) значения теплопотерь, отнесенные к 1 м^2 общей площади, даны в справочнике «Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий»/Г. В. Русланов и др. – Киев: «Будівельник», 1983.

Удельная тепловая характеристика здания любого назначения более точно может быть определена по формуле, предложенной Н. С. Ермолаевым:

$$q = 1{,}08\left\{\frac{P}{S}[k_{н.\,с} + d(k_{ок} - k_{н.\,с})] + \frac{1}{h}(0{,}9\,k_{пт} + 0{,}6\,k_{пл})\right\}, \qquad (8.22)$$

где P, S и h – периметр, площадь и высота здания; $k_{н.\,с}$, $k_{ок}$, $k_{пт}$, $k_{пл}$ – коэффициент теплопередачи, Вт/(м^2 · К) [ккал/(ч · м^2 · °С)], наружных стен, окон, потолка, пола.

ГЛАВА 9. ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

9.1. Виды отопительных приборов

Отопительные приборы систем центрального отопления делятся на радиационные (потолочные отопительные панели), конвективно-радиационные с гладкой поверхностью (радиаторы секционные и панельные, гладкотрубные приборы) и конвективные с ребристой нагревательной поверхностью (конвекторы с кожухом и без кожуха, ребристые трубы).

По высоте отопительные приборы подразделяют на высокие (высотой более 650 мм), средние (400–650 мм), низкие (200–400 мм) и плинтусные (до 200 мм вкл.).

По глубине приборы бывают малой (до 120 мм вкл.), средней (более 120 до 200 мм) и большой глубины (более 200 мм). Конвекторы и другие подобные приборы обладают малой тепловой инерцией, радиаторы и однотипные приборы – большой тепловой инерцией.

Технические характеристики выпускаемых отопительных приборов приведены в прил. X, приборов, снятых с производства – во 2-м и 3-м изданиях настоящего справочника.

9.2. Выбор и размещение отопительных приборов

При выборе вида отопительных приборов следует прежде всего учитывать давление в системе, качество теплоносителя (например, стальные панельные радиаторы могут применяться только в системах водяного отопления с химически подготовленной деаэрированной водой), а также состав воздушной среды помещений (стальные приборы без защитного покрытия нельзя применять при наличии в воздухе помещений веществ, агрессивных по отношению к металлу).

Принимают также во внимание назначение и архитектурно-технологическую планировку здания, особенности теплового режима помещений, места и длительность пребывания на них людей.

При повышенных санитарно-гигиенических, а также противопожарных и противовзрывных требованиях выбирают приборы с гладкой поверхностью – радиаторы панельные бетонные или стальные и гладкотрубные приборы (при обосновании).

При длительном пребывании людей в обычных условиях применяют приборы конвективно-радиационного и конвективного вида (не более двух видов приборов для всего здания или сооружения). В производственных зданиях чаще используют приборы, обеспечивающие повышенную тепловую плотность по длине (радиаторы секционные, несколько ребристых труб друг над другом); в административно-бытовых зданиях – конвекторы без кожуха; в гражданских – радиаторы и конвекторы с кожухом. В помещениях, предназначенных для кратковременного пребывания людей, предпочтение отдается приборам с высокими технико-экономическими показателями.

Отопительные приборы должны обеспечивать равномерное обогревание помещений. Наиболее равномерно помещения нагревают напольные и потолочные отопительные панели. Вертикальные приборы размещают прежде всего под световыми проемами, причем желательно чтобы под окнами длина приборов составляла не менее 50% длины проемов (как правило, не меньше 75% в больницах, детских дошкольных учреждениях, школах, домах престарелых и инвалидов); под витринами и витражами приборы располагают по всей их длине.

При размещении приборов под окнами вертикальные оси оконного проема и прибора совмещают (допустимо отклонение не более 50 мм). В жилых зданиях, гостиницах, общежитиях, административно-бытовых зданиях приборы могут быть смещены от оси проемов.

Отопительные приборы (при невозможности размещения их под окнами или у наружных стен) могут быть установлены у внутренних стен. Для ориентировки при размещении приборов используются данные о номинальном тепловом потоке и длине приборов (прил. X).

Вертикальные отопительные приборы следует размещать по возможности ближе к полу помещений (минимальное расстояние от низа прибора до поверхности пола 60 мм) (рис. 9.1).

В помещениях высотой более 6 м со световыми проемами наверху часть приборов (от 1/4 до 1/3 общей площади) располагают в верхней зоне (при использовании высоких конвекторов с кожухом достаточна установка их только в рабочей или обслуживаемой зоне помещения).

В лестничных клетках многоэтажных зданий (до 12 этажей) с наружными входами отопительные приборы располагают в нижней их части рядом со входными дверями, применяя высокие конвекторы. В малоэтажных зданиях используют отопительные приборы того же типа, который принят для отопления основных помещений. Эти приборы размещают на первом этаже при входе (а также в подвальной части лестничной клетки, если она имеется); отдельные приборы могут быть перенесены на промежуточную лестничную площадку между первым и вторым этажами.

Установка отопительных приборов во входных тамбурах с наружными дверями недопустима; приборы могут быть помещены во внутренних тамбурах (при тройных входных дверях с двумя тамбурами между ними).

Отопительные приборы размещают так, чтобы были обеспечены их осмотр, очистка и ремонт. Если применяется ограждение (экран) или декорирование приборов, кроме конвекторов с кожухом (по технологическим, противопожарным, противовзрывным или архитектурным требованиям), то уменьшение номинального теплового потока укрытых приборов допустимо не более чем на 10% (в жилых зданиях приборы не укрывают).

Присоединение труб к отопительным приборам может быть с одной стороны (одностороннее) и с противоположных сторон (разно-

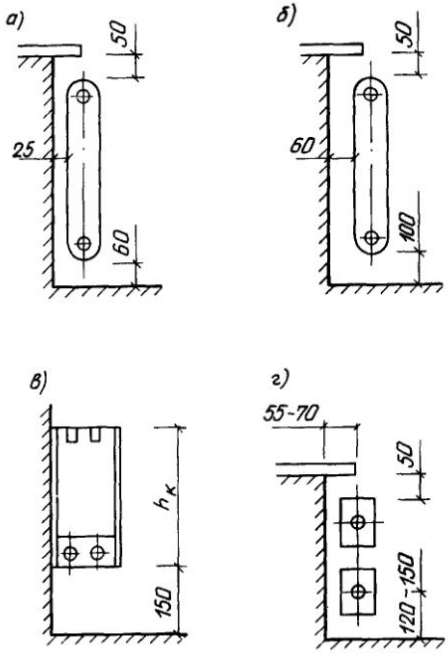


Рис. 9.1. Схемы установки отопительных приборов у пола помещений

а – радиаторов во всех помещениях (кроме перечисленных в п. «б»); *б* – радиаторов в помещениях лечебно-профилактических, санаторно-курортных и детских учреждений; *в* – конвекторов с кожухом ($h_к$ – высота кожуха) настенного типа; *г* – конвекторов без кожуха плинтусных

стороннее). При разностороннем присоединении возрастает теплопередача приборов, однако конструктивно рациональнее делать одностороннее присоединение труб (разносторонне присоединяют радиаторы при числе секций более 20, а также при числе приборов «на сцепке» более одного).

Тепловой поток вертикальных приборов зависит от расположения мест подачи и отвода из них теплоносителя воды. Теплопередача возрастает при подаче теплоносителя воды в верхнюю часть и отводе воды из нижней части прибора (направление движения сверху – вниз) и понижается при направлении движения снизу – вверх. При установке отопительных приборов в несколько ярусов по высоте (радиаторов, конвекторов, гладких труб или ребристых труб) рекомендуется обеспечивать последовательное движение теплоносителя сверху – вниз (из верхнего яруса в нижние).

9.3. Теплопередача отопительных приборов

Теплопередача отопительного прибора $Q_{пр.д}$, Вт (ккал/ч), пропорциональна тепловому потоку, приведенному к расчетным условиям по его действительной площади нагревательной поверхности

$$Q_{пр.д} = 70 K_{н.у} A \varphi_к = Q_{н.у} \varphi_к, \qquad (9.1)$$

где 70 – номинальный температурный напор, °С; $K_{н.у}$ – номинальный условный коэффициент теплопередачи отопительного прибора, Вт/(м²·К) [ккал/(ч·м²·°С)]; A – площадь наружной нагревательной поверхности прибора, м² (см. прил. X). $Q_{н.у}$ – номинальный условный тепловой поток прибора, Вт (ккал/ч), предназначенный для выбора типоразмера прибора*; значения $Q_{н.у}$ приведены в прил. X; $\varphi_к$ – комплексный коэффициент приведения $Q_{н.у}$ к расчетным условиям, определяемый по формулам:

при теплоносителе паре

$$\varphi_к = \left(\frac{\Delta t_н}{70}\right)^{1+n} b. \qquad (9.2)$$

Временно до уточнения коэффициент $\varphi_к$, полученный по формуле (9.2), следует принимать с поправочным коэффициентом 1,03 для чугунных секционных радиаторов и 1,06 для ребристых труб;

при теплоносителе воде

$$\varphi_к = \left(\frac{\Delta t_{ср}}{70}\right)^{1+n} \left(\frac{G_{пр}}{360}\right)^{p} b \Psi c; \qquad (9.3)$$

$\Delta t_н$ – разность температуры насыщенного пара $t_{нас}$ и температуры окружающего воздуха $t_в$, °С:

$$\Delta t_н = t_{нас} - t_в; \qquad (9.4)$$

$\Delta t_{ср}$ – разность средней температуры воды $t_{ср}$ в приборе и температуры окружающего воздуха $t_в$, °С:

$$\Delta t_{ср} = \frac{t_{вх} + t_{вых}}{2} - t_в; \qquad (9.5)$$

$t_{вх}$ и $t_{вых}$ – температура воды, входящей в прибор и выходящей из него, °С; $G_{пр}$ – расход воды в приборе, кг/ч (для конвекторов – расход воды в одной трубе конвектора); b – коэффициент учета атмосферного давления в данной местности (табл. 9.1); Ψ – коэффициент учета направления движения теплоносителя воды в приборе снизу – вверх (штуцеры прибора расположены в вертикальной плоскости) (см. табл. 9.11):

$$\Psi = 1 - a(t_{вх} - t_{вых}), \qquad (9.6)$$

---

* С 1957 по 1987 г. расчет и выбор отопительных приборов проводился по площади эквивалентной поверхности (м² эп). См. 3-е изд. настоящего справочника (М.: Стройиздат, 1975)

ТАБЛИЦА 9.1

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА *b* УЧЕТА РАСЧЕТНОГО АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Тип отопительного прибора	Значения *b* при атмосферном давлении, гПа (мм рт ст)								
	1040 (780)	1013,3 (760)	1000 (750)	987 (740)	973 (730)	960 (720)	947 (710)	933 (700)	920 (690)
Радиатор панельный стальной однорядный	1,008	1 0	0,996	0 991	0,987	0,982	0,978	0,973	0,968
Радиатор двухрядный и секционный чугунный	1,011	1,0	0,994	0 989	0,983	0,977	0,972	0,966	0,960
Конвектор без кожуха, Труба ребристая, прибор «Коралл»	1,012	1,0	0,994	0,988	0,982	0,976	0,970	0,963	0,957
Конвектор с кожухом	1,015	1,0	0,992	0,983	0,975	0,968	0,961	0,954	0,947

где $a = 0{,}006$ – для чугунных секционных и стальных панельных радиаторов типа РСВ1, $a = 0{,}002$ – для конвекторов настенных типа «Универсал», «Аккорд» и прибора «Коралл» в двухрядном исполнении по высоте; для остальных приборов $\Psi = 1$; *n*, *p*, *c* – экспериментальные числовые показатели (табл 9 2)

ТАБЛИЦА 9.2

ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ *n p c* ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Тип отопительного прибора	Направление движения теплоносителя	Расход теплоносителя *G*, кг/ч	*n*	*p*	*c*
Радиатор чугунный секционный и стальной панельный однорядный и двухрядный типа РСВ1	Сверху вниз	18 50 54 536 536–900	0,3	0,02 0 0,01	1,039 1,0 0,996
	Снизу – вниз	18 115 119 900	0,15	0,08 0	1,092 1.0
	Снизу – вверх	18 61 65–900	0,25	0,12 0,04	1,113 0,97
Конвектор настенный с кожухом типа «Комфорт-20» и конвектор напольный с кожухом типов «Ритм», «Ритм 1500»	—	36 86 90 900	0,35	0,18 0,07	1
Конвектор напольный высокий типа «КВ»	—	36 900	0,25	0,1	1
Конвекторы настенные с кожухом типов «Универсал», «Универсал С»	Любое	36 86 90 900	0,3	0,18 0 07	1
Конвектор настенный без кожуха типа «Аккорд» однорядный и двухрядный	Любое	36 900	0,2	0,03	1
Радиатор стальной панельный типа РСГ2 однорядный	Сверху вниз	22–288 324 900	0,3	0,025 0	1
	Снизу вверх	22 288 324 900	0,25	0 08 0	1
То же, двухрядный	Сверху вниз	22 288 324 900	0,3	0,01 0	1

Продолжение табл. 9.2

Тип отопительного прибора	Направление движения теплоносителя	Расход теплоносителя G, кг/ч	n	p	c
То же, двухрядный	Снизу – вверх	22–288	0,25	0,08	1
		324–900		0	
Конвектор отопительный типа «Прогресс 15к»	Любое	36 900	0,2	0,06	1
То же, «Прогресс 20к»	»	36–900	0,14	0,07	1
Труба отопительная чугунная	—	36–900	0,25	0,07	1
Прибор отопительный биметаллический литой типа «Коралл»	–	96 900	0,3	0,04	1
Труба отопительная стальная $D_у = 40 - 100$	Любое	30–900	0,32	0	1

9.4. Расчетная температура теплоносителя воды в отопительных приборах

Средняя температура воды в отопительном приборе с тепловой нагрузкой $Q_п$, Вт (ккал/ч), присоединенном к стояку (или горизонтальной ветви):

однотрубной системы отопления

$$t_{ср} = t_г - \Sigma\Delta t_м - \left(\Sigma Q_п + \frac{0{,}5\,Q_п}{\alpha}\right) \times \beta_1 \beta_2 / c G_{ст}; \quad (9.7)$$

двухтрубной системы отопления

$$t_{ср} = 0{,}5\,[t_г - (\Sigma\Delta t_м + \Sigma\Delta t_{п\ ст}) + t_о], \quad (9.8)$$

где $t_г$ и $t_о$ – расчетная температура горячей и обратной воды в системе, °С; $\Sigma\Delta t_м$ – суммарное понижение температуры воды, °С, на участках подающей магистрали от начала системы до рассматриваемого стояка (или горизонтальной ветви) [см. формулу (10.59)].

Понижение температуры воды на 10 м изолированной подающей магистрали насосной системы отопления ориентировочно составляет:

$D_у$, мм	25 32	40	50	65–100	125–150
$\Delta t_м$, °С	0,40	0,40	0,30	0,20	0,10

$Q_п$ – тепловая нагрузка прибора за вычетом теплоотдачи транзитных труб [определяемой по формуле (9.13)], проложенных в помещении, кроме стояка (ветви) и подводок, к которым непосредственно присоединен прибор, Вт (ккал/ч);

ТАБЛИЦА 9.3

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТЕКАНИЯ ВОДЫ α В ПРИБОРНЫХ УЗЛАХ С РАДИАТОРАМИ СЕКЦИОННЫМИ И ПАНЕЛЬНЫМИ ТИПА РСВ1

Приборный узел	Присоединение приборов к стояку	Подводка с замыкающим участком	α
С трехходовым краном КРТ	Одностороннее	—	1.0
	Двустороннее	—	0,50
С проходным краном КРП	Одностороннее	Смещенным*	0,50
		Осевым	0,33
	Двустороннее	Смещенным	0,20
		Осевым	0,17

* При подводках с утками для этого узла α = 0,33, для остальных узлов α не изменяется

ТАБЛИЦА 9.4

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА β_1

Шаг номенклатурного ряда отопительных приборов, Вт (ккал/ч)	β_1
120 (103)	1,02
150 (129)	1,03
180 155)	1,04
210 (181)	1,06
240 (206)	1,08
300 (258)	1,13

Примечание. Для отопительных приборов помещения с номинальным тепловым потоком более 2,3 кВт (1978 ккал/ч) следует принимать вместо β_1 коэффициент $\beta'_1 = 0{,}5(1 + \beta_1)$

ТАБЛИЦА 9.5
ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА β_2

Отопительный прибор	Значения β_2 при установке прибора	
	у наружной стены, в том числе под световым проемом	у остекления светового проема
Радиатор		
чугунный секционный	1,02	1,07
стальной панельный	1 04	1,1
Конвектор		
с кожухом	1,02	1,05
без кожуха	1,03	1,07

c – удельная массовая теплоемкость воды, равная 4187 Дж/(кг·К) [1,0 ккал/(кг °С)]; $G_{ст}$ – расход воды в стояке (ветви), кг/ч, по данным гидравлического расчета системы отопления (см гл 10), для стояков (ветвей) однотрубных систем отопления с отопительными приборами, коэффициент местного сопротивления которых зависит от их размера (например, с конвекторами), расход воды определяют дважды: сначала как предварительный (при этом допускается принимать $\Delta t_{ст}$ на 1° меньше расчетной разности температуры теплоносителя в системе отопления) для выбора ориентировочного размера приборов, затем как окончательный для внесения поправок в размер приборов (см. пример 9.5).

В формуле (9.8) $\Sigma\Delta t_{п\ ст}$ – суммарное понижение температуры воды на участках подающего стояка от магистрали до рассчитываемого прибора, °С, вычисляется по формуле

$$\Sigma\Delta t_{п\ ст} = \sum_{i=1}^{N} \frac{q_{в\ i} l_{уч\ i}}{c G_{уч\ i}} \beta_1 \beta_2, \qquad (9.9)$$

где $q_{в\ i}$ – теплоотдача 1 м вертикальной трубы, Вт/м [ккал/(ч м)], на i-м участке подающего стояка, принимают по табл. II.22 в зависимости от диаметра участка подающего стояка, разности температуры теплоносителя $t_т$ и окружающего воздуха $t_в$, $l_{уч\ i}$ – длина i-го участка подающего стояка, м, $G_{уч\ i}$ – расход воды, кг/ч, на i-м участке подающего стояка

Величину $\Sigma\Delta t_{п\ ст}$ допускается определять ориентировочно, исходя из средних значений расхода воды и диаметра труб подающего стояка.

Формулу (9.7) применительно к вертикальным однотрубным стоякам в жилых и общественных зданиях заменяют формулой

$$t_{ср} = t_г - \Sigma\Delta t_м - (\Sigma Q_п + \Sigma Q'_{тр} + \frac{0{,}5}{\alpha} \cdot Q_п)/cG_{ст}, \qquad (9.10)$$

где $\Sigma Q'_{тр}$ – сумма дополнительной теплоотдачи труб и приборов до рассматриваемого помещения, Вт (ккал/ч) (по данным управления Моспроект-1 для одного этажестояка, открыто проложенного, $Q'_{тр}$ = = 115 Вт (100 ккал/ч), скрытого в борозде наружной стены $Q'_{тр}$ = 230 Вт (200 ккал/ч) и изолированного в борозде $Q'_{тр}$ = 175 Вт (150 ккал/ч)

9.5. Тепловой расчет приборов

Требуемый номинальный тепловой поток $Q_{н\ т}$, Вт (ккал/ч), для выбора типоразмера отопительного прибора по прил. X определяют по формуле

$$Q_{н\ т} = Q_{пр}/\varphi_к, \qquad (9.11)$$

где $Q_{пр}$ – необходимая теплопередача прибора в рассматриваемое помещение

$$Q_{пр} = Q_п - 0{,}9\,Q_{тр}; \qquad (9\ 12)$$

$Q_{тр}$ – теплоотдача открыто проложенных в пределах помещения труб стояка (ветви) и подводок, к которым непосредственно присоединен прибор,

$$Q_{тр} = q_в l_в + q_г l_г, \qquad (9.13)$$

$q_в$ и $q_г$ – теплоотдача 1 м вертикальных и горизонтальных труб, Вт/м [ккал (ч·м)], для неизолированных труб принимается по табл II 22, исходя из диаметра и положения труб, а также разности температуры теплоносителя при входе его в рассматриваемое помещение $t_т$ и температуры воздуха в помещении $t_в$, для изолированных труб – по табл II.24; $l_в$ и $l_г$ – длина вертикальных и горизонтальных труб в пределах помещения, м

Тепловой поток выбранного прибора не должен уменьшаться более чем на 5% или на 60 Вт (52 ккал/ч) по сравнению с $Q_{пр}$, поэтому прибор выбирают по прил. X по величине $Q_{н\ т}$, полученной исходя из значения $Q_{пр}$, уменьшенного на 5% при $Q_{пр} \leqslant 1200$ Вт (1032 ккал/ч) или на 60 Вт (52 ккал/ч) при $Q_{пр} > 1200$ Вт (1032 ккал/ч).

Приведенные формулы действительны при открытой установке неокрашенных приборов у наружных ограждений помещений.

На теплоотдачу отопительного прибора влияют конструкция декоративного ограждения, состав и цвет красителя. Окраска заметно изменяет теплоотдачу приборов с гладкой поверхностью (табл. 9.6) и практически не влияет на теплоотдачу приборов с ребристой поверхностью.

Минимально допустимое число секций чугунного радиатора определяют по формуле

$$N_{\text{мин}} = \frac{Q_{\text{н. т}}\beta_4}{Q_{\text{н. у}}\beta_3}, \qquad (9.14)$$

где $Q_{\text{н. у}}$ – номинальный условный тепловой поток одной секции радиатора, Вт (ккал/ч) (см. прил. X); β_4 – коэффициент учета способа установки радиатора (см. табл. 9.12); при открытой установке $\beta_4 = 1$; β_3 – коэффициент учета числа секций в приборе для радиатора типа МС-140, принимаемый равным:

Число секций в приборе	До 15	16–20	21–25
β_3	1,0	0,98	0,96

ТАБЛИЦА 9.6

ВЛИЯНИЕ ОКРАСКИ ПОВЕРХНОСТИ НА ТЕПЛООТДАЧУ ОТОПИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

Радиатор	Состав и цвет окраски	Изменение теплоотдачи прибора, %
Чугунный секционный	Цинковые белила	+2,2
	Терракотовая краска, растворенная в бензине (матовая поверхность)	+0,9
	То же, на натуральной олифе (блестящая поверхность)	–1,7
	Алюминиевая краска, растворенная в нитролаке	–8,5
Стальной панельный	То же	–13

Для радиаторов остальных типов по формуле

$$\beta_3 = 0{,}97 + \frac{34}{NQ_{\text{н. у}}}, \qquad (9.15)$$

где N – число секций радиатора.

Типоразмер прибора можно определить также по значению требуемой площади нагревательной поверхности, пользуясь прил. X.

Требуемую площадь наружной нагревательной поверхности прибора $A_{\text{пр}}$, м^2, независимо от вида теплоносителя находят из формулы (9.1)

$$A_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{70\,K_{\text{н. у}}\varphi_{\text{к}}}, \qquad (9.16)$$

исходя из номинального условного коэффициента теплопередачи прибора (для наиболее употребительных отопительных приборов $K_{\text{н. у}}$ приведен в табл. 9.7).

Для однотрубных систем водяного отопления требуемая площадь нагревательной поверхности $A_{\text{пр}}$, м^2, приборов в помещениях при $t_{\text{в}} = 5 \div 25$°С определяется по табл. 9.8 по значению $Q_{\text{пр}}$, предварительно уменьшенному на 5% при $Q_{\text{пр}} \leqslant 1200$ Вт (1032 ккал/ч) или на 60 Вт (52 ккал/ч) при $Q_{\text{пр}} > 1200$ Вт (1032 ккал/ч).

ТАБЛИЦА 9.7

ЗНАЧЕНИЯ НОМИНАЛЬНОГО УСЛОВНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Тип отопительного прибора	Значения $K_{\text{н. у}}$	
	Вт/(м^2·К)	ккал/(ч × × м^2 °С)
Радиатор чугунный секционный.		
МС-140-98	10,36	8,91
МС-140-108	10,83	9,31
МС-90-108	11,46	9,85
Конвектор с кожухом		
Универсал	5,1 (6,0)*	4,39 (5,2)*
Универсал С	4,93	4,24

* Данные соответствуют шагу пластин 12 мм

ТАБЛИЦА 9.8

ТРЕБУЕМАЯ ПЛОЩАДЬ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ $A_{пр}$ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, °С					Показатель степени n	Значения $A_{пр}$, м², при расчетном расходе воды в стояке $G_{ст}$, кг/ч, или тепловой нагрузке $G^*_{ст}$ – расход воды в стояке, кг/ч;													
5	8	10	12	15		160	170	180	190	200	225	250	275	300	335	370	400	435	470	500	550
						$G^*_{ст} = 186$	198	209	221	223	262	291	320	349	390	430	465	506	547	581	640
						$Q^*_{пр}/\varphi = 137$	146	155	163	172	193	215	236	258	288	318	344	374	404	430	473
					0,15	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,29	0,31	0,34	0,32	0,39	0,43
					0,20	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,19	0,21	0,23	0,25	0,8	0,30	0,33	0,35	0,38	0,41
					0,25	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,29	0,32	0,34	0,36	0,40
					0,30	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,30	0,33	0,35	0,38
					0,35	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,36
149	—	—	—	—	$\Sigma Q_р$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					0,15	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,35	0,38	0,40	0,44
					0,20	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33	0,36	0,38	0,42
					0,25	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,32	0,35	0,37	0,41
					0,30	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,16	0,18	0,19	0,21	0,26	0,26	0,28	0,31	0,33	0,35	0,39
					0,35	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15	0,17	0,19	0,20	0,23	0,25	0,27	0,30	0,32	0,34	0,37
147	**150**	—	—	—	$\Sigma Q_р$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					0,15	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,19	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,35	0,38	0,41	0,45
					0,20	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23	0,26	0,29	0,31	0,34	0,37	0,39	0,43
					0,25	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,38	0,41
					0,30	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,29	0,32	0,34	0,36	0,40
					0,35	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,30	0,33	0,35	0,38
145	**148**	**150**	—	—	$\Sigma Q_р$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					0,15	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28	0,31	0,33	0,36	0,39	0,41	0,45
					0,20	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,29	0,32	0,35	0,37	0,40	0,44
					0,25	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33	0,36	0,38	0,42
					0,30	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,29	0,32	0,35	0,37	0,40
					0,35	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,16	0,18	0,19	0,21	0,24	0,26	0,28	0,31	0,33	0,35	0,39
143	**146**	**148**	**150**	—	$\Sigma Q_р$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					0,15	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39	0,42	0,46
					0,20	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,35	0,38	0,40	0,44
					0,25	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21	0,23	0,26	0,29	0,31	0,34	0,37	0,39	0,43
					0,30	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,17	0,19	0,21	0,22	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,37	0,41
					0,35	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,16	0,18	0,28	0,22	0,24	0,27	0,29	0,31	0,34	0,36	0,40
141	**144**	**146**	**148**	—	$\Sigma Q_р$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					0,15	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,40	0,43	0,47
					0,20	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,18	0,21	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33	0,36	0,39	0,41	0,45
					0,25	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,29	0,32	0,35	0,37	0,40	0,44
					0,30	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33	0,36	0,38	0,42
					0,35	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,29	0,32	0,35	0,37	0,41
139	**142**	**144**	**146**	**149**	$\Sigma Q_р$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					0,15	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,20	0,22	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,43	0,48
					0,20	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28	0,31	0,33	0,36	0,39	0,42	0,46
					0,25	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,35	0,38	0,40	0,44
					0,30	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21	0,23	0,26	0,29	0,31	0,34	0,37	0,39	0,43
					0,35	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,38	0,41
137	**140**	**142**	**144**	**147**	$\Sigma Q_р$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					0,15	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,35	0,38	0,42	0,44	0,49
					0,20	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,40	0,43	0,47
					0,25	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33	0,36	0,39	0,41	0,45
					0,30	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,29	0,32	0,35	0,37	0,40	0,44
					0,35	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33	0,36	0,38	0,42
135	**138**	**140**	**142**	**145**	$\Sigma Q_р$	**3,7**	**3,9**	**4,2**	**4,4**	**4,6**	**5,2**	**5,8**	**6,4**	**7**	**7,8**	**8,6**	**9,3**	**10,1**	**10,9**	**11,6**	**12,8**
					0,15	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49
					0,20	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,20	0,22	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,43	0,48

Продолжение табл 9 8

прибора $Q_{пр}/\varphi$, Вт (при тепловой нагрузке в ккал/ч–см строки таблицы, обозначенные

$Q^*_{пр}/\varphi$ – тепловая нагрузка прибора, ккал/ч

600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500	Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, С			
698	756	814	872	930	988	1047	1105	1163	1221	1279	1337	1396	1454	1512	1628	1744				
516	559	602	645	688	731	774	817	860	903	946	989	1032	1075	1118	1204	1290	18	20	22	25
0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67	0,71	0,75	0,77	0,82	0,86	0,90	0,94	0,98	1,02	1,10	1,18				
0,45	0,49	0,53	0,57	0,60	0,64	0,68	0,72	0,75	0,79	0,83	0,87	0,91	0,94	0,98	1,06	1,13				
0,43	0,47	0,51	0,54	0,58	0,62	0,65	0,69	0,72	0,76	0,80	0,83	0,87	0,91	0,94	1,01	1,09				
0,42	0,45	0,49	0,52	0,56	0,59	0,63	0,66	0,70	0,73	0,77	0,80	0,84	0,87	0,91	0,97	1,04				
0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,57	0,60	0,64	0,67	0,70	0,74	0,77	0,80	0,84	0,87	0,94	1,00				
—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,48	0,52	0,57	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,04	1,12	1,20				
0,46	0,50	0,54	0,58	0,61	0,65	0,69	0,73	0,77	0,81	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,07	1,15				
0,44	0,48	0,52	0,55	0,59	0,63	0,66	0,70	0,74	0,77	0,81	0,85	0,88	0,92	0,96	1,03	1,11				
0,43	0,46	0,50	0,53	0,57	0,60	0,62	0,67	0,71	0,74	0,78	0,82	0,85	0,89	0,92	1,00	1,05				
0,40	0,44	0,48	0,51	0,55	0,58	0,61	0,65	0,68	0,72	0,75	0,78	0,82	0,85	0,89	0,95	1,02				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,49	0,53	0,57	0,61	0,65	0,69	0,73	0,77	0,81	0,85	0,89	0,93	0,97	1,01	1,05	1,14	1,22				
0,47	0,51	0,55	0,59	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82	0,86	0,90	0,94	0,98	1,01	1,09	1,17				
0,45	0,49	0,53	0,56	0,60	0,64	0,68	0,71	0,75	0,79	0,83	0,86	0,90	0,94	0,98	1,05	1,13				
0,43	0,47	0,51	0,54	0,58	0,61	0,65	0,69	0,72	0,76	0,79	0,83	0,87	0,90	0,94	1,01	1,08				
0,42	0,45	0,49	0,52	0,56	0,59	0,63	0,66	0,69	0,73	0,76	0,80	0,83	0,87	0,90	0,97	1,04				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,49	0,54	0,58	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82	0,87	0,91	0,95	0,99	1,03	1,07	1,15	1,24				
0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,67	0,71	0,75	0,79	0,83	0,87	0,91	0,95	0,99	1,03	1,11	1,19				
0,46	0,50	0,54	0,57	0,61	0,65	0,69	0,73	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	0,99	1,07	1,15				
0,44	0,48	0,51	0,55	0,59	0,63	0,66	0,70	0,74	0,77	0,81	0,85	0,88	0,92	0,96	1,03	1,10				
0,42	0,46	0,50	0,53	0,57	0,60	0,64	0,67	0,71	0,74	0,78	0,81	0,85	0,89	0,92	0,99	1,06				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,50	0,55	0,59	0,63	0,67	0,71	0,75	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	1,01	1,05	1,09	1,17	1,26				
0,48	0,53	0,57	0,61	0,65	0,69	0,73	0,77	0,81	0,85	0,89	0,93	0,97	1,01	1,05	1,13	1,21				
0,47	0,51	0,54	0,58	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82	0,86	0,89	0,93	0,97	1,01	1,09	1,17				
0,45	0,49	0,52	0,56	0,60	0,64	0,67	0,71	0,75	0,79	0,82	0,86	0,90	0,94	0,97	1,05	1,12				
0,43	0,47	0,51	0,54	0,58	0,61	0,65	0,69	0,72	0,76	0,79	0,83	0,87	0,90	0,94	1,01	1,08				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—
0,51	0,55	0,60	0,64	0,68	0,73	0,77	0,81	0,85	0,90	0,94	0,98	1,02	1,07	1,11	1,19	1,28				
0,49	0,53	0,58	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82	0,86	0,90	0,95	0,99	1,03	1,07	1,15	1,23				
0,48	0,52	0,56	0,59	0,63	0,67	0,71	0,65	0,79	0,83	0,87	0,91	0,95	0,99	1,03	1,11	1,19				
0,46	0,50	0,54	0,57	0,61	0,65	0,69	0,73	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	0,99	1,07	1,15				
0,44	0,48	0,52	0,55	0,59	0,63	0,66	0,70	0,74	0,77	0,81	0,85	0,88	0,92	0,96	1,03	1,11				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,52	0,56	0,61	0,65	0,69	0,74	0,78	0,82	0,87	0,91	0,95	1,00	1,04	1,08	1,13	1,21	1,30				
0,50	0,54	0,59	0,63	0,67	0,71	0,75	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,05	1,09	1,17	1,26				
0,48	0,52	0,57	0,61	0,65	0,69	0,73	0,77	0,81	0,85	0,89	0,93	0,98	1,01	1,05	1,13	1,21				
0,47	0,51	0,55	0,58	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82	0,86	0,90	0,94	0,97	1,01	1,09	1,17				
0,45	0,49	0,53	0,56	0,60	0,64	0,68	0,71	0,75	0,79	0,83	0,86	0,90	0,94	0,98	1,05	1,13				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,53	0,57	0,62	0,66	0,71	0,75	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,02	1,06	1,10	1,15	1,24	1,33				
0,51	0,55	0,60	0,64	0,68	0,72	0,77	0,81	0,85	0,89	0,94	0,98	1,02	1,07	1,11	1,19	1,28				
0,49	0,53	0,58	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82	0,86	0,91	0,95	0,99	1,03	1,07	1,15	1,23				
0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,75	0,79	0,83	0,87	0,91	0,95	0,99	1,03	1,11	1,19				
0,46	0,50	0,54	0,58	0,61	0,65	0,69	0,73	0,77	0,81	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,07	1,15				
13,9	**15,1**	**16,3**	**17,4**	**18,6**	**19,8**	**20,9**	**22,1**	**23,3**	**24,4**	**25,6**	**26,7**	**27,9**	**29**	**30**	**32**	**35**	**148**	**150**	—	—
0,54	0,58	0,63	0,67	0,72	0,76	0,81	0,85	0,90	0,94	0,99	1,03	1,08	1,12	1,17	1,26	1,35				
0,52	0,56	0,61	0,65	0,69	0,74	0,78	0,83	0,87	0,91	0,96	1,00	1,04	1,09	1,13	1,22	1,30				

Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, °С					Показатель степени n	Значения $A_{пр}$, м², при расчетном расходе воды в стояке $G_{ст}$, кг/ч, или тепловой нагрузке $G^*_{ст}$ – расход воды в стояке, кг/ч,													
5	8	10	12	15		160	170	180	190	200	225	250	275	300	335	370	400	435	470	500	550
						$G^*_{ст}$ = 186	198	209	221	223	262	291	320	349	390	430	465	506	547	581	640
						$Q^*_{пр}/\varphi$ = 137	146	155	163	172	193	215	236	258	288	318	344	374	404	430	473
					0,25	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,39	0,49	0,46
					0,30	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,35	0,38	0,41	0,45
					0,35	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,29	0,31	0,34	0,37	0,39	0,43
133	**136**	**138**	**140**	**143**	$\Sigma Q_р$	**7,4**	**7,9**	**8,4**	**8,8**	**9,3**	**10**	**11,6**	**12,8**	**14**	**15,7**	**17,2**	**18,6**	**20,2**	**22**	**23**	**25**
					0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,21	0,23	0,25	0,27	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,50
					0,20	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,35	0,39	0,42	0,44	0,49
					0,25	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21	0,24	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,40	0,43	0,47
					0,30	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28	0,31	0,33	0,36	0,39	0,41	0,46
					0,35	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,35	0,38	0,40	0,44
131	**134**	**136**	**138**	**141**	$\Sigma Q_р$	**11,2**	**11,9**	**12,6**	**13,2**	**13,9**	**15,7**	**17,4**	**19,2**	**21**	**23**	**25**	**28**	**30**	**32**	**35**	**38**
					0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,35	0,37	0,41	0,44	0,47	0,51
					0,20	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,23	0,25	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45	0,50
					0,25	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,20	0,22	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48
					0,30	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,42	0,47
					0,35	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,36	0,38	0,41	0,45
129	**132**	**134**	**136**	**139**	$\Sigma Q_р$	**15,1**	**15,8**	**16,7**	**17,4**	**18,6**	**21**	**23**	**26**	**28**	**31**	**35**	**37**	**40**	**44**	**54**	**51**
					0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,45	0,48	0,52
					0,20	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,21	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,51
					0,25	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45	0,49
					0,30	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,19	0,22	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,43	0,47
					0,35	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28	0,31	0,33	0,36	0,39	0,42	0,46
127	**130**	**132**	**134**	**137**	$\Sigma Q_р$	**18,6**	**19,8**	**21**	**22**	**23**	**25**	**29**	**32**	**35**	**38**	**43**	**46**	**50**	**55**	**58**	**64**
					0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,22	0,24	0,27	0,29	0,32	0,36	0,39	0,42	0,46	0,48	0,53
					0,20	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47	0,52
					0,25	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,23	0,25	0,27	0,30	0,34	0,36	0,40	0,43	0,45	0,50
					0,30	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,30	0,33	0,35	0,38	0,41	0,44	0,49
					0,35	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21	0,24	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,40	0,43	0,47
125	**128**	**130**	**132**	**135**	$\Sigma Q_р$	**22**	**23**	**25**	**27**	**28**	**31**	**35**	**38**	**42**	**46**	**48**	**56**	**60**	**65**	**70**	**77**
					0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,377	0,39	0,43	0,46	0,49	0,54
					0,20	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,22	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,42	0,45	0,48	0,53
					0,25	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,44	0,46	0,51
					0,30	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,23	0,25	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45	0,50
					0,35	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,20	0,22	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48
123	**126**	**128**	**130**	**133**	$\Sigma Q_р$	**25**	**28**	**29**	**31**	**32**	**36**	**41**	**44**	**49**	**55**	**60**	**65**	**71**	**77**	**81**	**89**
					0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,50	0,55
					0,20	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22	0,24	0,27	0,29	0,33	0,36	0,39	0,43	0,46	0,49	0,54
					0,25	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,45	0,47	0,52
					0,30	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,21	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,57
					0,35	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45	0,49
121	**124**	**126**	**128**	**131**	$\Sigma Q_р$	**29**	**31**	**34**	**35**	**37**	**42**	**46**	**51**	**56**	**63**	**69**	**74**	**81**	**87**	**93**	**102**
					0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,34	0,38	0,41	0,45	0,48	0,51	0,57
					0,20	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,55
					0,25	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	0,22	0,24	0,27	0,29	0,33	0,36	0,39	0,42	0,46	0,49	0,53
					0,30	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,24	0,26	0,28	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47	0,52
					0,35	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,21	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,50
119	**122**	**124**	**126**	**129**	$\Sigma Q_р$	**34**	**36**	**37**	**39**	**42**	**48**	**52**	**58**	**63**	**70**	**78**	**84**	**91**	**99**	**105**	**116**
					0,15	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,23	0,26	0,29	0,31	0,35	0,39	0,42	0,45	0,49	0,52	0,58
					0,20	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,56
					0,25	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,55
					0,30	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,22	0,24	0,27	0,29	0,32	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,53
					0,35	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47	0,52

Продолжение табл 9 8

прибора $Q_{пр}/\varphi$, Вт (при тепловой нагрузке в ккал/ч–см строки таблицы, обозначенные

$Q^*_{пр}/\varphi$ тепловая нагрузка прибора, ккал/ч																	Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, С			
600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500				
698	756	814	872	930	988	1047	1105	1163	1221	1279	1337	1396	1454	1512	1628	1744				
516	559	602	645	688	731	774	817	860	903	946	989	1032	1075	1118	1204	1290	18	20	22	25
0,50	0,55	0,59	0,63	0,67	0,71	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,97	1,01	1,05	1,09	1,18	1,26				
0,49	0,53	0,57	0,61	0,65	0,69	0,73	0,77	0,81	0,85	0,89	0,93	0,97	1,01	1,05	1,14	1,22				
0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67	0,71	0,74	0,78	0,82	0,86	0,90	0,94	0,98	1,02	1,10	1,18				
28	**30**	**32**	**35**	**37**	**39**	**42**	**44**	**46**	**49**	**51**	**53**	**56**	**58**	**60**	**65**	**70**	**146**	**148**	**150**	—
0,55	0,60	0,64	0,69	0,73	0,78	0,82	0,87	0,92	0,96	1,01	1,05	1,10	1,14	1,19	1,28	1,37				
0,53	0,58	0,62	0,66	0,71	0 75	0,80	0,84	0,89	0,93	0,97	1,02	1,06	1,11	1,15	1,24	1,33				
0,51	0,56	0,60	0,64	0,68	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,94	0,98	1,03	1,07	1,11	1,20	1,28				
0,50	0,54	0,58	0,62	0,66	0,70	0,74	0,79	0,83	0,87	0,91	0,95	0,99	1,03	1,08	1,16	1,24				
0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,04	1,12	1,20				
42	**45**	**49**	**52**	**56**	**59**	**63**	**66**	**70**	**73**	**77**	**80**	**84**	**87**	**91**	**98**	**105**	**144**	**146**	**148**	—
0,56	0,61	0,65	0,70	0,75	0,79	0,84	0,89	0,93	0,98	1,03	1,07	1,12	1,17	1,21	1,31	1,40				
0,54	0,59	0,63	0,68	0,72	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	0,99	1,04	1,08	1,13	1,17	1,26	1,35				
0,52	0,57	0,61	0,65	0,70	0,74	0,79	0,83	0,87	0,92	0,96	1,00	1,05	1,09	1,13	1,22	1,31				
0,51	0,55	0,59	0,63	0,68	0,72	0,76	0,80	0,85	0,89	0,93	0,97	1,01	1,06	1,10	1,18	1,27				
0,49	0,53	0,57	0,61	0,65	0,70	0,74	0,78	0,82	0,86	0,90	0,94	0,98	1,02	1,06	1,15	1,23				
56	**60**	**65**	**70**	**74**	**79**	**84**	**88**	**93**	**98**	**102**	**107**	**112**	**116**	**121**	**130**	**139**	**142**	**144**	**146**	**149**
0,57	0,62	0,67	0,71	0,76	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00	1,05	1,09	1,14	1,19	1,24	1,33	1,43				
0,55	0,60	0,64	0,69	0,74	0,78	0,83	0,87	0,92	0,97	1,01	1,06	1,10	1,15	1,20	1,29	1,38				
0,53	0,58	0,62	0,67	0,71	0,76	0,80	0,85	0,89	0,94	0,98	1,02	1,07	1,11	1,16	1,25	1,34				
0,52	0,56	0,60	0,65	0,69	0,73	0,78	0,82	0,86	0,91	0,95	0,99	1,04	1,08	1,12	1,21	1,29				
0,50	0,54	0,59	0,63	0,67	0,71	0,75	0,79	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,05	1,09	1,17	1,25				
70	**75**	**81**	**87**	**93**	**99**	**105**	**110**	**116**	**122**	**128**	**134**	**139**	**145**	**151**	**163**	**174**				
0,58	0,63	0,68	0,73	0,77	0,82	0,87	0,92	0,97	1,02	1,07	1,11	1,16	1,21	1,26	1,36	1,45				
0,56	0,61	0,66	0,70	0,75	0,80	0,84	0,89	0,94	0,99	1,03	1,08	1,13	1,17	1,22	1,31	1,41				
0,55	0,59	0,64	0,68	0,73	0,77	0,82	0,86	0,91	0,96	1,00	1,05	1,09	1,14	1,18	1,27	1,36				
0,53	0,57	0,62	0,66	0,71	0,75	0,79	0,84	0,88	0,93	0,97	1,01	1,06	1,10	1,15	1,23	1,32				
0,51	0,56	0,60	0,64	0,68	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,94	0,98	1,03	1,07	1,11	1,20	1,28				
84	**91**	**98**	**105**	**112**	**119**	**126**	**132**	**139**	**146**	**153**	**160**	**167**	**174**	**181**	**195**	**209**	**138**	**140**	**142**	**145**
0,59	0,64	0,69	0,74	0,79	0,94	0,89	0,94	0,99	1,04	1,09	1,14	1,18	1,23	1,28	1,38	1,48				
0,57	0,62	0,67	0,72	0,77	0,81	0,86	0,91	0,96	1,01	1,05	1,10	1,15	1,20	1,24	1,34	1,44				
0,56	0,60	0,65	0,70	0,74	0,79	0,84	0,88	0,93	0,98	1,02	1,07	1,12	1,16	1,21	1,30	1,39				
0,54	0,59	0,63	0,68	0,72	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	0,99	1,04	1,08	1,13	1,17	1,26	1,35				
0,52	0,57	0,61	0,66	0,70	0,74	0,79	0,83	0,87	0,92	0,96	1,01	1,05	1,09	1,14	1,22	1,31				
98	**106**	**114**	**122**	**130**	**138**	**146**	**155**	**163**	**171**	**179**	**187**	**195**	**203**	**212**	**228**	**244**	**136**	**138**	**140**	**143**
0,60	0,65	0,70	0,76	0,81	0,86	0,91	0,96	1,01	1,06	1,11	1,16	1,21	1,26	1,31	1,41	1,51				
0,59	0,64	0,68	0,73	0,78	0,83	0,88	0,93	0,98	1,03	1,07	1,12	1,17	1,22	1,27	1,37	1,47				
0,57	0,62	0,66	0,71	0,76	0,81	0,85	0,90	0,95	1,00	1,04	1,09	1,14	1,19	1,23	1,33	1,42				
0,55	0,60	0,64	0,69	0,74	0,73	0,83	0,87	0,92	0,97	1,01	1,06	1,10	1,15	1,20	1,29	1,39				
0,54	0,58	0,63	0,67	0,72	0,76	0,81	0,85	0,89	0,94	0,98	1,03	1,07	1,12	1,16	1,25	1,34				
112	**121**	**130**	**139**	**149**	**158**	**167**	**177**	**186**	**195**	**205**	**214**	**223**	**231**	**242**	**260**	**279**	**134**	**136**	**138**	**141**
0,62	0,67	0,72	0,77	0,82	0,87	0,92	0,98	1,03	1,08	1,13	1,18	1,23	1,28	1,34	1,44	1,54				
0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,40	1,50				
0,58	0,63	0,68	0,73	0,78	0,82	0,87	0,92	0,97	1,02	1,07	1,12	1,16	1,21	1,26	1,36	1,46				
0,57	0,61	0,66	0,71	0,75	0,80	0,85	0,90	0,94	0,99	1,04	1,08	1,13	1,18	1,23	1,32	1,41				
0,55	0,60	0,64	0,69	0,73	0,78	0,83	0,87	0,92	0,96	1,01	1,05	1,10	1,15	1,19	1,28	1,38				
126	**136**	**146**	**157**	**167**	**178**	**188**	**199**	**209**	**221**	**230**	**241**	**251**	**262**	**272**	**293**	**314**	**132**	**134**	**136**	**139**
0,63	0,68	0,73	0,78	0,84	0,89	0,94	0,99	1,04	1,10	1,15	1,20	1,26	1,31	1,36	1,47	1,57				
0,61	0,66	0,71	0,76	0,82	0,87	0,92	0,97	1,02	1,07	1,12	1,17	1,22	1,27	1,33	1,43	1,53				
0,60	0,64	0,69	0,74	0,79	0,84	0,89	0,94	0,99	1,04	1,09	1,14	1,19	1,24	1,29	1,39	1,49				
0,58	0,65	0,68	0,72	0,77	0,82	0,87	0,92	0,97	1,01	1,06	1,11	1,16	1,21	1,25	1,35	1,45				
0,56	0,61	0,66	0,70	0,75	0,80	0,84	0,89	0,94	0,99	1,03	1,08	1,13	1,17	1,22	1,31	1,41				

Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, С					Показатель степени n	Значения $A_{пр}$, м², при расчетном расходе воды в стояке $G_{ст}$, кг/ч, или тепловой нагрузке $G^*_{ст}$ – расход воды в стояке, кг/ч,													
5	8	10	12	15		160	170	180	190	200	225	250	275	300	335	370	400	435	470	500	550
						$G^*_{ст}=186$	198	209	221	223	262	291	320	349	390	430	465	506	547	581	640
						$Q^*_{пр}/\varphi=137$	146	155	163	172	193	215	236	258	288	318	344	374	404	430	473
117	**120**	**122**	**124**	**127**	ΣQ_p	**37**	**39**	**42**	**44**	**46**	**52**	**58**	**64**	**70**	**78**	**86**	**93**	**101**	**109**	**116**	**128**
					0,15	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,24	0,27	0,29	0,32	0,36	0,40	0,43	0,47	0,50	0,54	0,59
					0.20	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,23	0,26	0,29	0,31	0,35	0,39	0,42	0,45	0,49	0,52	0,57
					0.25	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,34	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,56
					0,30	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,54
					0,35	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,22	0,24	0,26	0,29	0,32	0,36	0,38	0,42	0,45	0,48	0,53
115	**118**	**120**	**122**	**125**	ΣQ_p	**41**	**43**	**45**	**49**	**51**	**58**	**64**	**71**	**89**	**86**	**94**	**102**	**112**	**121**	**128**	**141**
					0.15	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,44	0,46	0,51	0,55	0,60
					0,20	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,24	0,27	0,29	0,32	0,36	0,39	0,43	0,46	0,50	0,53	0,59
					0,25	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,23	0,26	0,29	0,31	0,35	0,38	0,42	0,45	0,49	0,52	0,57
					0,30	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,40	0,44	0,48	0,51	0,56
					0,35	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,43	0,46	0,49	0,54
113	**116**	**118**	**120**	**123**	ΣQ_p	**44**	**48**	**50**	**52**	**56**	**63**	**70**	**77**	**84**	**93**	**103**	**112**	**122**	**131**	**139**	**153**
					0,15	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,41	0,45	0,49	0,52	0,56	0,61
					0,20	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,54	0,60
					0,25	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,24	0,27	0,29	0,32	0,36	0,39	0,43	0,46	0,50	0,53	0,58
					0,30	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,23	0,26	0,29	0,31	0,35	0,38	0,41	0,45	0,49	0,52	0,57
					0,35	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,40	0,44	0,48	0,51	0,56
111	**114**	**116**	**118**	**121**	ΣQ_p	**48**	**51**	**53**	**56**	**60**	**69**	**75**	**84**	**91**	**101**	**112**	**122**	**131**	**142**	**151**	**166**
					0,15	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,26	0,29	0,31	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,57	0,63
					0,20	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,25	0,28	0,31	0,33	0,37	0,41	0,45	0,48	0,52	0,56	0,61
					0,25	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,40	0,44	0,47	0,61	0,54	0,60
					0,30	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,24	0,27	0,29	0,32	0,35	0,39	0,43	0,46	0,50	0,53	0,58
					0,35	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,23	0,26	0,29	0,31	0,35	0,38	0,41	0,45	0,49	0,52	0,57
109	**112**	**114**	**116**	**119**	ΣQ_p	**52**	**55**	**58**	**62**	**66**	**73**	**81**	**89**	**98**	**109**	**121**	**130**	**142**	**153**	**163**	**179**
					0,15	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,39	0,43	0,47	0,51	0,55	0,58	0,64
					0,20	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,26	0,29	0,31	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,57	0,63
					0,25	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,25	0,28	0,31	0,33	0,37	0,41	0,45	0,49	0,52	0,56	0,61
					0,30	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,54	0,60
					0,35	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,24	0,27	0,29	0,32	0,36	0,39	0,43	0,46	0,50	0,53	0,59
107	**110**	**112**	**114**	**117**	ΣQ_p	**56**	**59**	**63**	**66**	**70**	**79**	**87**	**96**	**105**	**122**	**129**	**139**	**152**	**164**	**174**	**192**
					0,15	0,19	0,20	0,22	0,23	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,66
					0,20	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,39	0,43	0,47	0,51	0,55	0,58	0,64
					0,25	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,26	0,29	0,31	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,57	0,63
					0,30	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,41	0,45	0,49	0,53	0,58	0,61
					0,35	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,44	0,48	0,51	0,55	0,60
105	**108**	**110**	**112**	**115**	ΣQ_p	**59**	**63**	**67**	**71**	**74**	**64**	**93**	**102**	**113**	**124**	**137**	**149**	**162**	**174**	**186**	**205**
					0,15	0,20	0 21	0,22	0,23	0,24	0,27	0,31	0,34	0,37	0,41	0,45	0,49	0,53	0,57	0,61	0,67
					0,20	0,19	0,20	0,22	0,23	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,66
					0,25	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,39	0,43	0,47	0,51	0,55	0,58	0,64
					0,30	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23	0,26	0,29	0,32	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,57	0,63
					0,35	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,38	0,42	0,45	0,49	0,53	0,56	0,62
103	**106**	**108**	**110**	**113**	ΣQ_p	**63**	**67**	**71**	**74**	**79**	**89**	**99**	**109**	**120**	**132**	**146**	**158**	**172**	**186**	**198**	**217**
					0,15	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25	0,28	0,31	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,59	0,63	0,69
					0,20–0,25	0,20	0,21	0,22	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,41	0,45	0,49	0,53	0,58	0,61	0,67
					0,30 0,35	0,19	0,20	0,21	0,22	0,24	0,27	0,29	0,32	0,35	0,40	0,44	0,47	0,51	0,55	0,59	0,65
101	**104**	**106**	**108**	**111**	ΣQ_p	**67**	**71**	**75**	**79**	**84**	**94**	**105**	**115**	**126**	**141**	**155**	**167**	**182**	**196**	**209**	**230**
					0,15	0,20	0,22	0,23	0,24	0,25	0,28	0,32	0,35	0,38	0,42	0,47	0,51	0,55	0,60	0,63	0,70
					0,20–0,25	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,42	0,46	0,50	0,54	0,59	0,62	0,68
					0,30–0,35	0,19	0,20	0,21	0,23	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,66
100	**103**	**105**	**107**	**110**	ΣQ_p	**69**	**73**	**78**	**81**	**86**	**96**	**108**	**119**	**129**	**144**	**159**	**172**	**187**	**202**	**215**	**237**

Продолжение табл 9 8

прибора $Q_{пр}/\varphi$, Вт (при тепловой нагрузке в ккал/ч см строки таблицы, обозначенные

$Q^*_{пр}/\varphi$ тепловая нагрузка прибора, ккал/ч																	Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, С			
600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500				
698	756	814	872	930	988	1047	1105	1163	1221	1279	1337	1396	1454	1512	1628	1744				
516	559	602	645	688	731	774	817	860	903	946	989	1032	1075	1118	1204	1290	18	20	22	25
139	**151**	**163**	**174**	**186**	**198**	**209**	**221**	**237**	**244**	**256**	**267**	**279**	**291**	**302**	**326**	**349**	**130**	**132**	**134**	**137**
0,64	0,70	0,75	0,80	0,86	0,91	0,96	1,02	1,07	1,12	1,18	1,23	1,28	1,34	1,39	1,50	1,61				
0,63	0,68	0,73	0,78	0,83	0,89	0,94	0,99	1,04	1,09	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,46	1,56				
0,61	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91	0,96	1,01	1,06	1,12	1,17	1,22	1,27	1,32	1,42	1,52				
0,59	0,64	0,69	0,74	0,79	0,84	0,89	0,94	0,99	1,04	1,09	1,14	1,19	1,24	1,28	1,38	1,48				
0,58	0,63	0,67	0,72	0,77	0,82	0,87	0,91	0,96	1,01	1,06	1,11	1,15	1,20	1,25	1,35	1,44				
153	**166**	**179**	**192**	**205**	**217**	**230**	**244**	**256**	**270**	**283**	**295**	**286**	**321**	**333**	**359**	**384**	**128**	**130**	**132**	**135**
0,66	0,71	0,77	0,82	0,88	0,93	0,98	1,04	1,09	1,15	1,20	1,26	1,31	1,37	1,42	1,53	1,64				
0,64	0,69	0,75	0,80	0,85	0,91	0,96	1,01	1,07	1,12	1,17	1,23	1,28	1,33	1,39	1,49	1,60				
0,62	0,68	0,73	0,78	0,83	0,88	0,93	0,99	1,04	1,09	1,14	1,19	1,25	1,30	1,35	1,45	1,56				
0,61	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91	0,96	1,01	1,06	1,11	1,16	1,21	1,26	1,32	1,42	1,52				
0,59	0,64	0,69	0,74	0,79	0,84	0,89	0,94	0,99	1,04	1,08	1,13	1,18	1,23	1,28	1,38	1,48				
167	**181**	**195**	**209**	**223**	**237**	**251**	**265**	**279**	**293**	**307**	**321**	**335**	**349**	**363**	**391**	**419**	**126**	**128**	**130**	**133**
0,67	0,73	0,76	0,84	0,89	0,95	1,01	1,06	1,12	1,17	1,23	1,28	1,34	1,40	1,45	1,56	1,68				
0,65	0,71	0,76	0,82	0,87	0,93	0,98	1,04	1,09	1,14	1,20	1,25	1,31	1,36	1,42	1,53	1,63				
0,64	0,69	0,74	0,80	0,85	0,90	0,96	1,01	1,06	1,12	1,17	1,22	1,28	1,33	1,38	1,49	1,59				
0,62	0,67	0,73	0,78	0,83	0,88	0,93	0,99	1,04	1,09	1,14	1,19	1,24	1,30	1,35	1,45	1,56				
0,61	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91	0,96	1,01	1,07	1,11	1,16	1,21	1,26	1,32	1,42	1,52				
181	**196**	**212**	**227**	**242**	**258**	**272**	**287**	**302**	**320**	**334**	**349**	**364**	**379**	**395**	**424**	**455**	**124**	**126**	**128**	**131**
0,69	0,74	0,80	0,86	0,91	0,97	1,03	1,08	1,14	1,20	1,26	1,31	1,37	1,43	1,48	1,60	1,71				
0,67	0,72	0,78	0,84	0,89	0,95	1,00	1,06	1,11	1,17	1,23	1,28	1,34	1,39	1,45	1,56	1,67				
0,65	0,71	0,76	0,82	0,87	0,93	0,98	1,03	1,09	1,14	1,20	1,25	1,31	1,36	1,41	1,52	1,63				
0,64	0,69	0,74	0,80	0,85	0,90	0,96	1,01	1,06	1,12	1,17	1,22	1,28	1,33	1,38	1,49	1,59				
0,62	0,67	0,73	0,78	0,83	0,88	0,93	0,99	1,04	1,09	1,14	1,19	1,24	1,30	1,35	1,45	1,56				
195	**211**	**228**	**244**	**260**	**277**	**293**	**309**	**326**	**346**	**358**	**374**	**391**	**407**	**423**	**456**	**488**	**122**	**124**	**126**	**129**
0,70	0,76	0,82	0,88	0,93	0,99	1,05	1,11	1,17	1,23	1,29	1,34	1,40	1,46	1,52	1,64	1,75				
0,68	0,74	0,80	0,86	0,91	0,97	1,03	1,08	1,14	1,20	1,25	1,31	1,37	1,43	1,48	1,60	1,71				
0,67	0,72	0,78	0,84	0,89	0,95	1,00	1,06	1,12	1,17	1,23	1,28	1,34	1,39	1,45	1,56	1,67				
0,65	0,71	0,76	0,82	0,87	0,93	0,98	1,04	1,09	1,14	1,20	1,25	1,31	1,36	1,42	1,53	1,63				
0,64	0,69	0,75	0,80	0,85	0,91	0,96	1,01	1,07	1,12	1,17	1,23	1,28	1,33	1,39	1,49	1,60				
209	**227**	**244**	**262**	**279**	**296**	**314**	**331**	**349**	**366**	**384**	**401**	**419**	**436**	**453**	**488**	**523**	**120**	**122**	**124**	**127**
0,72	0,78	0,84	0,90	0,96	1,02	1,08	1,14	1,19	1,25	1,31	1,37	1,43	1,49	1,55	1,67	1,79				
0,70	0,76	0,82	0,88	0,93	0,99	1,05	1,11	1,17	1,23	1,29	1,34	1,40	1,46	1,52	1,64	1,75				
0,69	0,74	0,80	0,86	0,91	0,97	1,03	1,09	1,14	1,20	1,26	1,31	1,37	1,43	1,49	1,60	1,72				
0,67	0,73	0,78	0,84	0,89	0,95	1,01	1,06	1,12	1,17	1,23	1,29	1,34	1,40	1,45	1,57	1,68				
0,66	0,71	0,77	0,82	0,88	0,93	0,98	1,04	1,09	1,15	1,20	1,26	1,31	1,37	1,42	1,53	1,64				
223	**242**	**260**	**279**	**297**	**316**	**335**	**353**	**372**	**393**	**409**	**428**	**446**	**465**	**484**	**527**	**558**	**118**	**120**	**122**	**125**
0,73	0,79	0,85	0,92	0,98	1,04	1,10	1,16	1,22	1,28	1,34	1,40	1,47	1,53	1,59	1,71	1,83				
0,72	0,78	0,84	0,90	0,96	1,02	1,08	1,14	1,20	1,26	1,32	1,38	1,44	1,49	1,55	1,67	1,79				
0,70	0,76	0,82	0,87	0,93	0,99	1,05	1,11	1,17	1,22	1,28	1,34	1,40	1,46	1,51	1,63	1,75				
0,69	0,75	0,83	0,86	0,92	0,98	1,03	1,09	1,15	1,21	1,26	1,32	1,38	1,43	1,49	1,61	1,72				
0,67	0,73	0,79	0,84	0,90	0,96	1,01	1,07	1,12	1,18	1,24	1,29	1,35	1,40	1,45	1,57	1,69				
237	**257**	**276**	**296**	**316**	**336**	**356**	**375**	**395**	**415**	**435**	**455**	**474**	**494**	**514**	**553**	**593**	**116**	**118**	**120**	**123**
0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	1,06	1,13	1,19	1,25	1,31	1,38	1,44	1,50	1,56	1,63	1,75	1,88				
0,74	0,80	0,86	0,92	0,98	1,04	1,10	1,17	1,23	1,29	1,35	1,41	1,47	1,53	1,59	1,72	1,84				
0,71	0,77	0,83	0,88	0,94	1,00	1,06	1,12	1,18	1,24	1,30	1,36	1,42	1,47	1,53	1,65	1,77				
251	**272**	**293**	**314**	**335**	**356**	**377**	**398**	**419**	**440**	**460**	**481**	**502**	**523**	**544**	**586**	**628**	**114**	**116**	**118**	**121**
0,76	0,82	0,89	0,95	1,01	1,08	1,14	1,20	1,27	1,33	1,39	1,46	1,52	1,58	1,65	1,77	1,90				
0,75	0,81	0,87	0,93	0,99	1,06	1,12	1,18	1,24	1,30	1,37	1,43	1,49	1,55	1,62	1,74	1,86				
0,72	0,78	0,84	0,90	0,95	1,02	1,07	1,13	1,19	1,25	1,31	1,37	1,43	1,49	1,55	1,67	1,79				
258	**280**	**301**	**323**	**344**	**366**	**387**	**409**	**430**	**452**	**473**	**495**	**516**	**538**	**559**	**602**	**645**	**113**	**115**	**117**	**120**

Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, °С					Показатель степени n	Значения $A_{пр}$, м², при расчетном расходе воды в стояке $G_{ст}$, кг/ч, или тепловой нагрузке $G^*_{ст}$ – расход воды в стояке, кг/ч,													
5	8	10	12	15		160	170	180	190	200	225	250	275	300	335	370	400	435	470	500	550
						$G^*_{ст}$ = 186	198	209	221	223	262	291	320	349	390	430	465	506	547	581	640
						$Q^*_{пр}/\varphi$ = 137	146	155	163	172	193	215	236	258	288	318	344	374	404	430	473
					0,15	0,20	0,22	0,23	0,24	0,25	0,29	0,32	0,35	0,38	0,42	0,47	0,51	0,56	0,60	0,64	0,70
					0,20–0,25	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25	0,28	0,31	0,35	0,38	0,42	0,47	0,50	0,55	0,59	0,63	0,69
					0,30–0,35	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,41	0,45	0,48	0,53	0,57	0,61	0,67
99	**102**	**104**	**106**	**109**	$\Sigma Q_р$	**71**	**75**	**79**	**84**	**88**	**99**	**110**	**122**	**132**	**148**	**164**	**177**	**192**	**208**	**221**	**243**
					0,15	0,21	0,22	0,23	0,25	0,26	0,29	0,32	0,36	0,39	0,44	0,48	0,52	0,57	0,61	0,65	0,71
					0,20–0,25	0,20	0,22	0,23	0,24	0,25	0,29	0,32	0,35	0,38	0,43	0,47	0,51	0,55	0,60	0,64	0,70
					0,30–0,35	0,20	0,21	0,22	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,41	0,45	0,49	0,53	0,58	0,61	0,68
98	**101**	**103**	**105**	**108**	$\Sigma Q_р$	**72**	**89**	**81**	**86**	**91**	**119**	**114**	**124**	**136**	**132**	**167**	**181**	**197**	**213**	**227**	**249**
					0,15	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,30	0,33	0,36	0,39	0,44	0,49	0,53	0,57	0,62	0,66	0,72
					0,20–0,25	0,21	0,22	0,23	0,25	0,26	0,29	0,32	0,36	0,39	0,43	0,48	0,52	0,56	0,61	0,65	0,71
					0,30–0,35	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,42	0,46	0,50	0,54	0,59	0,62	0,69
97	**100**	**102**	**104**	**107**	$\Sigma Q_р$	**74**	**79**	**84**	**88**	**93**	**105**	**116**	**128**	**139**	**156**	**172**	**186**	**202**	**219**	**233**	**256**
					0,15	0,21	0,23	0,24	0,25	0,27	0,29	0,33	0,40	0,39	0,45	0,49	0,53	0,58	0,63	0,67	0,73
					0,20–0,25	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,29	0,33	0,36	0,39	0,44	0,48	0,52	0,57	0,62	0,65	0,72
					0,30–0,35	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25	0,28	0,32	0,35	0,42	0,47	0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,70
96	**99**	**101**	**103**	**106**	$\Sigma Q_р$	**77**	**81**	**86**	**91**	**111**	**107**	**119**	**131**	**143**	**159**	**177**	**191**	**207**	**224**	**238**	**262**
					0,15	0,22	0,23	0,24	0,26	0,27	0,30	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50	0,54	0,59	0,63	0,67	0,74
					0,20–0,25	0,21	0,23	0,24	0,25	0,27	0,30	0,33	0,36	0,40	0,44	0,49	0,53	0,58	0,62	0,66	0,73
					0,30–0,35	0,20	0,22	0,23	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,43	0,47	0,51	0,56	0,60	0,64	0,70
95	**98**	**100**	**102**	**105**	$\Sigma Q_р$	**78**	**82**	**88**	**93**	**98**	**109**	**122**	**134**	**146**	**164**	**180**	**195**	**213**	**229**	**244**	**269**
					0,15	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,31	0,34	0,38	0,41	0,46	0,51	0,55	0,59	0,64	0,68	0,75
					0,20–0,25	0,22	0,23	0,24	0,26	0,27	0,30	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50	0,54	0,58	0,63	0,67	0,74
					0,30–0,35	0,21	0,22	0,23	0,25	0,26	0,29	0,33	0,36	0,39	0,44	0,48	0,52	0,57	0,61	0,65	0,72
94	**97**	**99**	**101**	**104**	$\Sigma Q_р$	**80**	**85**	**89**	**95**	**100**	**113**	**124**	**137**	**150**	**167**	**185**	**200**	**217**	**235**	**250**	**274**
					0,15 0,20	0,22	0,23	0,25	0,26	0,28	0,31	0,35	0,38	0,41	0,46	0,51	0,55	0,60	0,65	0,69	0,76
					0,25	0,21	0,23	0,24	0,25	0,27	0,30	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50	0,54	0,58	0,63	0,67	0,74
					0,30–0,35	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,30	0,33	0,36	0,40	0,44	0,49	0,53	0,57	0,62	0,66	0,73
93	**96**	**98**	**100**	**103**	$\Sigma Q_р$	**82**	**87**	**92**	**98**	**96**	**115**	**128**	**141**	**153**	**171**	**189**	**205**	**222**	**241**	**256**	**281**
					0,15–0,20	0,22	0,23	0,25	0,27	0,28	0,32	0,35	0,39	0,42	0,47	0,52	0,56	0,61	0,66	0,70	0,77
					0,25	0,22	0,23	0,24	0,26	0,27	0,31	0,34	0,37	0,41	0,46	0,50	0,54	0,59	0,64	0,68	0,75
					0,30–0,35	0,21	0,23	0,24	0,25	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,45	0,50	0,54	0,58	0,63	0,67	0,74
92	**95**	**97**	**99**	**102**	$\Sigma Q_р$	**84**	**88**	**94**	**99**	**105**	**117**	**130**	**144**	**157**	**176**	**193**	**209**	**228**	**245**	**262**	**287**
					0,15–0,20	0,23	0,24	0,26	0,27	0,28	0,32	0,36	0,39	0,42	0,48	0,53	0,57	0,62	0,67	0,71	0,78
					0,25	0,22	0,23	0,25	0,26	0,28	0,31	0,36	0,38	0,41	0,46	0,51	0,55	0,60	0,65	0,69	0,76
					0,30–0,35	0,22	0,23	0,24	0,26	0,27	0,31	0,34	0,37	0,41	0,46	0,50	0,54	0,59	0,64	0,68	0,75
91	**94**	**96**	**98**	**101**	$\Sigma Q_р$	**86**	**91**	**96**	**101**	**107**	**120**	**134**	**146**	**160**	**179**	**198**	**214**	**233**	**251**	**267**	**294**
					0,15–0,20	0,23	0,24	0,26	0,27	0,29	0,32	0,36	0,4	0,43	0,48	0,53	0,58	0,63	0,68	0,72	0,79
					0,25	0,22	0,24	0,25	0,27	0,28	0,32	0,35	0,39	0,42	0,47	0,52	0,56	0,61	0,66	0,7	0,77
					0,30–0,35	0,22	0,23	0,25	0,26	0,28	0,31	0,35	0,38	0,41	0,46	0,51	0,55	0,6	0,65	0,69	0,76
90	**93**	**95**	**97**	**100**	$\Sigma Q_р$	**87**	**93**	**99**	**103**	**109**	**123**	**136**	**150**	**164**	**182**	**202**	**219**	**237**	**257**	**273**	**300**
					0,15–0,20	0,23	0,25	0,26	0,28	0,29	0,33	0,37	0,4	0,44	0,49	0,54	0,58	0,64	0,69	0,73	0,8
					0,25	0,23	0,24	0,26	0,27	0,28	0,32	0,36	0,39	0,43	0,48	0,53	0,57	0,62	0,67	0,71	0,78
					0,30 0,35	0,22	0,24	0,25	0,27	0,28	0,32	0,35	0,39	0,42	0,47	0,52	0,56	0,61	0,66	0,7	0,77
89	**92**	**94**	**96**	**99**	$\Sigma Q_р$	**89**	**95**	**100**	**106**	**112**	**126**	**134**	**153**	**167**	**187**	**207**	**223**	**243**	**263**	**379**	**307**
					0,15–0,20	0,24	0,25	0,27	0,28	0,3	0,33	0,37	0,41	0,44	0,5	0,55	0,59	0,64	0,7	0,74	0,81
					0,25	0,23	0,25	0,26	0,27	0,29	0,32	0,36	0,4	0,43	0,48	0,53	0,58	0,63	0,68	0,72	0,79
					0,30–0,35	0,23	0,24	0,26	0,27	0,28	0,32	0,36	0,39	0,43	0,48	0,53	0,57	0,62	0,67	0,71	0,78
88	**91**	**93**	**95**	**98**	$\Sigma Q_р$	**91**	**96**	**102**	**108**	**114**	**123**	**142**	**157**	**171**	**190**	**210**	**228**	**248**	**267**	**285**	**313**
					0,15–0,20	0,24	0,26	0,27	0,29	0,3	0,34	0,38	0,41	0,45	0,5	0,56	0,6	0,65	0,71	0,75	0,83
					0,25	0,23	0,25	0,26	0,28	0,29	0,33	0,37	0,4	0,44	0,49	0,54	0,59	0,64	0,69	0,73	0,81
					0,30–0,35	0,23	0,25	0,26	0,28	0,29	0,33	0,36	0,4	0,43	0,49	0,54	0,58	0,63	0,68	0,72	0,8

Продолжение табл 9 8

прибора $Q_{пр}/\varphi$, Вт (при тепловой нагрузке в ккал/ч–см строки таблицы, обозначенные

$Q^*_{пр}/\varphi$ – тепловая нагрузка прибора, ккал/ч																	Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, С			
600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500				
698	756	814	872	930	988	1047	1105	1163	1221	1279	1337	1396	1454	1512	1628	1744				
516	559	602	645	688	731	774	817	860	903	946	989	1032	1075	1118	1204	1290	18	20	22	25
0,76	0,83	0,90	0,96	1,03	1,08	1,15	1,2	1,28	1,35	1,41	1,45	1,54	1,60	1,66	1,79	1,92				
0,76	0,82	0,88	0,94	1,01	1,07	1,13	1,20	1,26	1,32	1,38	1,43	1,51	1,57	1,64	1,76	1,89				
0,73	0,79	0,85	0,91	0,97	1,03	1,09	1,15	1,21	1,27	1,33	1,39	1,45	1,51	1,57	1,70	1,82				
265	**287**	**309**	**331**	**353**	**376**	**363**	**420**	**442**	**464**	**465**	**508**	**530**	**552**	**574**	**618**	**663**	**112**	**114**	**116**	**119**
0,78	0,84	0,91	0,97	1,04	1,10	1,17	1,23	1,30	1,36	1,43	1,49	1,56	1,62	1,69	1,82	1,95				
0,76	0,83	0,89	0,96	1,02	1,08	1,15	1,21	1,27	1,34	1,40	1,47	1,53	1,59	1,66	1,78	1,91				
0,74	0,80	0,86	0,92	0,98	1,04	1,11	1,17	1,23	1,29	1,35	1,41	1,47	1,54	1,60	1,72	1,84				
272	**294**	**317**	**339**	**362**	**385**	**408**	**430**	**453**	**476**	**498**	**521**	**544**	**566**	**590**	**635**	**680**	**111**	**113**	**115**	**118**
0,79	0,85	0,92	0,99	1,05	1,12	1,18	1,25	1,32	1,38	1,45	1,51	1,58	1,64	1,71	1,84	1,97				
0,77	0,84	0,90	0,97	1,03	1,10	1,16	1,23	1,29	1,36	1,42	1,48	1,55	1,61	1,68	1,81	1,94				
0,75	0,81	0,87	0,93	0,99	1,06	1,12	1,18	1,25	1,31	1,37	1,43	1,50	1,56	1,62	1,74	1,87				
279	**302**	**326**	**349**	**372**	**395**	**419**	**442**	**465**	**488**	**512**	**535**	**558**	**581**	**605**	**651**	**698**	**110**	**112**	**114**	**117**
0,80	0,87	0,93	0,99	1,06	1,13	1,20	1,26	1,33	1,40	1,46	1,53	1,60	1,66	1,73	1,86	2,00				
0,79	0,85	0,92	0,98	1,05	1,11	1,18	1,24	1,31	1,37	1,44	1,51	1,57	1,64	1,70	1,83	1,96				
0,76	0,82	0,88	0,95	1,01	1,07	1,14	1,20	1,26	1,33	1,39	1,45	1,52	1,58	1,64	1,77	1,90				
286	**309**	**334**	**357**	**381**	**405**	**429**	**452**	**477**	**500**	**524**	**548**	**572**	**595**	**620**	**667**	**715**	**109**	**111**	**113**	**116**
0,81	**0,88**	**0,94**	**1,01**	**1,08**	**1,15**	**1,21**	**1,28**	**1,35**	**1,41**	**1,48**	**1,55**	**1,62**	**1,68**	**1,75**	**1,87**	**2,02**				
0,80	**0,86**	**0,93**	**0,99**	**1,06**	**1,13**	**1,19**	**1,26**	**1,33**	**1,39**	**1,46**	**1,52**	**1,59**	**1,66**	**1,72**	**1,86**	**1,99**				
0,77	**0,83**	**0,90**	**0,96**	**1,02**	**1,09**	**1,15**	**1,22**	**1,28**	**1,35**	**1,41**	**1,47**	**1,54**	**1,60**	**1,67**	**1,79**	**1,92**				
293	**317**	**342**	**366**	**391**	**415**	**439**	**464**	**488**	**513**	**537**	**562**	**586**	**610**	**635**	**684**	**733**	**108**	**110**	**112**	**115**
0,82	0,89	0,96	1,02	1,09	1,16	1,23	1,30	1,37	1,43	1,50	1,57	1,64	1,71	1,77	1,91	2,05				
0,81	0,87	0,94	1,01	1,08	1,14	1,21	1,28	1,34	1,41	1,48	1,55	1,61	1,68	1,75	1,88	2,02				
0,78	0,85	0,91	0,98	1,04	1,11	1,17	1,24	1,30	1,37	1,43	1,50	1,56	1,63	1,69	1,82	1,95				
300	**324**	**350**	**374**	**400**	**424**	**450**	**474**	**500**	**524**	**560**	**574**	**600**	**624**	**650**	**700**	**750**	**107**	**109**	**111**	**114**
0,83	0,90	0,97	1,04	1,11	1,17	1,24	1,31	1,38	1,45	1,52	1,59	1,66	1,73	1,80	1,93	2,07				
0,80	0,87	0,94	1,00	1,07	1,14	1,21	1,27	1,34	1,41	1,48	1,54	1,61	1,68	1,74	1,85	2,01				
0,79	0,86	0,92	0,99	1,06	1,12	1,19	1,25	1,32	1,39	1,45	1,52	1,59	1,65	1,72	1,85	1,98				
307	**333**	**358**	**384**	**409**	**435**	**460**	**486**	**511**	**537**	**563**	**588**	**614**	**640**	**665**	**716**	**767**	**106**	**108**	**110**	**113**
0,84	0,91	0,98	1,05	1,12	1,19	1,26	1,33	1,40	1,47	1,54	1,61	1,68	1,75	1,82	1,96	2,10				
0,82	0,88	0,95	1,02	1,09	1,16	1,22	1,29	1,36	1,43	1,50	1,57	1,63	1,70	1,77	1,91	2,04				
0,80	0,87	0,94	1,00	1,07	1,14	1,21	1,27	1,34	1,41	1,47	1,54	1,61	1,67	1,74	1,87	2,01				
314	**335**	**366**	**392**	**419**	**444**	**471**	**497**	**523**	**549**	**576**	**601**	**628**	**654**	**680**	**733**	**785**	**105**	**107**	**109**	**112**
0,85	0,92	0,99	1,07	1,14	1,21	1,28	1,35	1,42	1,49	1,56	1,63	1,71	1,78	1,85	1,99	2,13				
0,83	0,90	0,97	1,04	1,10	1,17	1,24	1,31	1,38	1,45	1,52	1,59	1,66	1,73	1,79	1,93	2,07				
0,82	0,88	0,95	1,02	1,09	1,16	1,22	1,29	1,36	1,43	1,50	1,57	1,63	1,70	1,77	1,91	2,04				
321	**348**	**374**	**401**	**428**	**455**	**481**	**508**	**535**	**562**	**588**	**615**	**642**	**669**	**695**	**749**	**802**	**104**	**106**	**108**	**111**
0,86	0,94	1	1,08	1,15	1,22	1,3	1,37	1,44	1,51	1,58	1,66	1,73	1,8	1,87	2,02	2,16				
0,84	0,91	0,98	1,05	1,12	1,19	1,26	1,33	1,4	1,47	1,54	1,61	1,68	1,75	1,82	1,96	2,1				
0,83	0,9	0,97	1,04	1,1	1,17	1,24	1,31	1,38	1,45	1,52	1,59	1,66	1,73	1,79	1,93	2,07				
328	**355**	**383**	**409**	**437**	**464**	**492**	**519**	**547**	**573**	**604**	**628**	**656**	**683**	**710**	**765**	**820**	**103**	**105**	**107**	**110**
0,88	0,95	1,02	1,1	1,17	1,24	1,31	1,39	1,46	1,53	1,61	1,68	1,75	1,83	1,9	2,04	2,19				
0,85	0,92	0,99	1,07	1,14	1,21	1,28	1,35	1,42	1,49	1,56	1,63	1,71	1,78	1,85	1,99	2,13				
0,84	0,91	0,98	1,06	1,12	1,19	1,26	1,33	1,4	1,47	1,54	1,61	1,68	1,75	1,82	1,96	2,1				
335	**303**	**391**	**419**	**446**	**474**	**502**	**530**	**558**	**586**	**614**	**642**	**610**	**698**	**726**	**781**	**837**	**102**	**104**	**106**	**109**
0,89	**0,96**	**1,04**	**1,11**	**1,18**	**1,26**	**1,33**	**1,41**	**1,48**	**1,55**	**1,63**	**1,7**	**1,78**	**1,85**	**1,92**	**2,07**	**2,22**				
0,87	**0,94**	**1,01**	**1,08**	**1,15**	**1,23**	**1,3**	**1,37**	**1,44**	**1,52**	**1,59**	**1,66**	**1,73**	**1,8**	**1,88**	**2,02**	**2,16**				
0,85	**0,93**	**1,0**	**1,07**	**1,14**	**1,21**	**1,28**	**1,35**	**1,42**	**1,5**	**1,57**	**1,64**	**1,71**	**1,78**	**1,85**	**1,99**	**2,14**				
342	**318**	**399**	**427**	**456**	**484**	**513**	**541**	**570**	**598**	**627**	**655**	**684**	**712**	**791**	**798**	**854**	**101**	**103**	**105**	**108**
0,9	0,98	1,05	1,13	1,2	1,28	1,35	1,43	1,5	1,58	1,65	1,73	1,8	1,88	1,95	2,1	2,25				
0,88	0,95	1,03	1,1	1,17	1,25	1,32	1,39	1,47	1,54	1,61	1,68	1,76	1,83	1,9	2,05	2,18				
0 87	0,94	0,01	0,09	1,16	1,23	1,3	1,38	1,45	1,52	1,59	1,67	1,74	1,81	1,88	2,03	2,17				

Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, °С					Показатель степени n	Значения $A_{пр}$, м², при расчетном расходе воды в стояке $G_{ст}$, кг/ч, или тепловой нагрузке $G^*_{ст}$ – расход воды в стояке, кг/ч;													
5	8	10	12	15		160	170	180	190	200	225	250	275	300	335	370	400	435	470	500	550
						$G^*_{ст}$ = 186	198	209	221	223	262	291	320	349	390	430	465	506	547	581	640
						$Q^*_{пр}/\varphi$ = 137	146	155	163	172	193	215	236	258	288	318	344	374	404	430	473
87	**90**	**92**	**94**	**97**	$\Sigma Q_р$	**93**	**99**	**105**	**110**	**116**	**130**	**145**	**159**	**174**	**194**	**215**	**233**	**252**	**273**	**291**	**320**
					0,15–0,35	0,24	0,25	0,27	0,28	0,3	0,33	0,37	0,41	0,45	0,5	0,56	0,6	0,65	0,7	0,75	0,32
86	**89**	**91**	**93**	**96**	$\Sigma Q_р$	**95**	**101**	**107**	**113**	**119**	**134**	**148**	**163**	**178**	**199**	**220**	**237**	**258**	**279**	**296**	**326**
					0,15–0,35	0,24	0,26	0,27	0,29	0,3	0,34	0,38	0,42	0,45	0,51	0,56	0,60	0,66	0,71	0,76	0,83
85	**88**	**90**	**92**	**95**	$\Sigma Q_р$	**96**	**102**	**109**	**115**	**121**	**136**	**151**	**166**	**181**	**202**	**293**	**242**	**262**	**284**	**302**	**333**
					0,15–0,35	0,25	0,26	0,28	0,29	0,31	0,35	0,38	0,42	0,46	0,51	0,57	0,61	0,67	0,72	0,77	0,84
84	**87**	**89**	**91**	**94**	$\Sigma Q_р$	**99**	**105**	**110**	**117**	**123**	**138**	**153**	**170**	**185**	**207**	**228**	**246**	**267**	**289**	**308**	**338**
					0,15–0,35	0,25	0,26	0,28	0,3	0,31	0,35	0,39	0,43	0,47	0,52	0,58	0,62	0,68	0,73	0,78	0,86
83	**86**	**88**	**90**	**93**	$\Sigma Q_р$	**100**	**107**	**113**	**120**	**127**	**141**	**157**	**172**	**188**	**210**	**233**	**251**	**273**	**295**	**314**	**345**
					0,15–0,35	0,25	0,27	0,29	0,3	0,32	0,36	0,4	0,44	0,48	0,53	0,59	0,63	0,69	0,74	0,79	0,87
82	**85**	**87**	**89**	**92**	$\Sigma Q_р$	**102**	**108**	**115**	**121**	**128**	**144**	**159**	**176**	**192**	**214**	**236**	**256**	**278**	**300**	**320**	**351**
					0,15–0,35	0,26	0,27	0,29	0,31	0,32	0,36	0,4	0,44	0,48	0,54	0,6	0,64	0,7	0,76	0,81	0,89
81	**94**	**86**	**88**	**91**	$\Sigma Q_р$	**105**	**110**	**117**	**123**	**130**	**146**	**163**	**184**	**195**	**219**	**241**	**260**	**284**	**306**	**326**	**358**
					0,15–0,35	0,26	0,28	0,29	0,31	0,33	0,37	0,41	0,45	0,49	0,55	0,61	0,66	0,71	0,77	0,82	0,90
80	**83**	**85**	**87**	**90**	$\Sigma Q_р$	**106**	**113**	**119**	**126**	**132**	**149**	**177**	**182**	**199**	**222**	**245**	**265**	**288**	**312**	**331**	**364**
					0,15–0,35	0,27	0,28	0,30	0,32	0,33	0,37	0,42	0,46	0,50	0,56	0,62	0,67	0,72	0,78	0,83	0,92
79	**82**	**84**	**86**	**89**	$\Sigma Q_р$	**108**	**115**	**121**	**128**	**135**	**151**	**169**	**185**	**202**	**226**	**250**	**270**	**293**	**317**	**337**	**371**
					0,15–0,35	0,27	0,29	0,30	0,32	0,34	0,38	0,42	0,46	0,51	0,57	0,62	0,68	0,73	0,79	0,84	0,93
78	**81**	**83**	**85**	**88**	$\Sigma Q_р$	**109**	**116**	**123**	**130**	**137**	**157**	**171**	**188**	**206**	**230**	**253**	**274**	**299**	**322**	**343**	**377**
					0,15–0,35	0,28	0,29	0,31	0,33	0,34	0,39	0,43	0,47	0,52	0,58	0,64	0,59	0,75	0,81	0,86	0,95
77	**80**	**82**	**84**	**87**	$\Sigma Q_р$	**112**	**119**	**126**	**132**	**139**	**157**	**174**	**192**	**209**	**234**	**258**	**279**	**303**	**328**	**349**	**384**
					0,15–0,35	0,28	0,30	0,32	0,33	0,35	0,39	0,44	0,48	0,53	0,59	0,65	0,70	0,76	0,82	0,88	0,97
76	**79**	**81**	**83**	**86**	$\Sigma Q_р$	**114**	**121**	**128**	**135**	**142**	**159**	**177**	**195**	**213**	**237**	**263**	**283**	**308**	**334**	**355**	**390**
					0,15–0,35	0,29	0,30	0,32	0,34	0,36	0,40	0,45	0,49	0,53	0,60	0,66	0,71	0,78	0,84	0,89	0,98
75	**78**	**80**	**82**	**85**	$\Sigma Q_р$	**115**	**122**	**130**	**137**	**144**	**162**	**180**	**198**	**216**	**242**	**266**	**288**	**314**	**338**	**360**	**396**
					0,15–0,35	0,29	0,31	0,33	0,35	0,36	0,41	0,45	0,50	0,55	0,61	0,67	0,73	0,79	0,85	0,91	1,0
74	**77**	**79**	**81**	**84**	$\Sigma Q_р$	**117**	**124**	**131**	**139**	**146**	**165**	**182**	**201**	**220**	**245**	**271**	**293**	**319**	**344**	**366**	**402**
					0,15–0,35	0,30	0,31	0,33	0,35	0,37	0,42	0,46	0,51	0,55	0,62	0,68	0,74	0,80	0,87	0,92	1,02
73	**76**	**78**	**80**	**83**	$\Sigma Q_р$	**119**	**127**	**134**	**142**	**149**	**167**	**186**	**205**	**223**	**249**	**276**	**298**	**323**	**350**	**372**	**409**
					0,15–0,35	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,42	0,47	0,57	0,57	0,63	0,70	0,75	0,82	0,89	0,94	1,04
72	**75**	**77**	**79**	**82**	$\Sigma Q_р$	**121**	**128**	**136**	**143**	**151**	**170**	**188**	**208**	**227**	**253**	**279**	**302**	**329**	**355**	**378**	**415**
					0,15–0,35	0,31	0,33	0,35	0,36	0,38	0,43	0,48	0,53	0,58	0,64	0,71	0,77	0,83	0,90	0,96	1,06
71	**74**	**76**	**78**	**81**	$\Sigma Q_р$	**123**	**130**	**138**	**145**	**153**	**172**	**192**	**210**	**230**	**257**	**284**	**307**	**334**	**360**	**384**	**422**
					0,15–0,35	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,44	0,49	0,54	0,59	0,66	0,72	0,78	0,85	0,92	0,98	1,08
70	**73**	**75**	**77**	**80**	$\Sigma Q_р$	**125**	**132**	**141**	**148**	**156**	**176**	**194**	**214**	**234**	**260**	**288**	**312**	**338**	**366**	**390**	**428**
					0,15–0,35	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,67	0,74	0,80	0,87	0,94	1,00	1,10
69	**72**	**74**	**76**	**79**	$\Sigma Q_р$	**127**	**135**	**142**	**150**	**158**	**178**	**198**	**217**	**237**	**265**	**293**	**316**	**344**	**372**	**395**	**435**
					0,15–0,35	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,46	0,51	0,56	0,61	0,68	0,75	0,82	0,89	0,96	1,02	1,12
68	**71**	**73**	**75**	**78**	$\Sigma Q_р$	**128**	**136**	**144**	**152**	**160**	**180**	**200**	**221**	**241**	**268**	**296**	**321**	**349**	**377**	**401**	**441**
					0,15–0,35	0,33	0,35	0,37	0,39	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,70	0,77	0,83	0,90	0,98	1,04	1,14
67	**70**	**72**	**74**	**77**	$\Sigma Q_р$	**130**	**138**	**146**	**155**	**163**	**182**	**203**	**223**	**244**	**272**	**301**	**326**	**353**	**383**	**407**	**448**
					0,15–0,35	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,48	0,53	0,58	0,64	0,71	0,78	0,85	0,92	1,00	1,06	1,16
66	**69**	**71**	**73**	**76**	$\Sigma Q_р$	**132**	**141**	**149**	**157**	**165**	**186**	**206**	**227**	**248**	**277**	**306**	**330**	**359**	**388**	**413**	**453**
					0,15–0,35	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,49	0,54	0,60	0,65	0,73	0,80	0,87	0,94	1,02	1,08	1,19
65	**68**	**70**	**72**	**75**	$\Sigma Q_р$	**134**	**142**	**151**	**159**	**167**	**188**	**209**	**230**	**251**	**280**	**309**	**335**	**364**	**393**	**419**	**460**
					0,15–0,35	0,35	0,38	0,40	0,42	0,44	0,50	0,55	0,61	0,66	0,74	0,82	0,88	0,96	1,04	1,11	1,22
64	**67**	**69**	**71**	**74**	$\Sigma Q_р$	**136**	**144**	**152**	**162**	**170**	**191**	**212**	**272**	**255**	**284**	**314**	**339**	**369**	**399**	**424**	**467**
					0,15–0,35	0,36	0,38	0,41	0,43	0,45	0,51	0,56	0,62	0,68	0,76	0,84	0,9	0,98	1,06	1,13	1,24
63	**66**	**68**	**70**	**73**	$\Sigma Q_р$	**137**	**146**	**155**	**164**	**172**	**193**	**215**	**236**	**258**	**288**	**319**	**344**	**374**	**405**	**430**	**473**
					0,15–0,35	0,37	0,39	0,41	0,44	0,46	0,52	0,58	0,63	0,69	0,77	0,85	0,92	1,00	1,08	1,15	1,27
62	**65**	**67**	**69**	**72**	$\Sigma Q_р$	**139**	**148**	**157**	**165**	**174**	**196**	**217**	**239**	**262**	**292**	**322**	**349**	**379**	**409**	**436**	**479**

Продолжение табл 9 8

прибора $Q_{пр}/\varphi$, Вт (при тепловой нагрузке в ккал/ч см строки таблицы, обозначенные

$Q^*_{пр}/\varphi$ – тепловая нагрузка прибора, ккал/ч

600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500	Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, С			
698	756	814	872	930	988	1047	1105	1163	1221	1279	1337	1396	1454	1512	1628	1744				
516	559	602	645	688	731	774	817	860	903	946	989	1032	1075	1118	1204	1290	18	20	22	25
349	**378**	**407**	**436**	**465**	**494**	**523**	**552**	**581**	**610**	**640**	**669**	**698**	**727**	**756**	**814**	**872**	**100**	**102**	**104**	**107**
0,89	0,97	1,04	1,12	1,19	1,26	1,34	1,4	1,49	1,56	1,64	1,71	1,79	1,86	1,93	2,08	2,23				
356	**385**	**412**	**444**	**474**	**503**	**534**	**562**	**593**	**622**	**652**	**681**	**712**	**741**	**771**	**830**	**890**	**99**	**101**	**103**	**106**
0,91	0,98	1,06	1,13	1,21	1,28	1,36	1,44	1,52	1,59	1,66	1,74	1,81	1,89	1,96	2,12	2,27				
363	**393**	**423**	**453**	**484**	**514**	**544**	**574**	**604**	**635**	**665**	**695**	**725**	**756**	**786**	**847**	**907**	**98**	**100**	**102**	**105**
0,92	**1,00**	**1,07**	**1,15**	**1,23**	**1,30**	**1,38**	**1,46**	**1,55**	**1,61**	**1,69**	**1,77**	**1,84**	**1,92**	**2,00**	**2,15**	**2,30**				
370	**400**	**431**	**462**	**493**	**523**	**555**	**584**	**616**	**647**	**678**	**708**	**740**	**770**	**801**	**863**	**924**	**97**	**99**	**101**	**104**
0,93	1,01	1,09	1,17	1,25	1,32	1,4	1,48	1,57	1,64	1,71	1,79	1,87	1,95	2,03	2,18	2,34				
377	**408**	**437**	**471**	**502**	**529**	**565**	**597**	**628**	**659**	**691**	**722**	**754**	**785**	**816**	**879**	**942**	**96**	**98**	**100**	**103**
0,95	1,03	1,11	1,19	1,27	1,35	1,43	1,5	1,6	1,66	1,74	1,82	1,9	1,98	2,06	2,22	2,38				
384	**415**	**447**	**479**	**511**	**543**	**575**	**607**	**640**	**671**	**704**	**755**	**767**	**792**	**831**	**895**	**959**	**95**	**97**	**99**	**102**
0,97	1,05	1,13	1,21	1,29	1,37	1,45	1,53	1,62	1,69	1,77	1,85	1,93	2,01	2,09	2,25	2,42				
391	**423**	**456**	**488**	**521**	**553**	**586**	**619**	**651**	**684**	**716**	**749**	**781**	**814**	**847**	**912**	**977**	**94**	**96**	**98**	**101**
0,98	1,06	1,15	1,23	1,31	1,39	1,47	1,56	1,64	1,72	1,80	1,88	1,97	2,05	2,13	2,29	2,46				
398	**430**	**464**	**497**	**530**	**563**	**597**	**629**	**663**	**695**	**729**	**762**	**795**	**818**	**862**	**928**	**994**	**93**	**95**	**97**	**100**
1,00	1,08	1,17	1,25	1,33	1,42	1,50	1,58	1,67	1,75	1,83	1,92	2,00	2,08	2,17	2,33	2,50				
404	**438**	**472**	**506**	**540**	**573**	**607**	**641**	**674**	**708**	**742**	**776**	**809**	**813**	**877**	**944**	**1012**	**92**	**94**	**96**	**99**
1,01	1,10	1,18	1,27	1,35	1,44	1,52	1,60	1,69	1,77	1,86	1,94	2,03	2,11	2,20	2,36	2,53				
412	**445**	**480**	**514**	**549**	**583**	**617**	**651**	**686**	**720**	**755**	**788**	**823**	**857**	**892**	**960**	**1029**	**91**	**93**	**95**	**98**
1,03	1,12	1,21	1,29	1,38	1,46	1,55	1,64	1,72	1,81	1,90	1,98	2,07	2,15	2,24	2,41	2,58				
419	**453**	**488**	**523**	**558**	**593**	**628**	**663**	**698**	**733**	**767**	**802**	**837**	**872**	**907**	**977**	**1047**	**90**	**92**	**94**	**97**
1,05	1,14	1,23	1,32	1,40	1,49	1,58	1,67	1,76	1,84	1,93	2,02	2,11	2,19	2,28	2,46	2,63				
426	**460**	**496**	**531**	**567**	**602**	**638**	**673**	**709**	**744**	**780**	**815**	**851**	**886**	**922**	**993**	**1067**	**89**	**91**	**93**	**96**
1,07	**1,16**	**1,25**	**1,34**	**1,43**	**1,52**	**1,60**	**1,69**	**1,78**	**1,87**	**1,96**	**2,05**	**2,14**	**2,23**	**2,32**	**2,50**	**2,67**				
433	**467**	**505**	**541**	**577**	**613**	**647**	**685**	**721**	**757**	**793**	**829**	**865**	**901**	**937**	**1008**	**1081**	**88**	**90**	**92**	**95**
1,09	1,18	1,27	1,36	1,45	1,54	1,64	1,73	1,82	1,91	2,00	2,09	2,18	2,27	2,36	2,54	2,73				
440	**476**	**513**	**549**	**686**	**622**	**659**	**695**	**733**	**768**	**806**	**842**	**879**	**914**	**952**	**1026**	**1099**	**87**	**89**	**91**	**94**
1,11	1,20	1,29	1,39	1,48	1,57	1,66	1,76	1,85	1,94	2,03	2,13	2,22	2,31	2,40	2,59	2,77				
446	**484**	**521**	**558**	**595**	**633**	**670**	**707**	**744**	**781**	**819**	**856**	**893**	**930**	**968**	**1042**	**1116**	**86**	**88**	**90**	**93**
1,13	1,23	1,32	1,41	1,51	1,60	1,70	1,79	1,89	1,98	2,07	2,17	2,26	2,36	2,45	2,64	2,83				
453	**491**	**529**	**566**	**605**	**642**	**680**	**717**	**756**	**793**	**831**	**869**	**907**	**944**	**983**	**1058**	**1134**	**85**	**87**	**89**	**92**
1,15	1,25	1,34	1,44	1,54	1,63	1,82	1,82	1,92	2,01	2,11	2,21	2,30	2,40	2,49	2,69	2,88				
460	**499**	**537**	**576**	**614**	**652**	**691**	**720**	**767**	**806**	**844**	**883**	**921**	**959**	**998**	**1075**	**1151**	**84**	**86**	**88**	**91**
1,18	1,27	1,37	1,47	1,57	1,67	1,76	1,86	1,96	2,06	2,15	2,25	2,35	2,45	2,55	2,74	2,94				
467	**506**	**545**	**584**	**623**	**662**	**701**	**740**	**779**	**817**	**857**	**895**	**935**	**973**	**1013**	**1091**	**1169**	**83**	**85**	**87**	**90**
1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,09	2,19	2,29	2,39	2,49	2,59	2,79	2,99				
474	**514**	**551**	**593**	**633**	**672**	**712**	**751**	**791**	**830**	**870**	**909**	**949**	**988**	**1028**	**1107**	**1186**	**82**	**84**	**86**	**89**
1,22	1,32	1,43	1,53	1,63	1,73	1,83	1,94	2,04	2,14	2,24	2,34	2,45	2,55	2,65	2,85	3,06				
481	**521**	**562**	**601**	**642**	**681**	**722**	**762**	**802**	**842**	**833**	**922**	**963**	**1002**	**1043**	**1123**	**1209**	**81**	**83**	**85**	**88**
1,25	1,35	1,45	1,56	1,65	1,77	1,87	1,97	2,08	2,18	2,28	2,39	2,49	2,60	2,70	2,91	3,12				
488	**529**	**570**	**610**	**651**	**692**	**733**	**773**	**814**	**855**	**895**	**936**	**977**	**1018**	**1058**	**1140**	**1220**	**80**	**82**	**84**	**87**
1,27	1,38	1,48	1,59	1,69	1,80	1,91	2,01	2,12	2,22	2,33	2,44	2,54	2,65	2,75	2,97	3,18				
495	**536**	**578**	**619**	**660**	**701**	**743**	**784**	**826**	**866**	**908**	**949**	**991**	**1031**	**1073**	**1156**	**1238**	**79**	**81**	**83**	**86**
1,30	1,41	1,52	1,62	1,73	1,84	1,94	2,06	2,17	2,27	2,38	2,49	2,60	2,71	2,82	3,03	3,25				
502	**544**	**586**	**628**	**670**	**712**	**754**	**795**	**837**	**879**	**921**	**963**	**1005**	**1047**	**1088**	**1172**	**1256**	**78**	**80**	**82**	**85**
1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88	1,99	2,10	2,21	2,32	2,43	2,54	2,65	2,76	2,87	3,09	3,32				
509	**551**	**594**	**636**	**679**	**721**	**764**	**806**	**849**	**891**	**934**	**976**	**1019**	**1061**	**1104**	**1188**	**1273**	**77**	**79**	**81**	**84**
1,35	1,47	1,58	1,69	1,81	1,92	2,03	2,14	2,26	2,37	2,48	2,6	2,71	2,82	2,93	3,16	3,39				
516	**559**	**602**	**645**	**688**	**731**	**774**	**817**	**861**	**897**	**947**	**990**	**1033**	**1076**	**1119**	**1205**	**1291**	**76**	**78**	**80**	**83**
1,38	1,50	1,61	1,73	1,84	1,96	2,07	2,19	2,31	2,42	2,54	2,65	2,77	2,88	3,00	3,23	3,46				
523	**566**	**610**	**654**	**698**	**741**	**785**	**828**	**872**	**915**	**995**	**1002**	**1046**	**1090**	**1134**	**1221**	**1308**	**75**	**77**	**79**	**82**

Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, °С					Показатель степени n	Значения $A_{пр}$, м², при расчетном расходе воды в стояке $G_{ст}$, кг/ч, или тепловой нагрузке $G^*_{ст}$ – расход воды в стояке, кг/ч,													
5	8	10	12	15		160	170	180	190	200	225	250	275	300	335	370	400	435	470	500	550
						$G^*_{ст}$ = 186	198	209	221	223	262	291	320	349	390	430	465	506	547	581	640
						$Q^*_{пр}/\varphi$ = 137	146	155	163	172	193	215	236	258	288	318	344	374	404	430	473
					0,15–0,35	0,38	0,40	0,43	0 45	0,47	0,53	0,59	0,65	0,71	0,79	0,87	0,94	1,03	1,11	1,18	1 ,30
61	**64**	**66**	**68**	**71**	$\Sigma Q_р$	**142**	**150**	**159**	**167**	**168**	**199**	**221**	**243**	**265**	**296**	**327**	**353**	**385**	**415**	**442**	**486**
					0,15 0,35	0,39	0,41	0,43	0,46	0,48	0,54	0,60	0,66	0,72	0,81	0,89	0,97	1,05	1,14	1,21	1,33
60	**63**	**65**	**67**	**70**	$\Sigma Q_р$	**143**	**152**	**162**	**170**	**179**	**201**	**223**	**246**	**269**	**300**	**331**	**358**	**413**	**421**	**448**	**492**
					0,15 0,35	0,40	0,42	0,44	0,47	0,49	0,56	0,62	0,68	0,74	0,83	0,91	0,99	1,07	1,16	1,24	1,36
59	**62**	**64**	**66**	**69**	$\Sigma Q_р$	**145**	**155**	**163**	**172**	**181**	**203**	**227**	**249**	**272**	**303**	**336**	**363**	**394**	**427**	**453**	**499**
					0,15–0,35	0,40	0,43	0,46	0,48	0,51	0,57	0,63	0,70	0,76	0,85	0,94	1,01	1,10	1,19	1,26	1,39
58	**61**	**63**	**65**	**68**	$\Sigma Q_р$	**146**	**156**	**165**	**174**	**184**	**207**	**229**	**252**	**276**	**308**	**339**	**367**	**400**	**431**	**459**	**505**
					0,15–**0,20**	**0,41**	**0,44**	**0,46**	**0,49**	**0,51**	**0,58**	**0,64**	**0,70**	**0,77**	**0,86**	**0,95**	**1,02**	**1,11**	**1,20**	**1,28**	**1,41**
					0,25	0,41	0,44	0,47	0,49	0,52	0,58	0,65	0,71	0,78	0,87	0,96	1,04	1,13	1,22	1,29	1,42
					0,30 0,35	0,42	0,45	0,48	0,50	0,53	0,60	0,66	0,73	0,79	0,89	0,98	1,06	1,15	1,24	1,32	1,45
57	**60**	**62**	**64**	**67**	$\Sigma Q_р$	**149**	**158**	**167**	**177**	**186**	**209**	**233**	**256**	**279**	**312**	**344**	**372**	**405**	**437**	**465**	**512**
					0,15–0,20	0,42	0,45	0,47	0,50	0,52	0,59	0,66	0,72	0,79	0,88	0,97	1,05	1,14	1,23	1,31	1,44
					0,25	0,42	0,45	0,48	0,50	0,53	0,60	0,66	0,73	0,80	0,89	0,98	1,06	1,15	1,25	1,33	1,46
					0,30 0,35	0,43	0,46	0,49	0,52	0,54	0,61	0,68	0,75	0,81	0,91	1,0	1,08	1,18	1,27	1,36	1,49
56	**59**	**61**	**63**	**66**	$\Sigma Q_р$	**150**	**160**	**170**	**181**	**188**	**212**	**235**	**259**	**283**	**315**	**349**	**377**	**409**	**443**	**471**	**517**
					0,15–0,20	0,43	0,46	0,48	0,51	0,54	0,60	0,67	0,74	0,81	0,90	0,99	1,07	1,17	1,26	1,34	1,48
					0,25	0,44	0,46	0,49	0,52	0,54	0,61	0,68	0,75	0,82	0,91	1,01	1,09	1,18	1,28	1,36	1,50
					0,30–0,35	0,45	0,47	0,50	0,53	0,56	0,63	0,70	0,77	0,84	0,94	1,03	1,12	1,21	1,31	1,40	1,54
55	**58**	**60**	**62**	**65**	$\Sigma Q_р$	**152**	**162**	**172**	**181**	**191**	**214**	**238**	**262**	**286**	**320**	**352**	**381**	**415**	**448**	**477**	**524**
					0,15–0,20	0,44	0,47	0,49	0,52	0,55	0,62	0,69	0,76	0,82	0,92	1,02	1,10	1,19	1,29	1,37	1,51
					0,25	0,45	0,47	0,50	0,53	0,56	0,63	0,70	0,77	0,84	0,94	1,03	1,12	1,21	1,31	1,40	1,54
					0,30 0,35	0,46	0,49	0,52	0,54	0,57	0,64	0,72	0,79	0,86	0,96	1,06	1,15	1,25	1,35	1,43	1,58
54	**57**	**59**	**61**	**64**	$\Sigma Q_р$	**155**	**164**	**173**	**184**	**193**	**217**	**241**	**265**	**289**	**323**	**357**	**386**	**420**	**453**	**483**	**530**
					0,15 0,20	0,45	0,48	0,51	0,54	0,56	0,63	0,70	0,78	0,85	0,94	1,04	1,13	1,23	1,32	1,41	1,55
					0,25	0,46	0,49	0,51	0,54	0,57	0,64	0,71	0,79	0,86	0,96	1,06	1,14	1,24	1,34	1,43	1,57
					0,30–0,35	0,47	0,50	0,53	0,56	0,59	0,66	0,74	0,81	0,88	0,99	1,09	1,18	1,28	1,38	1,47	1,62
53	**56**	**58**	**60**	**63**	$\Sigma Q_р$	**156**	**166**	**176**	**186**	**195**	**220**	**244**	**269**	**293**	**327**	**362**	**391**	**424**	**459**	**488**	**537**
					0,15 0,20	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,65	0,72	0,80	0,87	0,97	1,07	1,16	1,26	1,36	1,44	1,59
					0,25	0,47	0,50	0,53	0,56	0,59	0,66	0,73	0,81	0,88	0,98	1,09	1,17	1,28	1,38	1,47	1,61
					0,30 0,35	0,48	0,51	0,55	0,58	0,61	0,68	0,76	0,83	0,91	1,01	1,12	1,21	1,32	1,42	1,51	1,67
52	**55**	**57**	**59**	**62**	$\Sigma Q_р$	**158**	**167**	**178**	**187**	**198**	**222**	**246**	**272**	**296**	**331**	**365**	**395**	**430**	**464**	**494**	**543**
					0,15 **0,20**	**0,47**	**0,50**	**0,53**	**0,56**	**0,59**	**0,67**	**0,74**	**0,82**	**0,89**	**0,99**	**1,10**	**1,19**	**1,29**	**1,39**	**1,48**	**1,63**
					0,25	**0,48**	**0,51**	**0,54**	**0,57**	**0,60**	**0,68**	**0,75**	**0,83**	**0,91**	**1,01**	**1,12**	**1,21**	**1,31**	**1,42**	**1,51**	**1,66**
					0,30–0,35	**0,50**	**0,53**	**0,56**	**0,59**	**0,62**	**0,70**	**0,78**	**0,86**	**0,93**	**1,04**	**1,15**	**1,25**	**1,36**	**1,46**	**1,56**	**1,71**
51	**54**	**56**	**58**	**61**	$\Sigma Q_р$	**160**	**170**	**180**	**189**	**200**	**224**	**250**	**274**	**300**	**335**	**370**	**400**	**435**	**470**	**500**	**550**
					0,15–0,20	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,69	0,76	0,84	0,91	1,02	1,13	1,22	1,33	1,43	1,52	1,68
					0,25	0,50	0,53	0,56	0,59	0,62	0,70	0,78	0,85	0,93	1,04	1,15	1,24	1,35	1,46	1,55	1,71
					0,30–0,35	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,72	0,81	0,89	0,97	1,08	1,19	1,29	1,40	1,51	1,61	1,77
50	**53**	**55**	**57**	**60**	$\Sigma Q_р$	**162**	**172**	**182**	**191**	**202**	**228**	**252**	**278**	**303**	**338**	**374**	**404**	**439**	**476**	**506**	**556**
					0,15–0,20	0,50	0,53	0,56	0,59	0,63	0,70	0,78	0,86	0,94	1,05	1,16	1,25	1,36	1,47	1,56	1,72
					0,25	0,51	0,54	0,57	0,61	0,64	0,72	0,80	0,88	0,96	1,07	1,18	1,27	1,39	1,50	1,59	1,75
					0,30–0,35	0,53	0,56	0,60	0,63	0,66	0,75	0,83	0,91	1,0	1,11	1,23	1,33	1,44	1,56	1,66	1,83
49	**52**	**54**	**56**	**59**	$\Sigma Q_р$	**164**	**174**	**184**	**194**	**205**	**230**	**256**	**281**	**307**	**343**	**379**	**409**	**445**	**481**	**511**	**563**
					0,15	0,50	0,53	0,56	0,59	0,63	0,70	0,78	0,86	0,94	1,05	1,16	1,25	1,36	1,47	1,57	1,72
					0,20–0,25	0,53	0,56	0,59	0,62	0,66	0,74	0,82	0,90	0,98	1,10	1,21	1,31	1,43	1,54	1,64	1,81
					0,30 0,35	0,55	0,58	0,61	0,65	0,68	0,77	0,85	0,94	1,02	1,14	1,26	1,36	1,48	1,60	1,71	1,88
48	**51**	**53**	**55**	**58**	$\Sigma Q_р$	**165**	**176**	**186**	**196**	**207**	**232**	**258**	**285**	**310**	**346**	**383**	**414**	**450**	**486**	**517**	**569**
					0,15	0,52	0,55	0,58	0,61	0,65	0,73	0,81	0,89	0,97	1,08	1,20	1,29	1,41	1,52	1,62	1,78
					0,20–0,25	0,54	0,58	0,61	0,64	0,68	0,76	0,85	0,93	1,02	1,13	1,25	1,35	1,47	1,59	1,69	1,86
					0,30 0,35	0,56	0,60	0,63	0,67	0,70	0,79	0,88	0,97	1,06	1,18	1,30	1,41	1,53	1,66	1,76	1,94

Продолжение табл. 9.8

прибора $Q_{пр}/\varphi$, Вт (при тепловой нагрузке в ккал/ч – см. строки таблицы, обозначенные

$Q^*_{пр}/\varphi$ тепловая нагрузка прибора, ккал/ч																	Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, С			
600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500				
698	756	814	872	930	988	1047	1105	1163	1221	1279	1337	1396	1454	1512	1628	1744				
516	559	602	645	688	731	774	817	860	903	946	989	1032	1075	1118	1204	1290	18	20	22	25
1,42	1,54	1,65	1,77	1,89	2,01	2,13	2,24	2,36	2,48	2,60	2,72	2,93	2,95	3,07	3,31	3,54				
530	**574**	**619**	**663**	**707**	**751**	**795**	**840**	**884**	**928**	**972**	**1016**	**1061**	**1105**	**1149**	**1237**	**1326**	**74**	**76**	**78**	**81**
1,45	1,57	1,69	1,81	1,93	2,05	2,17	2,29	2,42	2,54	2,66	2,78	2,90	3,02	3,14	3,38	3,62				
537	**581**	**627**	**671**	**716**	**761**	**806**	**850**	**895**	**940**	**985**	**1029**	**1075**	**1119**	**1164**	**1254**	**1343**	**73**	**75**	**77**	**80**
1,48	1,61	1,73	1,85	1,98	2,10	2,22	2,35	2,47	2,59	2,72	2,84	2,97	3,09	3,21	3,46	3,71				
544	**590**	**635**	**680**	**726**	**771**	**816**	**862**	**907**	**952**	**998**	**1043**	**1088**	**1134**	**1179**	**1270**	**1361**	**72**	**74**	**76**	**79**
1,52	1,64	1,77	1,90	2,02	2,15	2,28	2,40	2,53	2,66	2,78	2,91	3,03	3,16	3,29	3,54	3,79				
551	**597**	**643**	**688**	**795**	**786**	**827**	**872**	**919**	**964**	**1011**	**1056**	**1102**	**1148**	**1194**	**1286**	**1378**	**71**	**73**	**75**	**78**
1,54	1,66	1,79	1,92	2,05	2,18	2,30	2,43	2,56	2,69	2,81	2,94	3,07	3,20	3,33	3,58	3,84				
1,55	1,68	1,81	1,94	2,07	2,20	2,33	2,46	2,59	2,72	2,85	2,98	3,11	3,24	3,37	3,62	3,88				
1,59	1,72	1,85	1,98	2,12	2,25	2,38	2,51	2,65	2,78	2,91	3,04	3,17	3,31	3,44	3,70	3,97				
558	**605**	**651**	**648**	**744**	**791**	**837**	**884**	**930**	**997**	**1023**	**1070**	**1116**	**1163**	**1209**	**1302**	**1396**	**70**	**72**	**74**	**77**
1,57	1,70	1,83	1,97	2,10	2,23	2,36	2,49	2,62	2,75	2,88	3,01	3,15	3,28	3,41	3,67	3,93				
1,59	1,73	1,86	1,99	2,12	2,26	2,39	2,52	2,65	2,79	2,92	3,05	3,18	3,32	3,45	3,72	3,98				
1,63	1,76	1,90	2,03	2,17	2,31	2,44	2,58	2,71	2,85	2,98	3 12	3,25	3,39	3,53	3,80	4,07				
565	**612**	**639**	**706**	**754**	**800**	**848**	**891**	**942**	**988**	**1036**	**1083**	**1130**	**1177**	**1225**	**1319**	**1413**	**69**	**71**	**73**	**76**
1,61	1,75	1,88	2,02	2,15	2,28	2,42	2,55	2,69	2,82	2,96	3,09	3,22	3,36	3,49	3,76	4,03				
1,63	1,77	1,90	2,04	2,18	2,31	2,45	2,58	2,72	2,86	2,99	3,13	3,27	3,40	3,54	3,81	4,08				
1,68	1,81	1,95	2,09	2,23	2,37	2,51	2,65	2,79	2,93	3,07	3,21	3,35	3,49	3,63	3,91	4,19				
572	**620**	**667**	**715**	**763**	**811**	**858**	**906**	**954**	**1001**	**1049**	**1097**	**1144**	**1192**	**1240**	**1335**	**1430**	**68**	**70**	**72**	**75**
1,65	1,79	1,92	2,06	2,20	2,33	2,47	2,61	2,75	2,88	3,02	3,16	3,30	3,43	3,57	3,85	4,12				
1,68	1,81	1,95	2.09	2,23	2,37	2,51	2,65	2,79	2,93	3,07	3,21	3,35	3,49	3,63	3,91	4,19				
1,72	1,86	2,01	2,15	2,29	2,44	2,58	2,72	2,87	3,01	3,15	3,30	3,44	3,58	3,73	4,01	4,30				
579	**627**	**676**	**723**	**772**	**820**	**869**	**916**	**965**	**1012**	**1061**	**1109**	**1158**	**1206**	**1255**	**1351**	**1448**	**67**	**69**	**71**	**74**
1,69	1,83	1,97	2,11	2,26	2,40	2,54	2,68	2,82	2,96	3,10	3,24	3,38	3,52	3,66	3,95	4,23				
1,71	1,86	2,0	2,14	2,28	2,43	2,57	2,71	2,86	3,0	3,14	3,28	3,43	3,57	3,71	4,0	4,28				
1,77	1,91	2,06	2,21	2,36	2,50	2,65	2,80	2,94	3,09	3,24	3,39	3,53	3,63	3,83	4,12	4,42				
586	**635**	**684**	**733**	**781**	**830**	**879**	**928**	**977**	**1026**	**1074**	**1122**	**1172**	**1221**	**1270**	**1368**	**1465**	**66**	**68**	**70**	**73**
1,74	1,88	2,03	2,17	2,32	2,46	2,61	2,75	2,90	3,04	3,18	3,33	3,47	3,62	3,76	4,05	4,34				
1,76	1,91	2,05	2,20	2,35	2,49	2,64	2,79	2,94	3,08	3,23	3,38	3,52	3,67	3,82	4,11	4,40				
1,82	1,97	2,12	2,27	2,42	2,57	2,73	2,88	3,03	3,18	3,33	3,48	3,63	3,79	3,94	4,24	4,54				
593	**642**	**692**	**741**	**791**	**840**	**890**	**938**	**988**	**1037**	**1110**	**1136**	**1186**	**1235**	**1285**	**1384**	**1483**	**65**	**67**	**69**	**72**
1,78	1,93	2,08	2,22	2,37	2,52	2,67	2,82	2,97	3,11	3,26	3,41	3,56	3,71	3,85	4,15	4,45				
1,81	1,96	2,11	2,26	2,41	2,56	2,72	2,87	3,02	3,17	3,32	3,47	3,62	3,77	3,92	4,22	4,53				
1,87	2,02	2,18	2,34	2,49	2,65	2,80	2,96	3,12	3,27	3,43	3,58	3,74	3,89	4,05	4,36	4,67				
600	**650**	**700**	**750**	**800**	**850**	**900**	**950**	**1000**	**1050**	**1100**	**1150**	**1200**	**1250**	**1310**	**1400**	**1500**	**64**	**66**	**68**	**71**
1,83	1,98	2,13	2,29	2,44	2,59	2,74	2,90	3,05	3,20	3,35	3,51	3,66	3,81	3,96	4,27	4,57				
1,86	2,02	2,17	2,33	2,48	2,64	2,79	2,95	3,10	3,26	3,41	3,57	3,72	3,88	4,04	4,35	4,66				
1,93	2,09	2,25	2,42	2,58	2,74	2,90	3,05	3,22	3,38	3,54	3,70	3,86	4,03	4,19	4,51	4,83				
607	**657**	**708**	**758**	**809**	**859**	**911**	**961**	**1012**	**1062**	**1113**	**1163**	**1214**	**1264**	**1315**	**1416**	**1517**	**63**	**65**	**67**	**70**
1,88	2,03	2,19	2,35	2,50	2,66	2,81	2,97	3,13	3,28	3,44	3,60	3,75	3,91	4,07	4,38	4,69				
1,91	2,07	2,23	2,39	2,55	2,71	2,87	3,03	3,19	3,34	3,50	3,66	3,82	3,98	4,14	4,46	4,78				
1,99	2,16	2,32	2,49	2,66	2,82	2,99	3,15	3,32	3,49	3,65	3,82	3,98	4,15	4,32	4,65	4,98				
614	**665**	**716**	**765**	**819**	**870**	**921**	**972**	**1023**	**1075**	**1126**	**1177**	**1228**	**1279**	**1330**	**1433**	**1535**	**62**	**64**	**66**	**69**
1,88	2,03	2,19	2,35	2,25	2,66	2,82	2,97	3,13	3,29	3,44	3,60	3,76	3,91	4,07	4,38	4,70				
1,97	2,13	2,30	2,46	2,63	2,79	2,95	3,12	3,28	3,45	3,61	3,77	3,94	4,10	4,27	4,59	4,92				
2,05	2,22	2,39	2,56	2,73	2,90	3,07	3,24	3,41	3,58	3,75	3,92	4,09	4,27	4,44	4,78	5,12				
621	**672**	**724**	**776**	**828**	**879**	**931**	**983**	**1035**	**1086**	**1138**	**1190**	**1242**	**1393**	**1345**	**1449**	**1553**	**61**	**63**	**65**	**68**
1,94	2,10	2,26	2,42	2,59	2,75	2,91	3,07	3,23	3,39	3,56	3,72	3,88	4,04	4,20	4,53	4,85				
2,03	2,20	2,37	2,54	2,71	2,88	3,05	3,22	3,39	3,55	3,72	3,89	4,06	4,23	4,40	4,74	5,08				
2,11	2,29	2,47	2,64	2,82	3,10	3,17	3,35	3,52	3,70	3,88	4,05	4,23	4,41	4,58	4,93	5,29				

Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, °С					Показатель степени n	Значения $A_{пр}$, м², при расчетном расходе воды в стояке $G_{ст}$, кг/ч, или тепловой нагрузке $G^*_{ст}$ – расход воды в стояке, кг/ч;													
5	8	10	12	15		160	170	180	190	200	225	250	275	300	335	370	400	435	470	500	550
						$G^*_{ст} = 186$	198	209	221	223	262	291	320	349	390	430	465	506	547	581	640
						$Q^*_{пр}/\varphi = 137$	146	155	163	172	193	215	236	258	288	318	344	374	404	430	473
47	**50**	**52**	**54**	**57**	ΣQ_p	**167**	**178**	**188**	**199**	**209**	**235**	**262**	**287**	**314**	**350**	**387**	**419**	**455**	**492**	**523**	**576**
					0,15	0,53	0,57	0,60	0,63	0,67	0,75	0,83	0,92	1,0	1,12	1,23	1,33	1,45	1,57	1,67	1,83
					0,20–0,25	0,56	0,59	0,63	0,66	0,70	0,78	0,87	0,96	1,04	1,17	1,29	1,39	1,51	1,64	1,74	1,91
					0,30–0,35	0,58	0,62	0,66	0,69	0,73	0,82	0,91	1,0	1,09	1,22	1,35	1,46	1,58	1,71	1,82	2,0
46	**49**	**51**	**53**	**56**	ΣQ_p	**170**	**180**	**191**	**201**	**212**	**238**	**264**	**291**	**317**	**355**	**392**	**429**	**460**	**498**	**529**	**581**
					0,15	0,55	0,58	0,62	0,65	0,69	0,77	0,86	0,94	1,03	1,15	1,27	1,37	1,49	1,61	1,71	1,88
					0,20	0,56	0,60	0,63	0,67	0,70	0,79	0,88	0,97	1,05	1,18	1,30	1,40	1,53	1,65	1,76	1,93
					0,25	0,58	0,61	0,65	0,68	0,72	0,81	0,90	0,99	1,08	1,21	1,33	1,44	1,57	1,69	1,80	1,98
					0,30	0,59	0,62	0,66	0,70	0,74	0,83	0,92	1,01	1,10	1,23	1,36	1,47	1,60	1,73	1,84	2,02
					0,35	0,60	0,64	0,68	0,72	0,75	0,85	0,94	1,04	1,13	1,26	1,40	1,51	1,64	1,77	1,89	2,07
45	**48**	**50**	**52**	**55**	ΣQ_p	**171**	**181**	**193**	**203**	**214**	**241**	**267**	**294**	**321**	**358**	**395**	**428**	**465**	**502**	**535**	**588**
					0,15	0,56	0,60	0,63	0,67	0,70	0,80	0,88	0,97	1,06	1,18	1,30	1,41	1,53	1,66	1,76	1,94
					0,20	0,58	0,61	0,65	0,69	0,72	0,81	0,90	0,99	1,08	1,21	1,34	1,45	1,57	1,70	1,81	1,99
					0,25	0,59	0,63	0,67	0,70	0,74	0,83	0,93	1,02	1,11	1,24	1,37	1,48	1,61	1,74	1,85	2,04
					0,30	0,61	0,65	0,68	0,72	0,76	0,86	0,95	1,05	1,14	1,27	1,41	1,52	1,66	1,79	1,90	2,09
					0,35	0,63	0,66	0,70	0,74	0,78	0,88	0,98	1,07	1,17	1,31	1,45	1,56	1,70	1,84	1,95	2,15
44	**47**	**49**	**51**	**54**	ΣQ_p	**173**	**184**	**194**	**204**	**216**	**443**	**270**	**298**	**324**	**362**	**400**	**433**	**470**	**508**	**541**	**594**
					0,15	0,58	0,62	0,65	0,69	0,73	0,82	0,91	1,00	1,09	1,22	1,34	1,45	1,58	1,71	1,81	2,00
					0,20	0,60	0,64	0,67	0,71	0,75	0,84	0,93	1,03	1,12	1,25	1,38	1,50	1,63	1,76	1,87	2,06
					0,25	0,61	0,65	0,69	0,73	0,77	0,86	0,96	1,06	1,15	1,29	1,42	1,54	1,67	1,80	1,92	2,11
					0,30	0,63	0,67	0,71	0,75	0,79	0,88	0,98	1,08	1,18	1,32	1,45	1,57	1,71	1,85	1,96	2,16
					0,35	0,65	0,69	0,73	0,77	0,81	0,91	1,01	1,11	1,21	1,35	1,49	1,61	1,76	1,90	2,02	2,22
43	**46**	**48**	**50**	**53**	ΣQ_p	**174**	**186**	**196**	**208**	**219**	**211**	**235**	**300**	**328**	**366**	**405**	**437**	**476**	**514**	**547**	**601**
					0,15	0,58	0,61	0,65	0,68	0,72	0,72	0,90	0,99	1,08	1,21	1,33	1,44	1,57	1,69	1,80	1,98
					0,20	0,62	0,66	0,69	0,73	0,77	0,87	0,96	1,06	1,16	1,29	1,43	1,54	1,68	1,81	1,93	2,12
					0,25	0,63	0,67	0,71	0,75	0,79	0,89	0,99	1,09	1,19	1,33	1,47	1,58	1,72	1,86	1,98	2,18
					0,30	0,65	0,69	0,73	0,77	0,82	0,92	1,02	1,12	1,22	1,37	1,51	1,63	1,77	1,92	2,04	2,24
					0,35	0,67	0,71	0,75	0,80	0,84	0,94	1,05	1,15	1,26	1,40	1,55	1,68	1,82	1,97	2,10	2,31
42	**45**	**47**	**49**	**52**	ΣQ_p	**177**	**187**	**199**	**209**	**221**	**249**	**276**	**303**	**331**	**370**	**408**	**442**	**480**	**519**	**552**	**507**
					0,15	0,62	0,66	0,70	0,74	0,77	0,87	0,97	1,07	1,16	1,30	1,43	1,55	1,68	1,82	1,94	2,13
					0,20	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,90	1,00	1,09	1,19	1,33	1,47	1,59	1,73	1,87	1,99	2,19
					0,25	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82	0,92	1,02	1,13	1,23	1,37	1,52	1,64	1,78	1,92	2,05	2,25
					0,30	0,67	0,72	0,76	0,80	0,84	0,95	1,05	1,16	1,26	1,41	1,56	1,69	1,83	1,98	2,11	2,37
					0,35	0,69	0,74	0,78	0,83	0,87	0,98	1,09	1,19	1,30	1,45	1,61	1,74	1,89	2,04	2,17	2,39
41	**44**	**46**	**48**	**51**	ΣQ_p	**179**	**189**	**201**	**212**	**223**	**251**	**279**	**307**	**335**	**374**	**413**	**446**	**486**	**524**	**558**	**614**
					0,15	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,34	1,48	1,60	1,74	1,88	2,0	2,20
					0,20	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82	0,93	1,03	1,13	1,23	1,38	1,52	1,64	1,79	1,93	2,06	2,26
					0,25	0,68	0,72	0,77	0,81	0,85	0,96	1,06	1,17	1,28	1,43	1,58	1,70	1,85	2,00	2,12	2,34
					0,30	0,70	0,75	0,79	0,83	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,47	1,62	1,75	1,91	2,06	2,19	2,41
					0,35	0,72	0,77	0,81	0,86	0,91	1,02	1,13	1,24	1,36	1,52	1,67	1,81	1,97	2,13	2,26	2,49
40	**43**	**45**	**47**	**50**	ΣQ_p	**180**	**192**	**203**	**214**	**226**	**253**	**281**	**310**	**338**	**378**	**417**	**451**	**491**	**530**	**564**	**620**
					0,15	0,66	0,70	0,74	0,78	0,83	0,93	1,03	1,14	1,24	1,38	1,53	1,65	1,80	1,94	2,06	2,27
					0,20	0,68	0,72	0,77	0,81	0,85	0,96	1,06	1,17	1,28	1,43	1,58	1,70	1,85	2,00	2,13	2,34
					0,25	0,71	0,75	0,79	0,84	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,48	1,63	1,76	1,92	2,07	2,20	2,42
					0,30	0,73	0,77	0,82	0,86	0,91	1,02	1,14	1,25	1,36	1,52	1,68	1,82	1,98	2,14	2,27	2,50
					0,35	0,75	0,80	0,85	0,89	0,94	1,06	1,17	1,29	1,41	1,57	1,74	1,88	2,04	2,21	2,35	2,58
39	**42**	**44**	**46**	**49**	ΣQ_p	**182**	**194**	**205**	**216**	**228**	**256**	**285**	**313**	**342**	**381**	**422**	**456**	**495**	**536**	**570**	**627**
					0,15	0,68	0,73	0,77	0,81	0,86	0,96	1,07	1,18	1,28	1,43	1,58	1,71	1,86	2,01	2,14	2,36
					0,20	0,71	0,75	0,79	0,84	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,48	1,63	1,76	1,92	2,07	2,20	2,42
					0,25	0,73	0,78	0,82	0,87	0,91	1,03	1,14	1,26	1,37	1,53	1,69	1,83	1,99	2,15	2,29	2,52
					0,30	0,76	0,80	0,85	0,90	0,94	1,06	1,18	1,30	1,42	1,58	1,75	1,89	2,05	2,22	2,36	2,60

Продолжение табл 9 8

прибора $Q_{пр}/\varphi$, Вт (при тепловой нагрузке в ккал/ч—см строки таблицы, обозначенные

$Q^*_{пр}/\varphi$ тепловая нагрузка прибора, ккал/ч																	Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, С			
600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500				
698	756	814	872	930	988	1047	1105	1163	1221	1279	1337	1396	1454	1512	1628	1744				
516	559	602	645	688	731	774	817	860	903	946	989	1032	1075	1118	1204	1290	18	20	22	25
628	**680**	**733**	**785**	**837**	**890**	**942**	**994**	**1047**	**1099**	**1151**	**1204**	**1256**	**1308**	**1361**	**1465**	**1570**	**60**	**62**	**64**	**67**
2,0	2,17	2,33	2,50	2,67	2,83	3,0	3,17	3,33	3,50	3,67	3,83	4,0	4,17	4,33	4,66	5,0				
2,09	2,26	2,44	2,61	2,78	2,96	3,13	3,31	3,48	3,66	3,83	4,0	4,18	4,35	4,53	4,87	5,22				
2,19	2,37	2,55	2,73	2,91	3,10	3,28	3,46	3,64	3,83	4,01	4,19	4,37	4,55	4,74	5,10	5,46				
635	**687**	**741**	**793**	**847**	**899**	**952**	**1005**	**1058**	**1111**	**1164**	**1216**	**1270**	**1322**	**1376**	**1482**	**1587**	**59**	**61**	**63**	**66**
2,06	2,23	2,40	2,57	2,74	2,91	3,08	3,25	3,43	3,60	3,77	3,94	4,11	4,29	4,45	4,80	5,14				
2,11	2,28	2,46	2,63	2,81	2,98	3,16	3,33	3,51	3,69	3,86	4,04	4,21	4,39	4,56	4,91	5,27				
2,16	2,34	2,52	2,70	2,88	3,06	3,24	3,42	3,60	3,78	3,96	4,14	4,32	4,50	4,68	5,04	5,40				
2,21	2,39	2,57	2,76	2,94	3,12	3,31	3,49	3,68	3,86	4,04	4,23	4,41	4,59	4,78	5,15	5,51				
2,26	2,45	2,64	2,83	3,02	3,21	3,39	3,58	3,77	3,96	4,15	4,34	4,53	4,71	4,90	5,28	5,66				
642	**695**	**749**	**802**	**856**	**909**	**963**	**1011**	**1070**	**1123**	**1177**	**1230**	**1284**	**1337**	**1391**	**1498**	**1605**	**58**	**60**	**62**	**65**
2,11	2,29	2,47	2,64	2,82	3,00	3,17	3,35	3,52	3,70	3,88	4,05	4,23	4.41	4,58	4,93	5,29				
2,17	2,35	2,53	2,71	2,89	3,07	3,25	3,43	3,61	3,79	3,97	4,15	4,34	4,52	4,70	5,06	5,42				
2,22	2,41	2,59	2,78	2,96	3,15	3,34	3,52	3,71	3,89	4,08	4,26	4,45	4,63	4,82	5,19	5,56				
2,28	2,47	2,66	2,85	3,04	3,23	3,42	3,61	3,81	4,00	4,19	4,38	4,57	4,76	4,95	5,33	5,71				
2,34	**2,54**	**2,74**	**2,93**	**3,13**	**3,32**	**3,52**	**3,71**	**3,91**	**4,10**	**4,30**	**4,49**	**4,69**	**4,89**	**5,08**	**5,47**	**5,86**				
649	**702**	**757**	**811**	**865**	**919**	**973**	**1027**	**1081**	**1135**	**1190**	**1243**	**1298**	**1351**	**1406**	**1514**	**1622**	**57**	**59**	**61**	**64**
2,18	2,36	2,54	2,72	2,90	3,08	3,27	3,45	3,63	3,81	3,99	4,17	4,35	4,54	4,72	5,08	5,44				
2,24	2,43	2,62	2,80	2,99	3,18	3,36	3,55	3,74	3,92	4,11	4,30	4,48	4,67	4,86	5,23	5,61				
2,30	2,50	2,69	2,88	3,07	3,26	3,46	3,65	3,84	4,03	4,22	4,41	4,61	4,80	4,99	5,37	5,76				
2,36	2,55	2,75	2,94	3,14	3,34	3,53	3,73	3,93	4,12	4,32	4,51	4,71	4,91	5,10	5,50	5,89				
2,42	2,62	2,83	3,03	3,23	3,43	3,84	3,84	4,04	4,24	4,44	4,64	4,84	5,05	5.25	5,65	6,06				
656	**710**	**765**	**820**	**874**	**929**	**984**	**1038**	**1093**	**1148**	**1202**	**1257**	**1312**	**1366**	**1421**	**1530**	**1640**	**56**	**58**	**60**	**63**
2,16	2,34	2,52	2,70	2,88	3,06	3,24	3,42	3,60	3,78	3,96	4,14	4,32	4,50	4,68	5,04	5,40				
2,31	2,51	2,70	2,89	3,08	3,28	3,47	3,66	3,86	4,05	4,24	4,43	4,63	4,82	5,01	5,40	5,78				
2,38	2,58	2,77	2,97	3,17	3,37	3,57	3,76	3,96	4,16	4,36	4,56	4,75	4,95	5,15	5,55	5,94				
2,45	2,65	2,85	3,06	3,26	3,46	3,67	3,87	4,08	4,28	4,48	4,69	4,89	5,09	5,30	5,71	6,11				
2,52	2,73	2,94	3,15	3,36	3,56	3,77	3,98	4,19	4,40	4,61	4,82	5,03	5,24	5,45	5,87	6,29				
663	**717**	**773**	**828**	**884**	**838**	**994**	**1049**	**1105**	**1159**	**1215**	**1270**	**1326**	**1380**	**1436**	**1547**	**1657**	**55**	**57**	**59**	**62**
2,32	2,52	2,71	2,90	3,10	3,29	3,49	3,68	3,87	4,07	4,26	4,45	4,65	4,84	5,03	5,42	5,81				
2,39	2,59	2,79	2,99	3,18	3,39	3,58	3,78	3,98	4,18	4,38	4,58	4,78	4,98	5,18	5,57	5,97				
2,46	2,66	2,87	3,07	3,28	3,48	3,69	3,89	4,10	4,30	4,50	4,71	4,91	5,12	5,32	5,73	6,14				
2,53	2,74	2,95	3,16	3,37	3,58	3,79	4,00	4,22	4,43	4,64	4,85	5,06	5,27	5,48	5,90	6,32				
2,61	2,82	3,04	3,26	3,47	3,69	3,91	4,13	4,34	4,56	4,78	4,99	5,21	5,43	5,65	6,08	6,51				
670	**726**	**781**	**837**	**893**	**949**	**1005**	**1061**	**1116**	**1172**	**1228**	**1284**	**1340**	**1396**	**1451**	**1563**	**1675**	**54**	**56**	**58**	**61**
2,40	2,60	2,80	3,0	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60	4,80	5,0	5,20	5,60	6,00				
2,47	2,67	2,88	3,09	3,29	3,50	3,70	3,90	4,11	4,32	4,53	4,73	4,94	4,14	5,35	5,76	6,17				
2,55	2,77	2,98	3,19	3,41	3,62	3,83	4,04	4,26	4,47	4,68	4,90	5,11	5,32	5,53	5,96	6,39				
2,63	2,85	3,07	3,29	3,51	3,73	3,95	4,17	4,39	4,61	4,83	5,05	5,26	5,48	5,70	6,14	6,58				
2,72	2,94	3,17	3,39	3,62	3,85	4,07	4,30	4,53	4,75	4,98	5,20	5,43	5,66	5,88	6,34	6,79				
677	**733**	**790**	**845**	**902**	**958**	**1015**	**1071**	**1128**	**1184**	**1241**	**1297**	**1354**	**1409**	**1466**	**1579**	**1692**	**53**	**55**	**57**	**60**
2,48	2,69	2,89	3,10	3,31	3,51	3,72	3,93	4,13	4,34	4,55	4,75	4,96	5,17	5,37	5,79	6,20				
2,55	2,77	2,98	3,19	3,41	3,62	3,83	4,04	4,26	4,47	4,69	4,90	5,11	5,32	5,53	5,96	6,39				
2,65	2,87	3,09	3,31	3,53	3,75	3,97	4,19	4,41	4,63	4,85	5,07	5,29	5,51	5,73	6,17	6,61				
2,73	2,96	3,18	3,41	3,64	3,87	4,09	4,32	4,55	4,78	5,00	5,23	5,46	5,69	5,91	6,37	6,82				
2,81	3,05	3,29	3,52	3,76	3,99	4,23	4,46	4,70	4,93	5,17	5,40	5,64	5,87	6,11	6,58	7,05				
684	**741**	**798**	**855**	**912**	**969**	**1026**	**1083**	**1140**	**1197**	**1254**	**1311**	**1368**	**1427**	**1482**	**1592**	**1710**	**52**	**54**	**56**	**59**
2,57	2,78	2,99	3,21	3,42	3,64	3,85	4,06	4,28	4,49	4,71	4,92	5,13	5,35	5,56	5,99	6,42				
2,65	2,87	3,09	3,31	3,53	3,75	3,97	4,19	4,41	4,63	4,85	5,07	5,29	5,51	5,73	6,17	6,61				
2,74	2,97	3,20	3,43	3,66	3,89	4,12	4,35	4,57	4,80	5,03	5,26	5,48	5,72	5,95	6,40	6,86				
2,83	3,07	3,31	3,54	3,78	4,02	4,25	4,49	4,72	4,96	5,20	5,43	5,67	5,91	6,14	6,61	7,08				

Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, °С					Показатель степени n	Значения $A_{пр}$, м², при расчетном расходе воды в стояке $G_{ст}$, кг/ч, или тепловой нагрузке $G^*_{ст}$ – расход воды в стояке, кг/ч;													
5	8	10	12	15		160	170	180	190	200	225	250	275	300	335	370	400	435	470	500	550
						$G^*_{ст}$ = 186	198	209	221	223	262	291	320	349	390	430	465	506	547	581	640
						$Q^*_{пр}/\varphi$ = 137	146	155	163	172	193	215	236	258	288	318	344	374	404	430	473
					0,35	0,78	0,83	0,88	0,93	0,98	1,10	1,22	1,34	1,47	1,64	1,81	1,95	2,12	2,30	2,44	2,69
38	**41**	**43**	**45**	**48**	$\Sigma Q_р$	**184**	**195**	**207**	**219**	**230**	**259**	**287**	**316**	**345**	**386**	**425**	**460**	**501**	**541**	**576**	**633**
					0,15	0,71	0,75	0,80	0,84	0,89	1,00	1,11	1,22	1,33	1,48	1,64	1,64	1,93	2,08	2,22	2,43
					0,20	0,74	0,78	0,83	0,87	0,92	1,03	1,15	1,26	1,38	1,54	1,70	1,84	2,00	2,16	2,30	2,53
					0,25	0,76	0,81	0,86	0,90	0,95	1,07	1,19	1,31	1,43	1,59	1,76	1,90	2,07	2,23	2,38	2,61
					0,30	0,79	0,84	0,88	0,93	0,98	1,11	1,23	1,35	1,47	1,65	1,82	1,97	2,13	2,31	2,46	2,70
					0,35	0,81	0,86	0,92	0,97	1,02	1,14	1,27	1,40	1,53	1,70	1,88	2,04	2,21	2,39	2,54	2,80
37	**40**	**42**	**44**	**47**	$\Sigma Q_р$	**186**	**198**	**209**	**221**	**233**	**262**	**291**	**320**	**349**	**390**	**430**	**465**	**506**	**547**	**581**	**639**
					0,15	0,74	0,78	0,83	0,87	0,92	1,03	1,15	1,26	1,38	1,54	1,70	1,84	2,00	2,16	2,30	2,53
					0,20	0,76	0,81	0,86	0,91	0,96	1,07	1,19	1,31	1,43	1,60	1,77	1,91	2,08	2,25	2,39	2,63
					0,25	0,79	0,84	0,89	0,94	0,99	1,11	1,24	1,36	1,48	1,66	1,83	1,98	2,15	2,32	2,47	2,72
					0,30	0,82	0,87	0,92	0,97	1,02	1,15	1,28	1,41	1,54	1,71	1,89	2,05	2,23	2,41	2,56	2,81
					0,35	0,85	0,90	0,96	1,01	1,06	1,19	1,33	1,46	1,59	1,78	1,96	2,12	2,31	2,49	2,65	2,92
36	**39**	**41**	**43**	**46**	$\Sigma Q_р$	**188**	**200**	**212**	**223**	**235**	**264**	**293**	**323**	**351**	**393**	**435**	**470**	**510**	**552**	**587**	**645**
					0,15	0,76	0,81	0,86	0,91	0,96	1,07	1,19	1,31	1,43	1,60	1,77	1,91	2,08	2,25	2,39	2,63
					0,20	0,79	0,84	0,89	0,94	0,99	1,11	1,24	1,36	1,48	1,66	1,83	1,98	2,15	2,32	2,47	2,72
					0,25	0,82	0,88	0,93	0,98	1,03	1,16	1,29	1,42	1,54	1,72	1,91	2,06	2,24	2,42	2,57	2,83
					0,30	0,85	0,91	0,96	1,01	1,07	1,20	1,34	1,47	1,60	1,79	1,98	2,14	2,32	2,51	2,67	2,94
					0,35	0,89	0,94	1,00	1,05	1,11	1,25	1,39	1,53	1,66	1,86	2,05	2,22	2,41	2,61	2,77	3,05
35	**38**	**40**	**42**	**45**	$\Sigma Q_р$	**189**	**201**	**214**	**226**	**237**	**266**	**296**	**326**	**356**	**398**	**438**	**471**	**516**	**551**	**593**	**652**
					0,15	0,80	0,84	0,89	0,94	0,99	1,12	1,24	1,37	1,49	1,66	1,94	1,99	2,16	2,34	2,49	2,73
					0,20	0,82	0,88	0,93	0,98	1,03	1,16	1,29	1,42	1,54	1,72	1,91	2,06	2,24	2,42	2,57	2,83
					0,25	0,86	0,91	0,97	1,02	1,07	1,21	1,34	1,48	1,61	1,80	1,99	2,15	2,34	2,53	2,69	2,96
					0,30	0,89	0,95	1,00	1,06	1,12	1,26	1,40	1,54	1,67	1,87	2,07	2,23	2,43	2,62	2,79	3,07
					0,35	0,93	0,99	1,05	1,10	1,16	1,31	1,45	1,60	1,74	1,95	2,15	2,32	2,53	2,73	2,91	3,20
34	**37**	**39**	**41**	**44**	$\Sigma Q_р$	**192**	**203**	**215**	**288**	**239**	**270**	**299**	**329**	**359**	**401**	**443**	**479**	**521**	**563**	**599**	**658**
					0,15	0,82	0,88	0,93	0,98	1,03	1,16	1,29	1,42	1,54	1,72	1,91	2,06	2,24	2,42	2,57	2,83
					0,20	0,86	0,91	0,97	1,02	1,07	1,21	1,34	1,48	1,61	1,80	1,99	2,15	2,34	2,53	2,69	2,96
					0,25	0,90	0,96	1,01	1,07	1,12	1,26	1,41	1,55	1,69	1,88	2,08	2,25	2,44	2,64	2,81	3,09
					0,30	0,94	0,99	1,05	1,11	1,17	1,32	1,46	1,61	1,75	1,96	2,16	2,34	2,54	2,75	2,92	3,22
					0,35	0,98	1,04	1,10	1,16	1,22	1,37	1,52	1,68	1,83	2,04	2,26	2,44	2,65	2,87	3,05	3,36
33	**36**	**38**	**40**	**43**	$\Sigma Q_р$	**193**	**206**	**217**	**230**	**242**	**272**	**302**	**333**	**363**	**405**	**448**	**484**	**526**	**569**	**605**	**665**
					0,15	0,86	0,91	0,97	1,02	1,07	1,21	1,34	1,48	1,61	1,80	1,99	2,15	2,34	2,53	2,69	2,96
					0,20	0,90	0,96	1,01	1,07	1,12	1,26	1,41	1,55	1,69	1,88	2,08	2,25	2,44	2,64	2,81	3,09
					0,25	0,94	1,00	1,06	1,12	1,18	1,33	1,47	1,62	1,77	1,97	2,18	2,36	2,56	2,77	2,94	3,24
					0,30	0,98	1,04	1,11	1,17	1,23	1,38	1,54	1,69	1,84	2,06	2,27	2,46	2,67	2,89	3,07	3,38
					0,35	1,02	1,09	1,16	1,22	1,26	1,44	1,60	1,76	1,93	2,15	2,37	2,57	2,79	3,02	3,21	3,53
32	**35**	**37**	**39**	**42**	$\Sigma Q_р$	**195**	**208**	**220**	**233**	**244**	**281**	**306**	**392**	**366**	**415**	**452**	**488**	**531**	**574**	**610**	**671**
					0,15	0,90	0,96	1,01	1,07	1,12	1,26	1,41	1,55	1,69	1,88	2,08	2,25	2,44	2,64	2,81	3,09
					0,20	0,94	1,00	1,06	1,12	1,18	1,33	1,47	1,62	1,77	1,97	2,18	2,36	2,56	2,77	2,94	3,24
					0,25	0,98	1,04	1,11	1,17	1,23	1,38	1,54	1,69	1,84	2,06	2,27	2,46	2,67	2,89	3,07	3,38
					0,30	1,03	1,10	1,16	1,23	1,29	1,45	1,62	1,78	1,94	2,17	2,39	2,59	2,81	3,04	3,23	3,56
					0,35	1,08	1,15	1,22	1,29	1,35	1,52	1,69	1,86	2,03	2,27	2,50	2,71	2,94	3,18	3,39	3,72
31	**34**	**36**	**38**	**41**	$\Sigma Q_р$	**197**	**210**	**222**	**234**	**246**	**277**	**308**	**339**	**370**	**413**	**456**	**493**	**536**	**579**	**616**	**678**

Таблица составлена для пяти значений показателя степени n [см. формулу (9.3)]: 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 (действительные значения показателя степени для различных приборов приведены в табл. 9.2).

В табл. 9.8 приведены также значения средней температуры воды в приборах $t_{ср}$ при различной $t_в$ (крайние вертикальные колонки), причем за основную принята $t_{ср}$ при $t_в = 18°C$ (выделена крупным шрифтом).

Продолжение табл 9 8

прибора $Q_{пр}/\varphi$, Вт (при тепловой нагрузке в ккал/ч см строки таблицы, обозначенные

$Q^*_{пр}/\varphi$ тепловая нагрузка прибора, ккал/ч																	Температура воды в приборе $t_{ср}$ при $t_в$, С			
600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500				
698	756	814	872	930	988	1047	1105	1163	1221	1279	1337	1396	1454	1512	1628	1744				
516	559	602	645	688	731	774	817	860	903	946	989	1032	1075	1118	1204	1290	18	20	22	25
2,93	3,18	3,42	3,66	3,91	4,15	4,40	4,64	4,89	5,13	5,38	5,62	5,86	6,11	6,35	6,84	7,33				
691	**748**	**806**	**863**	**921**	**978**	**1036**	**1093**	**1151**	**1208**	**1266**	**1320**	**1382**	**1439**	**1497**	**1612**	**1727**	**51**	**53**	**55**	**58**
2,65	2,88	3,10	3,32	3,55	3,77	3,99	4,21	4,43	4,65	4,88	5,10	5,32	5,54	5,76	6,20	6,65				
2,76	2,99	3,22	3,45	3,68	3,91	4,14	4,37	4,60	4,83	5,06	5,29	5,52	5,75	5,98	6,44	6,90				
2,85	3,09	3,33	3,56	3,80	4,04	4,28	4,51	4,75	4,99	5,23	5,47	5,70	5,94	6,18	6,65	7,13				
2,95	3,19	3,44	3,68	3,93	4,18	4,42	4,67	4,91	5,16	5,40	5,65	5,90	6,14	6,39	6,88	7,37				
3,05	3,31	3,56	3,82	4,07	4,32	4,58	4,83	5,09	5,34	5,60	5,85	6,11	6,36	6,61	7,12	7,63				
698	**756**	**814**	**872**	**930**	**988**	**1046**	**1105**	**1163**	**1221**	**1279**	**1337**	**1396**	**1454**	**1512**	**1628**	**1749**	**50**	**52**	**54**	**57**
2,76	2,99	3,22	3,45	3,68	3,91	4,14	4,37	4,60	4,83	5,06	5,29	5,52	5,75	5,98	6,44	6,90				
2,87	3,11	3,35	3,58	3,82	4,06	4,30	4,54	4,78	5,02	5,25	5,49	5,73	5,97	6,21	6,69	7,17				
2,97	3,21	3,46	3,71	3,95	4,20	4,45	4,69	4,94	5,19	5,44	5,69	5,93	6,18	6,42	6,92	7,42				
3,07	3,33	3,58	3,84	4,09	4,35	4,61	4,86	5,12	5,37	5,63	5,89	6,14	6,40	6,65	7,17	7,68				
3,18	3,45	3,72	3,98	4,25	4,51	4,78	5,04	5,31	5,57	5,84	6,10	6,37	6,64	6 90	7,43	7,96				
705	**763**	**822**	**880**	**940**	**998**	**1057**	**1115**	**1175**	**1233**	**1292**	**1350**	**1409**	**1468**	**1527**	**1644**	**1762**	**49**	**51**	**53**	**56**
2,87	3,11	3,35	3,58	3,82	4,06	4,30	4,54	4,78	5,02	5,25	5,49	5,73	5,97	6,21	6,69	7,17				
2,97	3,21	3,46	3,71	3,95	4,20	4,45	4,69	4,94	5,19	5,44	5,68	5,93	6,18	6,42	6,92	7,41				
3,09	3,35	3,60	3,86	4,12	4,38	4,64	4,89	5,15	5,41	5,66	5,92	6,18	6,44	6,69	7,21	7,72				
3,20	3,48	3,74	4,01	4,27	4,54	4,81	5,07	5,34	5,61	5,88	6,14	6,41	6,68	6,94	7,48	8,01				
3,33	3,61	3,88	4,16	4,44	4,71	4,99	5,27	5,55	5,82	6,10	6,38	6,66	6,93	7,21	7,77	8,32				
711	**771**	**830**	**890**	**949**	**1008**	**1068**	**1127**	**1186**	**1245**	**1305**	**1364**	**1423**	**1483**	**1542**	**1091**	**1779**	**48**	**50**	**52**	**55**
2,98	3,23	3,48	3,73	3,98	4,22	4,47	4,72	4,97	5,22	5,47	5,72	5,96	6,21	6,46	6,96	7,46				
3,09	3,35	3,60	3,86	4,12	4,38	4,63	4,89	5,15	5,41	5,66	5,92	6,18	6,44	6,69	7,20	7,72				
3,22	3,49	3,76	4,03	4,30	4,57	4,84	5,11	5,37	5,64	5,91	6,18	6,45	6,72	6,99	7,52	8,06				
3,35	3,63	3,91	4,19	4,47	4,75	5,02	5,30	5,58	5,86	6,14	6,42	6,70	6,98	7,26	7,82	8,37				
3,49	3,78	4,07	4,36	4,65	4,94	5,23	5,52	5,81	6,10	6,39	6,68	6,97	7,26	7,55	8,13	8,72				
719	**778**	**838**	**898**	**958**	**1018**	**1078**	**1137**	**1198**	**1257**	**1318**	**1377**	**1437**	**1497**	**1557**	**1677**	**1797**	**47**	**49**	**51**	**54**
3,09	3,35	3,60	3,86	4,12	4,38	4,63	4,89	5,15	5,41	5,66	5,92	6,18	6,44	6,69	7,21	7,72				
3,22	3,49	3,76	4,03	4,30	4,57	4,84	5,11	5,37	5,64	5,91	6,18	6,45	6,72	6,99	7,52	8,06				
3,37	3,65	3,93	4,22	4,50	4,78	5,06	5,34	5,62	5,90	6,18	6,46	6,74	7,03	7,31	7,87	8,43				
3,51	3,80	4,09	4,39	4,68	4,97	5,26	5,56	5,85	6,14	6,43	6,73	7,02	7,31	7,60	8,19	8,77				
3,66	3,96	4,27	4,57	4,88	5,18	5,49	5,79	6,10	6,40	6,71	7,02	7,32	7,62	7,93	8,54	9,15				
726	**786**	**847**	**907**	**968**	**1028**	**1088**	**1149**	**1209**	**1270**	**1330**	**1391**	**1451**	**1512**	**1572**	**1693**	**1814**	**46**	**48**	**50**	**53**
3,22	3,49	3,76	4,03	4,30	4,57	4,84	5,11	5,37	5,64	5,91	6,18	6,45	6,72	6,99	7,52	8,06				
3,37	3,65	3,93	4,22	4,50	4,78	5,06	5,34	5,62	5,90	6,18	6,46	6,74	7,03	7,31	7,87	8,43				
3,53	3,83	4,12	4,42	4,71	5,01	5,30	5,59	5,89	6,18	6,48	6,77	7,07	7,36	7,66	8,24	8,83				
3,69	3,99	4,3	4,61	4,91	5,22	5,53	5,83	6,14	6,45	6,76	7,06	7,37	7,68	7,98	8,60	9,21				
3,85	4,17	4,49	4,81	5,13	5,45	5,78	6,10	6,42	6,74	7,06	7,38	7,70	8,02	8,34	8,98	9,63				
733	**794**	**855**	**915**	**977**	**1038**	**1099**	**1161**	**1221**	**1285**	**1343**	**1407**	**1465**	**1529**	**1587**	**1710**	**1832**	**45**	**47**	**49**	**52**
3,37	3,65	3,93	4,22	4,50	4,78	5,06	5,34	5,62	5,90	6,18	6,46	6,74	7,03	7,31	7,87	8,43				
3,53	3,83	4,12	4,42	4,71	5,01	5,30	5,59	5,89	6,18	6,48	6,77	7,07	7,36	7,66	8,24	8,83				
3,69	3,99	4,30	4,61	4,91	5,22	5,53	5,83	6,14	6,45	6,76	7,06	7,37	7,68	7,98	8,60	9,21				
3,88	4,20	4,53	4,85	5,17	5,50	5,82	6,14	6,47	6,79	7,11	7,43	7,76	8,08	8,40	9,05	9,70				
4,06	4,40	4,74	5,08	5,42	5,75	6,09	6,43	6,77	7,11	7,45	7,79	8,12	8,46	8,80	9,48	10,2				
740	**801**	**863**	**924**	**986**	**1048**	**1109**	**1171**	**1232**	**1294**	**1356**	**1418**	**1479**	**1541**	**1603**	**1726**	**1849**	**44**	**46**	**48**	**51**

Горизонтальные строчки цифр в табл. 9.8, напечатанные жирно, выражают уменьшенную в 100 раз теплоотдачу труб и приборов, расположенных до рассчитываемого прибора (считая по направлению движения воды), т. е.

$$\Sigma Q_р = 10^{-2}(Q_ф + \Sigma Q_п + \Sigma Q'_{тр} + \frac{0{,}5}{\alpha} Q_п), \quad (9.17)$$

где $Q_ф$ – фиктивная тепловая нагрузка, если принята $t_г < 150°C$, учитывающая понижение расчетной темпе-

ТАБЛИЦА 9.9. ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА φ, УЧИТЫВАЮЩЕГО РАСХОД ВОДЫ И СХЕМУ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ОТОПИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА ПО ТАБЛ. 9.10

Тип прибора	№ схемы	Значения φ при расходе воды в подводке к прибору $G_{пр}$, кг/ч																	
		30	35	40	45	50	60	70	100	140	180	225	275	335	400	470	600	800	1000
Радиаторы чугунные секционные																			
а) движение теплоносителя в приборе сверху – вниз																			
МС-140-108	1	1,34	1,34	1,34	1,35	1,35								φ = 1,35					
МС-140-98	1	1,27	1,28	1,28	1,28	1,29								φ = 1,29					
М-140АО	1	1,04	1,05	1,05	1,05	1,05	Независимо от расхода воды							φ = 1,06					
М-140А	1	1,13	1,14	1,14	1,14	1,14								φ = 1,15					
М-90	1	1,23	1,23	1,23	1,24	1,24								φ = 1,24					
МС-90-108	1	1,4	1,41	1,41	1,41	1,42								φ = 1,42					
б) движение теплоносителя в приборе снизу – вниз																			
МС-140-108	2	1,22	1,24	1,25	1,27	1,27	1,29	1,31	1,35							φ = 1,37			
МС-140-98	2	1,17	1,18	1,19	1,21	1,21	1,23	1,25	1,28	Независимо от расхода воды						φ = 1,3			
М-140-А0	2	0,90	0,97	0,98	0,99	1,0	1,01	1,02	1,05							φ = 1,07			
М-140 А	2	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,1	1,11	1,14							φ = 1,16			
МС-90	2	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,19	1,21	1,24							φ = 1,26			
МС-90-108	2	1,29	1,31	1,32	1,33	1,34	1,36	1,38	1,42							φ = 1,42			
в) движение теплоносителя в приборе снизу – вверх (значения φ принимаются с поправочным коэффициентом Ψ по табл. 9.11)																			
МС-140-108	3	1,12	1,14	1,16	1,18	1,19	1,22	1,23	1,25	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,36	1,37
МС-140-98	3	1,07	1,09	1,10	1,12	1,13	1,16	1,17	1,19	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30
М-140АО	3	0,88	0,89	0,91	0,92	0,93	0,95	0,96	0,98	0,99	1,0	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07
М-140А	3	0,95	0,97	0,98	1,0	1,01	1,03	1,05	1,06	1,07	1,09	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,15
М-90	3	1,04	1,06	1,08	1,09	1,10	1,13	1,14	1,16	1,17	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,23	1,25	1,26	1,27
МС-90-108	3	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30	1,32	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40	1,42	1,43	1,44
Радиаторы стальные панельные																			
а) движение теплоносителя в приборе сверху – вниз																			
РСВ1 однорядный	1	1,25	1,25	1,26	1,26	1,26	Независимо от расхода воды							φ = 1,26					
РСВ1 двухрядный	1	1,09	1,09	1,09	1,1	1,1	Независимо от расхода воды							φ = 1,1					
РСГ2 однорядный	1	1,22	1,22	1,23	1,23	1,24	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,28	1,29	Независимо от расхода			φ = 1,3		
РСГ2 двухрядный	1	1,46	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,48	1,48	1,48	1,49	1,49	1,49	1,5	Независимо от расхода			φ = 1,5	
б) движение теплоносителя в приборе снизу – вниз																			
РСВ1 однорядный	2	1,14	1,16	1,17	1,18	1,19	1,21	1,23	1,26	Независимо от расхода воды						φ = 1,28			
РСВ1 двухрядный	2	0,99	1,0	1,02	1,03	1,03	1,05	1,06	1,09	Независимо от расхода воды						φ = 1,11			
в) движение теплоносителя снизу – вверх (значения φ для радиаторов РСВ1 принимать с поправочным коэффициентом Ψ по табл 9.11)																			
РСВ1 однорядный	3	1,05	1,06	1,08	1,10	1,11	1,14	1,15	1,17	1,18	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,24	1,26	1,27	1,28
РСВ1 двухрядный	3	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,99	1,0	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,08	1,09	1,10	1,12
РСГ2 однорядный	3	1,07	1,08	1,09	1,10	1,12	1,13	1,15	1,18	1,21	1,24	1,26	1,28	Независимо от расхода воды				φ = 1,31	
РСГ2 двухрядный	3	1,24	1,25	1,26	1,28	1,29	1,30	1,32	1,36	1,40	1,43	1,45	1,48	Независимо от расхода воды				φ = 1,51	
Конвекторы настенные с кожухом «Универсал», «Универсал С», без кожуха «Аккорд» и приборы типа «Коралл» в двухрядном исполнении по высоте																			
При движении теплоносителя снизу – вверх значения φ принимать с поправочным коэффициентом Ψ по табл 9.11																			
Универсал	4	0,41	0,42	0,43	0,44	0,44	0,46	0,47	0,57	0,59	0,61	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68
Универсал С	4	0,39	0,4	0,41	0,42	0,43	0,44	0,46	0,49	0,57	0,58	0,59	0,6	0,61	0,61	0,62	0,64	0,65	0,65
Аккорд	2	0,57	0,57	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58	0,59	0,60	0,60	0,60	0,61	0,61	0,61	0,61	0,62	0,63	0,63
	4	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54	0,54	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56	0,57	0,57	0,57	0,57	0,58	0,58
Коралл	2	0,75	0,76	0,76	0,77	0,77	0,78	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,83	0,84	0,85	0,87

Конвекторы с кожухом настенные, напольные и прочие отопительные приборы, теплоотдача которых не зависит от направления движения теплоносителя

Комфорт-20	1	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57	0,59	0,61	0,65	0,76	0,78	0,79	0,8	0,81	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87
	3	0,42	0,47	0,48	0,49	0,50	0,52	0,54	0,58	0,61	0,63	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,81	0,82	0,83
Ритм	1	0,48	0,50	0,51	0,52	0,53	0,55	0,56	0,61	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,79	0,80	0,81
	3	0,39	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,53	0,56	0,59	0,70	0,71	0,72	0,72	0,74	0,75	0,76	0,77
КВ	2	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,83	0,86	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,0	1,02	1,05
Коралл однорядный	1	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94
Коралл двухрядный по глубине		0,75	0,76	0,76	0,77	0,77	0,78	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87
Прогресс-15	2	0,53	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60	0,62	0,62	0,62	0,63	0,65	0,65
	4	0,47	0,47	0,48	0,48	0,49	0,49	0,49	0,51	0,52	0,52	0,53	0,54	0,54	0,55	0,55	0,57	0,57	0,58
	5	0,51	0,51	0,52	0,52	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,62	0,63
Прогресс-20	2	0,50	0,51	0,51	0,51	0,52	0,52	0,53	0,54	0,56	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,65
	4	0,44	0,44	0,44	0,45	0,46	0,46	0,46	0,47	0,49	0,50	0,50	0,51	0,52	0,53	0,53	0,54	0,55	0,56
	5	0,48	0,47	0,47	0,48	0,50	0,50	0,50	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,56	0,57	0,57	0,59	0,60	0,60
	7	0,48	0,44	0,44	0,44	0,45	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,50	0,52	0,52	0,53	0,53	0,54	0,54
	8	0,44	0,45	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,51	0,53	0,53	0,54	0,56	0,56
	9	0,4	0,41	0,41	0,41	0,42	0,42	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,46	0,47	0,47	0,49	0,50	0,51	0,51
Трубы ребристые чугунные	1	0,58	0,59	0,59	0,59	0,60	0,60	0,61	0,62	0,63	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,69	0,70	0,72	0,74
	2	0,52	0,53	0,53	0,53	0,54	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,62	0,63	0,65	0,67
	3	0,46	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48	0,49	0,50	0,50	0,52	0,53	0,54	0,54	0,55	0,55	0,56	0,58	0,59
Трубы стальные $D = 40 - 100$	1	Независимо от расхода воды $\varphi = 1{,}58$																	
	2	Независимо от расхода воды $\varphi = 1{,}3$																	
	3																		
	4																		

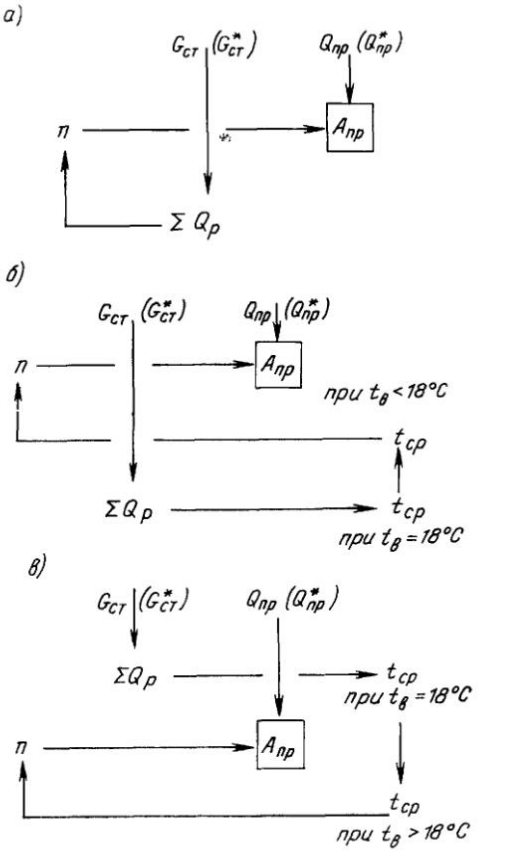


Рис. 9.2. Ключ к табл. 9.8 для определения требуемой площади $A_{пр}$ отопительных приборов при $t_в = 18°C$ (*а*), при $t_в < 18°C$ (*б*), при $t_в > 18°C$ (*в*)

ратуры воды от 150°С (выбрана за исходную при составлении табл. 9.8) до температуры ($t_г - \Sigma\Delta t_м$):

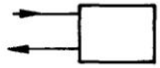
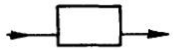
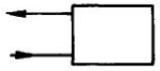
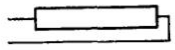
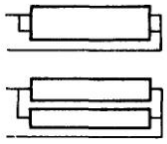
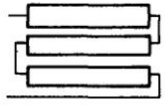
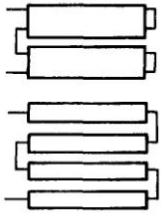
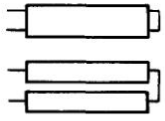
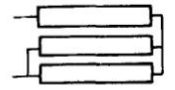
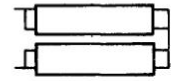
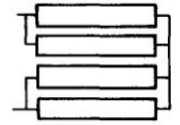
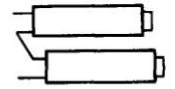
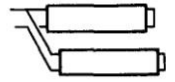
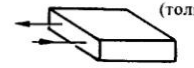
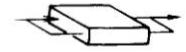
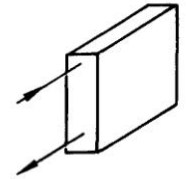
$$Q_ф = G_{таб}\, c\,[150 - (t_г - \Sigma\Delta t_м)]; \qquad (9.18)$$

$G_{таб}$ – принятое ближайшее табличное значение расхода воды в стояке (ветви) $G_{ст}$. Остальные обозначения см. к формулам (9.7) и (9.10)

Табл. 9.8 составлена для расчета площади отопительных приборов по их тепловым нагрузкам с поправочным коэффициентом φ ($Q_{пр}/\varphi$). При расчете в Вт цифры в заголовке таблицы одновременно обозначают и расходы воды в стояке $G_{ст}$. При расчете в ккал/ч тепловые нагрузки приборов и расходы воды в стояке берут в заголовке по отдельным горизонтальным строчкам с пометкой звездочкой, т. е. $Q^*_{пр}$ и $G^*_{ст}$. Требуемую площадь $A_{пр}$ находят по табл. 9.8 в зависимости от $G_{ст}$, $Q_{пр}/\varphi$ и $t_в$, применяя ключ (рис. 9.2). Значения φ принимаются по табл. 9.9 в зависимости от расхода

ТАБЛИЦА 9.10

СХЕМЫ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ К ТРУБАМ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

№ схемы	Схема присоединения
	Радиаторы чугунные секционные, стальные панельные типов РСВ, РСГ
1	
2	
3	
	Конвекторы типов «Аккорд», «Коралл», «Прогресс», ребристые и гладкие трубы
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
	
8	
9	
	Конвекторы с кожухом типа «Комфорт 20», «Ритм», «КВ», «Универсал»
1	
2	 (только для «КВ»)
3	
4	

Примечание. Блоки приборов из ребристых и гладких труб по схемам № 2, 3, 4, 5, 6, 7, а также блоки приборов «Прогресс», «Аккорд», по схемам № 5, 7, 8, 9 промышленность не изготовляет. При необходимости обвязка может производиться на месте монтажа.

воды и схемы присоединения приборов по табл. 9.10.

Если действительный расход воды в стояке (ветви) $G_{ст}$, полученный в результате повторного гидравлического расчета системы (для системы с конвекторами), отличается от первоначально принятого $G'_{таб}$, то уточненную площадь $A_{пр}$ определяют по значению $\Sigma Q_р$ [см. формулу

ТАБЛИЦА 9.11

ЗНАЧЕНИЯ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА Ψ, УЧИТЫВАЮЩЕГО ДВИЖЕНИЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ПРИБОРЕ СНИЗУ-ВВЕРХ

Тепловой поток прибора, Вт (ккал/ч)	Значения Ψ при расходе воды в подводке к прибору $G_{пр}$, кг/ч																		
	30	35	40	45	50	60	70	100	140	180	225	275	335	400	470	600	800	1000	
Радиаторы чугунные секционные и стальные панельные РСВ1																			
До 400 (344)	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0			
400–525 (344–451)	0,92	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0		
525–700 (451–602)	0,89	0,89	0,92	0,93	0,95	0,95	0,95	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0	
700–870 (602–748)	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	
870–1000 (748–860)	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,92	0,93	0,95	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	
1000–1150 (860–989)		0,84	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,94	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	

(9.17)], измененному на величину

$$\Delta Q_{ф} = 10^{-2}\left(\frac{G_{таб}}{G'_{таб}} - 1\right) Q_{ф}, \qquad (9.19)$$

где $G_{таб}$ – табличное значение расхода воды в стояке (ветви), принятое по действительному значению $G_{ст}$.

При пользовании табл. 9.8 следует иметь в виду, что при расходе воды в приборе менее 160 кг/ч (при тепловой нагрузке в ккал/ч менее 186 кг/ч) нужно принимать увеличенные в 10 раз значения $G_{ст}$ и $\Sigma Q_{р}$; при тепловой нагрузке более 1550 Вт (более 1330 ккал/ч) определять $A_{пр}$ половины прибора по уменьшенной в 2 раза тепловой нагрузке или, определив $A_{пр}$ по величине $Q_{пр}$, полученную площадь $A_{пр}$ разделить на φ.

Требуемую площадь $A_{пр}$, м², приборов двухтрубных систем отопления можно определять также по табл. 9.8 по значениям $t_{в}$ и $t_{ср}$, вычисляя $t_{ср}$ по формуле (9.8). После определения $A_{пр}$ отопительных приборов находят их расчетную площадь $A_{р}$, м²,

$$A_{р} = A_{пр}\beta_4/b, \qquad (9.20)$$

где b принимают по табл. 9.1, а β_4 – по табл. 9.12.

Сопоставляя площадь $A_{р}$ со значениями площади нагревательной поверхности приборов (A, м²), приведенными в прил. X, выбирают необходимый типоразмер и номинальный тепловой поток прибора, учитывая, что площадь выбираемого прибора не должна быть меньше $A_{р}$. Некоторые приборы (имеющие отличный от основного ряда коэффициент теплопередачи) следует подбирать по условному значению A, которое дано в графе A прил. X. в знаменателе дроби со звездочкой.

По значению $A_{р}$ для чугунных секционных радиаторов вычисляют минимальное число секций по формуле

$$N_{мин} = \frac{A_{р}}{a_{с}\beta'_3}, \qquad (9.21)$$

где $a_{с}$ – площадь нагревательной поверхности одной секции, м²; β'_3 – коэффициент учета числа секций в приборе (для радиаторов МС-140 коэффициент β'_3 заменяется на β_3)

$$\beta'_3 = 0{,}97 + \frac{0{,}06}{A_{р}}. \qquad (9.22)$$

По результатам расчета по формулам (9.21) и (9.22) при $\beta_4 = 1$ составлена табл. 9.13. Расчетное число секций принимают по

Продолжение табл. 9.11

Тепловой поток прибора, Вт (ккал/ч)	Значения Ψ при расходе воды в подводке к прибору $G_{пр}$, кг/ч																	
	30	35	40	45	50	60	70	100	140	180	225	275	335	400	470	600	800	1000
1150–1500 (989–1290)				0,85	0,86	0,89	0,90	0,93	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
1500–1750 (1290–1505)						0,87	0,88	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
1750–2000 (1505–1720)							0,86	0,90	0,93	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99
2000–2300 (1720–1978)								0,88	0,91	0,93	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99
2300 2500 (1978 2150)								0,88	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99
2500–2750 (2150–2365)								0,86	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99
2750–3000 (2365–2580)								0,85	0,89	0,92	0,93	0,95	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98

Для двухтрубных систем ($\Delta t = 95 - 70$ °С) Ψ = 0,85

Конвекторы настенные «Аккорд», «Универсал», «Универсал С» и приборы типа «Коралл» в двухрядном исполнении по высоте

До 400 (344)	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0								
400–525 (344–451)	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0							
525–700 (451–602)	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0						
700 870 (602–748)	0,95	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0					
870–1000 (748–860)		0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0				
1000–1150 (860–989)			0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0			
1150–1500 (989–1290)				0,95	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0		
1500 1750 (1290–1505)						0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0	
1750–2000 (1505–1720)							0,95	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0	
2000–2300 (1720–1978)								0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0
2300–2500 (1978–2150)								0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
2500–2750 (2150–2365)								0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
2750–3000 (2365–2580)									0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

Для двухтрубных систем ($\Delta t = 95 - 70$ °С) Ψ = 0,95

ТАБЛИЦА 9.12

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА β_4, УЧИТЫВАЮЩЕГО СПОСОБ УСТАНОВКИ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

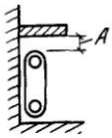
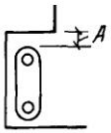
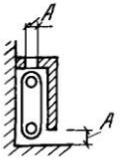
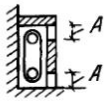
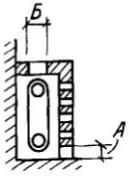
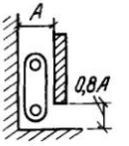
Эскиз установки прибора	Способ установки прибора	A, мм	β_4
	У стены без ниши и перекрыт доской в виде полки	40 80 100	1,05 1,03 1,02
	В стенной нише	40 80 100	1,11 1,07 1,06
	У стены без ниши и закрыт деревянным шкафом со щелями в его передней стенке у пола и в верхней доске	260 220 180 150	1,12 1,13 1,19 1,25
	То же, но с щелями в верхней части передней доски открытыми закрытыми сетками	 130 130	 1,2 1,4
	У стены без ниши и закрыт шкафом в верхней доске шкафа прорезана щель *Б*, ширина которой не менее глубины прибора. Спереди шкаф закрыт деревянной решеткой, не доходящей до пола на расстояние *А* (не менее 100 мм)	100	1,15
	У стены без ниши и закрыт экраном, не доходящим до пола на расстояние 0,8 *А*		0,9

ТАБЛИЦА 9.13

РАСЧЕТНАЯ ПЛОЩАДЬ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЧУГУННЫХ СЕКЦИОННЫХ РАДИАТОРОВ $A_р$

Число секций	Расчетная площадь нагревательной поверхности радиатора $A_р$, м², при типе прибора					
	МС-140-108	МС-140-98	М-140 АО	М-140 А	М-90	МС-90-108
2	0,49	0,48	0,6	0,55	0,55	0,42
3	0,73	0,72	0,93	0,8	0,64	0,60
4	0,97	0,96	1,22	1,04	0,84	0,78
5	1,21	1,2	1,51	1,29	1,06	0,97
6	1,46	1,44	1,80	1,54	1,22	1,15

Продолжение табл. 9.13

Число секций	Расчетная площадь нагревательной поверхности радиатора $A_р$, м², при типе прибора					
	МС-140-108	МС-140-98	М-140 АО	М-140 А	М-90 А	МС-90-108
7	1,70	1,68	2,09	1,78	1,42	1,33
8	1,94	1,92	2,38	2,03	1,61	1,51
9	2,19	2,16	2,67	2,28	1,8	1,69
10	2,43	2,4	2,96	2,52	2,0	1,84
11	2,67	2,64	3,25	2 77	2,19	2,05
12	2,92	2,88	3,54	3,02	2,39	2,24
13	3,16	3,12	3,83	3,26	2,58	2,42
14	3,40	3,36	4,12	3,51	2,77	2,60
15	3,64	3,6	4,41	3,75	2,97	2,78
16	3,81	3,76	4,7	4,0	3,16	2,99
17	4,05	4,0	4,99	4,25	3,36	3,14
18	4,29	4,23	5,28	4,49	3,55	3,22
19	4,52	4,47	5,57	4,74	3,74	3,50
20	4,76	4,7	5,86	4,99	3,94	3,69
21	4,90	4,83	6,15	5,23	4,13	3,87
22	5,13	5,07	6,44	5,48	4,32	4,05
23	5,36	5,3	6,73	5,73	4,52	4,23
24	5,60	5,53	7,02	5,97	4,71	4,41
25	5,83	5,76	7,31	6,22	4,91	4,59

табл. 9.13 по ближайшему большему значению $A_р$.

9.6. Примеры теплового расчета отопительных приборов

Пример 9.1. Определить число секций чугунного секционного радиатора М-90, устанавливаемого у наружной стены без ниши под подоконником (на расстоянии от него 40 мм) на пятом этаже пятиэтажного здания, в двухтрубной насосной системе водяного отопления с нижним расположением магистралей (принята схема 2 присоединения прибора), если $t_г = 95°С$, $t_о = 70°С$, $t_в = 20°С$, понижение температуры воды в подающей магистрали до стояка $\Sigma\Delta t_м = 2°С$, $Q_п = 1148$ Вт. Барометрическое давление в месте строительства 1013,3 гПа (760 мм рт. ст.).

Принимаем высоту этажа здания 2,5 м в чистоте, средний расход воды в стояке 250 кг/ч, диаметр труб $D_у = 20$ мм. Тогда суммарное понижение температуры воды в подающем стояке, проложенном через первый – четвертый этажи здания, найдем по формуле (9.9)

$$\Sigma\Delta t_{п\ ст} = \frac{78 \cdot 10 \cdot 1{,}03 \cdot 1{,}02 \cdot 3600}{4187 \cdot 250} = 2{,}8°С,$$

где 78 Вт/м – теплоотдача 1 м вертикальной трубы (см. табл. II.22).

Расход воды в радиаторе по формуле (13.14)

$$G_{пр} = \frac{Q_п \beta_1 \beta_2}{c(t_{вх} - t_{вых})} = \frac{1148 \cdot 1{,}03 \cdot 1{,}02 \cdot 3600}{4187(95 - 2 - 2{,}8 - 70)} =$$

$$= 52 \text{ кг/ч}.$$

Средняя температура воды в радиаторе по формуле (9.8) с учетом понижения температуры воды в подающих магистрали и стояке $t_{ср} = 0{,}5(95 - 2 - 2{,}8 + 70) = 80{,}1°C$. Тогда разность температуры $\Delta t_{ср} = 80{,}1 - 20 = 60{,}1°C$.

Теплоотдачу подводок вертикальных (0,3 м) и горизонтальных (2,0 м) труб $D_у = 15$ мм вычисляем при $t_{вх} = 95 - 2 - 2{,}8 \approx 90°C$ и $t_{вых} = 70°C$ по формуле (9.13)

$$Q_{тр} = 59 \cdot 0{,}15 + 77 \cdot 0{,}35 + 37 \cdot 0{,}15 + 50 \cdot 1{,}65 = 124 \text{ Вт}.$$

По формуле (9.12) $Q_{пр} = 1148 - 0{,}9 \cdot 124 = 1036$ Вт.

Пользуясь табл. 9.1 и 9.2, по формуле (9.8) определим значение комплексного коэффициента $\varphi_к$

$$\varphi_к = \left(\frac{60{,}1}{70}\right)^{1{,}15} \cdot \left(\frac{52}{360}\right)^{0{,}08} \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}092 = 0{,}78;$$

тогда требуемый номинальный тепловой поток по формуле (9.11) составит

$$Q_{н.т} = \frac{1036 \cdot 0{,}95}{0{,}78} = 1262 \text{ Вт}.$$

Используя значение $Q_{н.у}$ одной секции радиатора М-90 (см. прил. X), определим ориентировочное число секций прибора $N = 1262/140 = 9{,}01$.

Вычислим затем по формуле (9.15)

$$\beta_3 = 0{,}97 + \frac{34}{9 \cdot 140} = 0{,}997,$$

находим по формуле (9.14) минимальное число секций прибора при $\beta_4 = 1{,}05$ по табл. 9.12

$$N_{мин} = \frac{1262 \cdot 105}{140 \cdot 0{,}997} = 9{,}5.$$

Принимаем к установке десять секций.

Пример 9.2. По условиям примера 9.1, по вычисленному значению $t_{ср} = 80{,}1°C$ определить число секций радиатора, используя данные табл. 9.8.

По табл. 9.9 для радиатора М-90, подключенного по схеме *2*, при $G_{пр} = 52$ кг/ч находим $\varphi = 1{,}17$.

По табл. 9.8 при $Q_{пр}/\varphi = \frac{1036 \cdot 0{,}95}{1{,}17} = 833$, $t_{ср} = 80{,}1°C$ и $t_в = 20°C$ находим $A_{пр} = 1{,}8$ м^2.

Так как в формуле (9.20) коэффициент $b = 1$, а $\beta_4 = 1{,}05$, то $A_р = A_{пр}\ 1{,}05 = 1{,}89$ м^2.

По табл. 9.13 число секций в приборе $N = 10$.

Пример 9.3. Определить значения $\Sigma Q_р$ для приборов, присоединенных по проточной схеме к однотрубному стояку системы отопления четырехэтажного здания с верхним расположением подающей магистрали при параметрах теплоносителя $\Delta t = 95 - 70°C$. Тепловые нагрузки приборов на каждом этаже: $Q_{п_4} = 1200$; $Q_{п_3} = 1100$; $Q_{п_2} = 1000$; $Q_{п_1} = 1300$ Вт. Падение температуры воды в подающей магистрали до стояка $\Sigma \Delta t_м = 2°C$. Расход воды в стояке $G_{ст} = 200$ кг/ч.

Так как в системе $t_г < 150°C$, по формуле (9.18) находим общую для приборов стояка фиктивную тепловую нагрузку $Q_ф = 200 \times 4187[150 - (95 - 2)]:3600 = 13259$ и, пользуясь формулой (9.17), определим значение $\Sigma Q_р$ перед каждым прибором стояка, считая, что коэффициент затекания $\alpha = 1$:

прибор на 4 этаже

$$\Sigma Q_р = 10^{-2}(13259 + 0 + 115 + 0{,}5 \cdot 1200) = 139{,}7;$$

прибор на 3 этаже

$$\Sigma Q_р = 10^{-2}(13259 + 1200 + 115 \cdot 2 + 0{,}5 \times 1100) = 153;$$

прибор на 2 этаже

$$\Sigma Q_р = 10^{-2}(13259 + 1200 + 1100 + 115 \cdot 3 + 0{,}5 \cdot 1000) = 164;$$

прибор на 1 этаже

$$\Sigma Q_р = 10^{-2}(13259 + 1200 + 1100 + 1000 + 115 \cdot 4 + 0{,}5 \cdot 1300) = 176{,}7.$$

Пример 9.4. При барометрическом давлении в месте строительства 1013,3 гПа (760 мм рт. ст.) по значениям $\Sigma Q_р$, подсчитанным в примере 9.3, определить по табл. 9.8 требуемую площадь отопительных приборов, в качестве которых приняты конвекторы «Универсал», а их тепловые нагрузки $Q_{пр}$, подсчитанные по формуле (9.12), уменьшены на 5% или 60 Вт и составляют: $Q_{пр_4} = 1000$ Вт при $t_в = 18°C$; $Q_{пр_3} = 950$ Вт при $t_в = 18°C$; $Q_{пр_2} = 800$ Вт при $t_в = 18°C$; $Q_{пр_1} = 1160$ Вт при $t_в = 20°C$.

По табл. 9.9 при расходе воды $G_{пр} = 200$ кг/ч, подаче ее сверху–вниз и присоединении прибора по схеме 4 коэффициент $\varphi = 0{,}61$.

Так как для большинства приборов $Q_{пр}/\varphi > 1550$, то, определив по табл. 9.8 значение $A_{пр}$ по величине $Q_{пр}$, полученную площадь делим на коэффициент φ.

Пользуясь ключом (см. рис. 9.2, *а*), по табл. 9.8 находим:

прибор на 4 этаже

$$A_{пр} = 1{,}72/0{,}61 = 2{,}82 \text{ м}^2;$$

прибор на 3 этаже

$$A_{пр} = 1{,}82/0{,}61 = 2{,}98 \text{ м}^2;$$

прибор на 2 этаже

$$A_{пр} = 1{,}69/0{,}61 = 2{,}77 \text{ м}^2;$$

прибор на 1 этаже (ключ по рис. 9.2, *в*)

$$A_{пр} = 2{,}84/0{,}61 = 4{,}65 \text{ м}^2.$$

Пример 9.5. Уточнить площадь нагревательной поверхности конвекторов, полученную в примере 9.4, считая, что в результате гидравлического расчета окончательный расход воды в стояке и приборе составляет $G_{пр} = 180$ кг/ч. По уточненной площади подобрать типоразмер приборов.

По табл. 9.9 $\varphi = 0{,}61$ (остается без изменения).

По формуле (9.19) при $Q_ф \cdot 10^{-2} = 132{,}6$

$$\Delta Q_ф = 132{,}6\left(\frac{180}{200} - 1\right) = -13.$$

По полученной величине $\Delta Q_ф$ исправляем значения $\Sigma Q_р$ (см. пример 9.3) и, определив расчетную площадь $A_р$ по прил. X, находим типоразмер прибора:

прибор на 4 этаже

$$\Sigma Q_р = 139{,}7 - 13 = 126{,}7;$$

По табл. 9.8 требуемая площадь $A_{пр} = 1{,}72/0{,}61 = 2{,}82$ м^2.

Так как в формуле (9.20) коэффициенты b и β_4 равны единице, $A_р = A_{пр} = 2{,}82$ м^2.

По прил. X принимаем к установке конвектор «Универсал» КН20-1,049К;

прибор на 3 этаже

$$\Sigma Q_р = 153 - 13 = 140;$$
$$A_р = 1{,}86/0{,}61 = 3{,}05 \text{ м}^2.$$

Устанавливаем конвектор КН20-1,18К;

прибор на 2 этаже

$$\Sigma Q_р = 164 - 13 = 151;$$
$$A_р = 1{,}73/0{,}61 = 2{,}84 \text{ м}^2.$$

Устанавливаем конвектор КН20-1,049К:

прибор на 1 этаже

$$\Sigma Q_р = 176{,}7 - 13 = 163{,}7;$$
$$A_р = 3{,}53/0{,}61 = 5{,}79 \text{ м}^2.$$

Устанавливаем последовательно два конвектора общей площадью $A_р = 2{,}57 + 3{,}30 = 5{,}87$ м^2.

Приняты к установке конвекторы КН20-0,918П и КН20-1,18К.

9.7. Регулирование теплопередачи отопительных приборов

В системах водяного отопления применяется качественное и количественное регулирование: качественное – центральное (на тепловой станции), групповое (в центральном тепловом пункте) и местное (в тепловом пункте здания); количественное (кроме указанных мест) индивидуальное у каждого отопительного прибора.

При местном регулировании повышению тепловой устойчивости системы способствует сокращение количества циркулирующей воды по мере понижения температуры воды, подаваемой в систему. Тепловая устойчивость системы водяного отопления здания обеспечивается при проведении автоматического пофасадного качественно-количественного регулирования: качественного по изменению температуры наружного воздуха и скорости ветра, качественного и количественного – по отклонению температуры в воздухе в характерных помещениях.

В системах парового отопления применяется количественное регулирование.

Индивидуальное количественное регулирование может быть ручным и автоматическим. Автоматическое регулирование предусматривается в соответствии с требованиями главы СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». Для ручного регулирования при паровом отоплении применяют вентили с золотником без прокладки; при водяном отоплении – регулирующие краны. Вентили и краны КРП и КРТ с пониженным гидравлическим сопротивлением используют в однотрубных системах, краны с повышенным гидравлическим сопротивлением (двойного регулирования КРД, проходные КРП с дросселирующим устройством, «Термис» и пр.) – в двухтрубных. Конвекторы типа КН («Комфорт-20», «Универсал») имеют регулирующие воздушные кла-

паны; в однотрубных системах такие конвекторы устанавливают без регулирующих кранов, в двухтрубных с кранами КРД.

При прерывистом отоплении обеспечивается общее отключение отопительных приборов помещений с переменным тепловым режимом.

Для автоматического регулирования служат регуляторы прямого и косвенного действия. Их гидравлическое сопротивление должно быть пониженным в однотрубных и повышенным в двухтрубных системах.

9.8. Установка отопительных приборов

Расстояния от строительных конструкций зданий до отопительных приборов и между приборами следует принимать в соответствии с нормативными указаниями (см также рис. 9.1).

Приборы с теплоносителем при температуре выше 105°С необходимо размещать на расстоянии не менее 100 мм от сгораемых элементов зданий. При размещении приборов следует учитывать возможность прокладки подводок к ним по прямой линии.

В помещениях категорий *А*, *Б* и *В* не допускается размещать отопительные приборы в нишах, за исключением лестничных клеток, где выступы приборов не должны сокращать необходимую ширину проходов.

При смещенной установке отопительного прибора от оси светового проема стояк располагают на расстоянии 150 ± 50 мм от откоса проема, а длину подводки принимают 360–400 мм при трубах $D_y = 15$–20 мм и 500 мм при трубах D_y 25 мм.

Устанавливают отопительные приборы на кронштейнах, болтах или металлических подставках.

Отопительные приборы без воздушного клапана для возможности регулирования теплопередачи соединяют «на сцепке» в пределах одного помещения, за исключением вспомогательных помещений (коридоров, кладовых и т. п., а также кухонь жилых зданий), где допускается приборы присоединять на сцепке к приборам соседних помещений. Диаметр соединительных труб сцепки принимают по диаметру отверстий в приборах, длина сцепки не должна превышать 1,5 м. Число приборов, соединяемых на сцепке, при односторонней подводке к приборам от однотрубных и двухтрубных стояков должно быть не более двух.

Разносторонняя подводка труб к радиаторам от двухтрубных стояков рекомендуется при числе секций более 25 или при установке более двух приборов, соединенных на сцепке.

Размеры отверстий при открытой прокладке и борозд при скрытой прокладке в строительных конструкциях принимаются в зависимости от вида прокладываемого теплопровода (табл. 9.14).

ТАБЛИЦА 9.14

РАЗМЕРЫ ОТВЕРСТИЙ И БОРОЗД В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Теплопровод	Размеры, мм	
	отверстия	борозды
Стояк		
однотрубный	100 × 100	130 × × 130
двухтрубный	150 × 100	200 × × 130
Подводка к прибору и сцепка	100 × 100	60 × 60
Магистраль	250 × 300	–
Главный стояк	200 × 200	200 × × 200

ГЛАВА 10. ВОДЯНОЕ ОТОПЛЕНИЕ

10.1. Общие сведения

Водяное отопление применяется при местном и централизованном теплоснабжении. Система отопления состоит из теплового пункта, магистралей, отдельных стояков и ветвей с приборными узлами.

Принципиальная схема системы насосного водяного отопления при местном теплоснабжении дана на рис. 10.1, *а* На схеме показан открытый расширительный бак, присоединенный к общей обратной магистрали перед циркуляционным насосом.

Принципиальные схемы систем водяного отопления при централизованном водяном теплоснабжении изображены на рис. 10.1, *б*–*д*. Насосную систему, гидравлически независимо присоединенную к наружным теплопроводам (см. рис. 10.1, *б*), применяют для создания местного теплогидравлического режима при

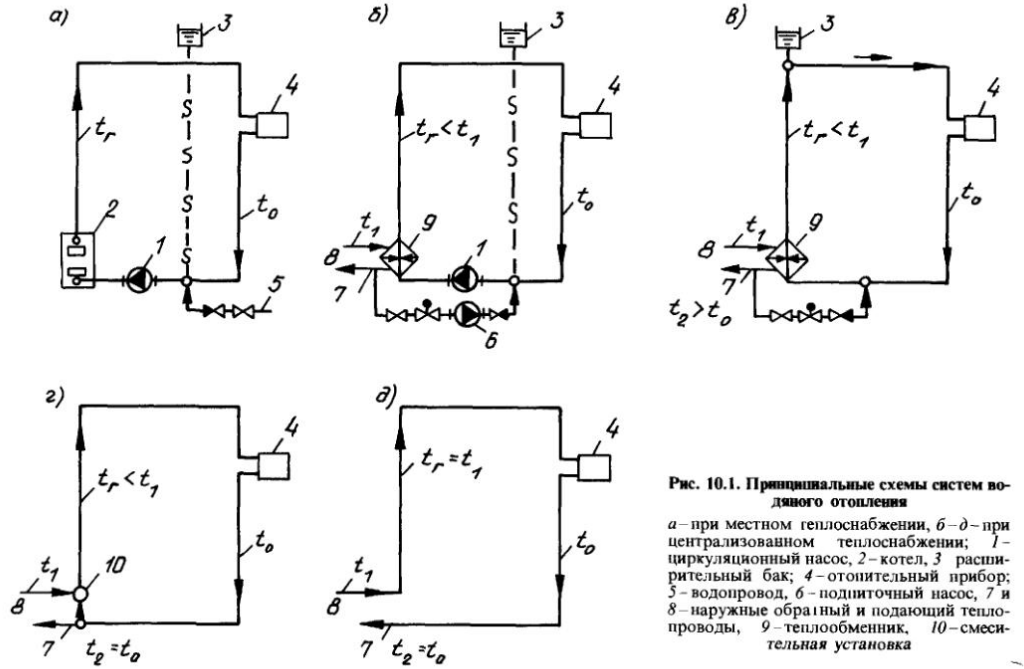


Рис. 10.1. Принципиальные схемы систем водяного отопления

а – при местном теплоснабжении, *б* – *д* – при централизованном теплоснабжении; *1* – циркуляционный насос, *2* – котел, *3* расширительный бак; *4* – отопительный прибор; *5* – водопровод, *6* – подпиточный насос, *7* и *8* – наружные обратный и подающий теплопроводы, *9* – теплообменник, *10* – смесительная установка

$t_г < t_1$. В гидравлически независимой гравитационной системе (см. рис. 10.1, *в*) отсутствует циркуляционный насос, расширительный бак присоединен к верхней точке труб.

Систему, непосредственно (зависимо) присоединенную к наружным теплопроводам со смешением воды (см. рис. 10.1, *г*), используют для получения $t_г < t_1$, когда в ней допускается повышение гидростатического давления до давления, под которым находится вода в наружном обратном теплопроводе. Температура воды t_1 в наружном подающем теплопроводе понижается до температуры $t_г$ с помощью смесительного насоса или водоструйного элеватора.

Систему, присоединенную к наружным теплопроводам без смешения воды (см. рис. 10.1, *д*), применяют тогда, когда в ней допускается $t_г = t_1$ без местного качественного регулирования.

В насосных системах водяного отопления устанавливают специальные малошумные циркуляционные насосы (рис. 10.2, *а*) и центробежные насосы общепромышленного назначения (рис. 10.2, *б*). Предпочтение отдается малошумным циркуляционным насосам, закрепляемым на трубах без фундамента. Такой насос выбирают по заводской характеристике (рис. 10.3, *а*)

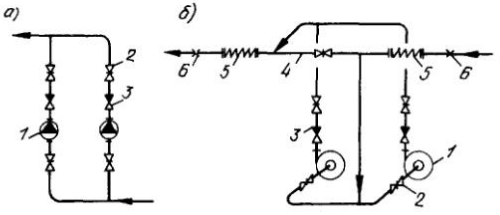


Рис. 10.2. Схемы присоединения труб к циркуляционным бесфундаментным (*а*) и общепромышленным (*б*) насосам

1 – насос, *3* – задвижка; *3* – обратный клапан; *4* – обводная труба с задвижкой (нормально закрыта), *5* – виброизолирующая вставка; *6* неподвижная опора

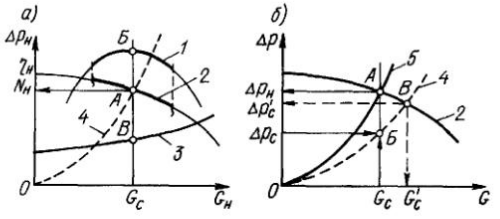


Рис. 10.3. Характеристики циркуляционных насосов

а – бесфундаментного; *б* общепромышленного; *1*, *2*, *3* – характеристики соответственно КПД, давления, мощности; *4* и *5* – характеристики системы отопления до и после регулирования

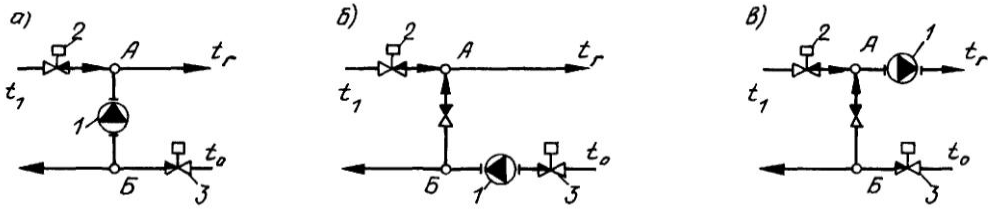


Рис. 10.4. Принципиальные схемы смесительной установки с насосом на перемычке между магистралями системы отопления (*а*), на обратной магистрали (*б*), на подающей магистрали (*в*)

1 – смесительный насос; *2* – регулятор температуры; *3* – регулятор расхода воды в системе отопления

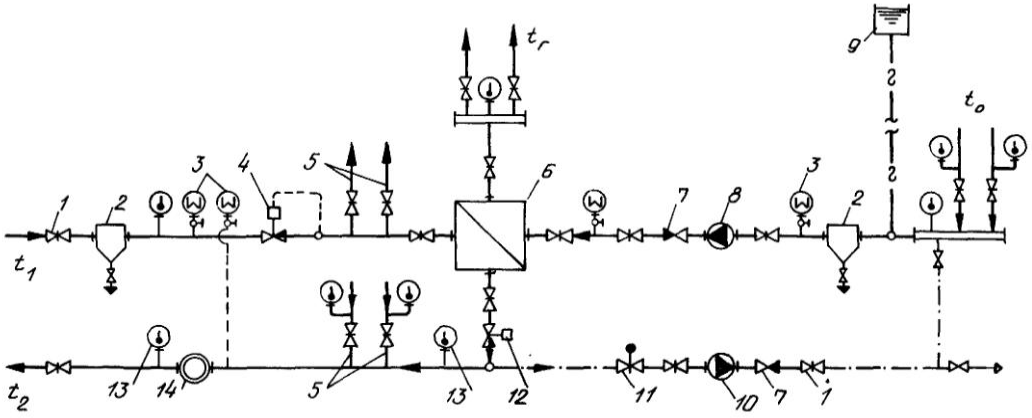


Рис. 10.5. Принципиальная схема местного теплового пункта при независимом присоединении системы насосного водяного отопления к наружным теплопроводам

1 – задвижка; *2* – грязевик; *3* – манометры; *4* – регулятор давления; *5* – ответвления к системам вентиляции и горячего водоснабжения; *6* – теплообменник; *7* – обратный клапан; *8* – циркуляционный насос; *9* – расширительный бак; *10* – подпиточный насос; *11* – клапан с электроприводом; *12* – регулирующий клапан; *13* – термометр; *14* – тепломер

в пределах высоких значений КПД в зависимости от общего расхода воды в системе отопления G_c, причем давление насоса $\Delta p_н$, развиваемое в рабочей точке A, принимают за исходное при гидравлическом расчете системы.

Высоконапорный насос общепромышленного назначения выбирают (с проверкой допустимости действующего гидростатического давления во всасывающем патрубке) также по заводской характеристике (рис. 10.3, *б*) в зависимости от расхода воды G_c и потерь давления в системе Δp_c. При этом излишек давления насоса в рабочей точке A (на рисунке показан ординатой $АБ$) должен быть устранен (например, путем применения регулятора давления) во избежание получения нерасчетных G'_c и $\Delta p'_c$. При выборе насоса учитывают также относительное изменение потерь давления в системе по формуле $-0,6 + z^{0,38}(0,16 + 0,05O_2)$ через z лет при содержании кислорода O_2, мг/л, в холодной воде.

Смесительный насос в зависимой системе отопления (см. рис. 10.1, *г*) можно устанавливать на перемычке между подающей и обратной магистралями (рис. 10.4, *а*) или включать в обратную (рис. 10.4, *б*) либо подающую (рис. 10.4, *в*) магистраль системы.

Давление, создаваемое смесительным насосом на перемычке [устанавливают, когда $(p_1 - p_2) \geqslant \Delta p_c$], предопределено разностью давления в наружных подающем (p_1) и обратном (p_2) теплопроводах.

Давление, создаваемое смесительным насосом на обратной или подающей магистрали [устанавливают, когда $(p_1 - p_2) < \Delta p_c$], определяет циркуляционное давление в системе отопления независимо от разности давления в наружных теплопроводах.

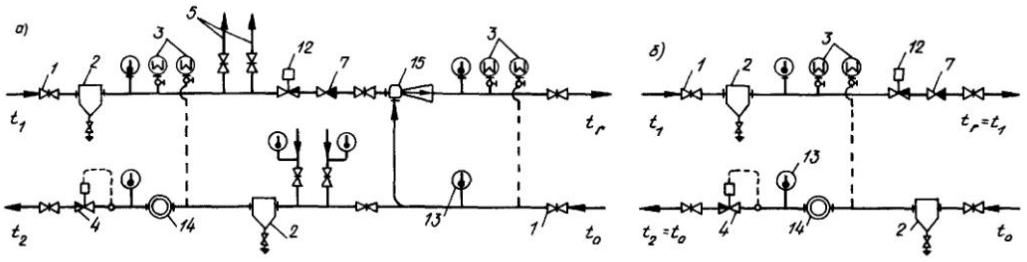


Рис. 10.6. Принципиальные схемы местного теплового пункта при непосредственном присоединении системы водяного отопления к наружным теплопроводам со смещением воды с помощью водоструйного элеватора *15* (*а*) и без смешения воды (*б*)

На рис. 10.5 показана принципиальная схема местного теплового пункта при независимом присоединении системы насосного водяного отопления к наружным теплопроводам с необходимой запорной, контрольно-измерительной и регулирующей арматурой. Теплообменников желательно устанавливать не менее двух. На подающем теплопроводе высокотемпературной воды помещают регулятор давления «после себя», на обратном теплопроводе – регулятор расхода, влияющий на температуру воды, поступающей в систему отопления.

На рис. 10.6, *а* изображена принципиальная схема установки водоструйного элеватора с контрольно-измерительными и другими приборами, характерными для местного теплового пункта при зависимом присоединении системы отопления к наружным теплопроводам со смешением высокотемпературной и охлажденной воды. Применяют также автоматизированный элеватор с регулируемым соплом (например, типа ЭРСА).

На рис. 10.6, *б* дана схема местного теплового пункта системы отопления, присоединенной к наружным теплопроводам, без смешения воды.

10.2. Классификация систем

Системы водяного отопления различают:

а) *по схеме соединения труб с отопительными приборами* – однотрубные с последовательным соединением приборов, двухтрубные с параллельным соединением приборов и бифилярные с последовательным соединением сначала всех первых половин приборов, затем для течения воды в обратном направлении всех вторых их половин;

б) *по положению труб, объединяющих отопительные приборы по вертикали или по горизонтали*, – вертикальные и горизонтальные;

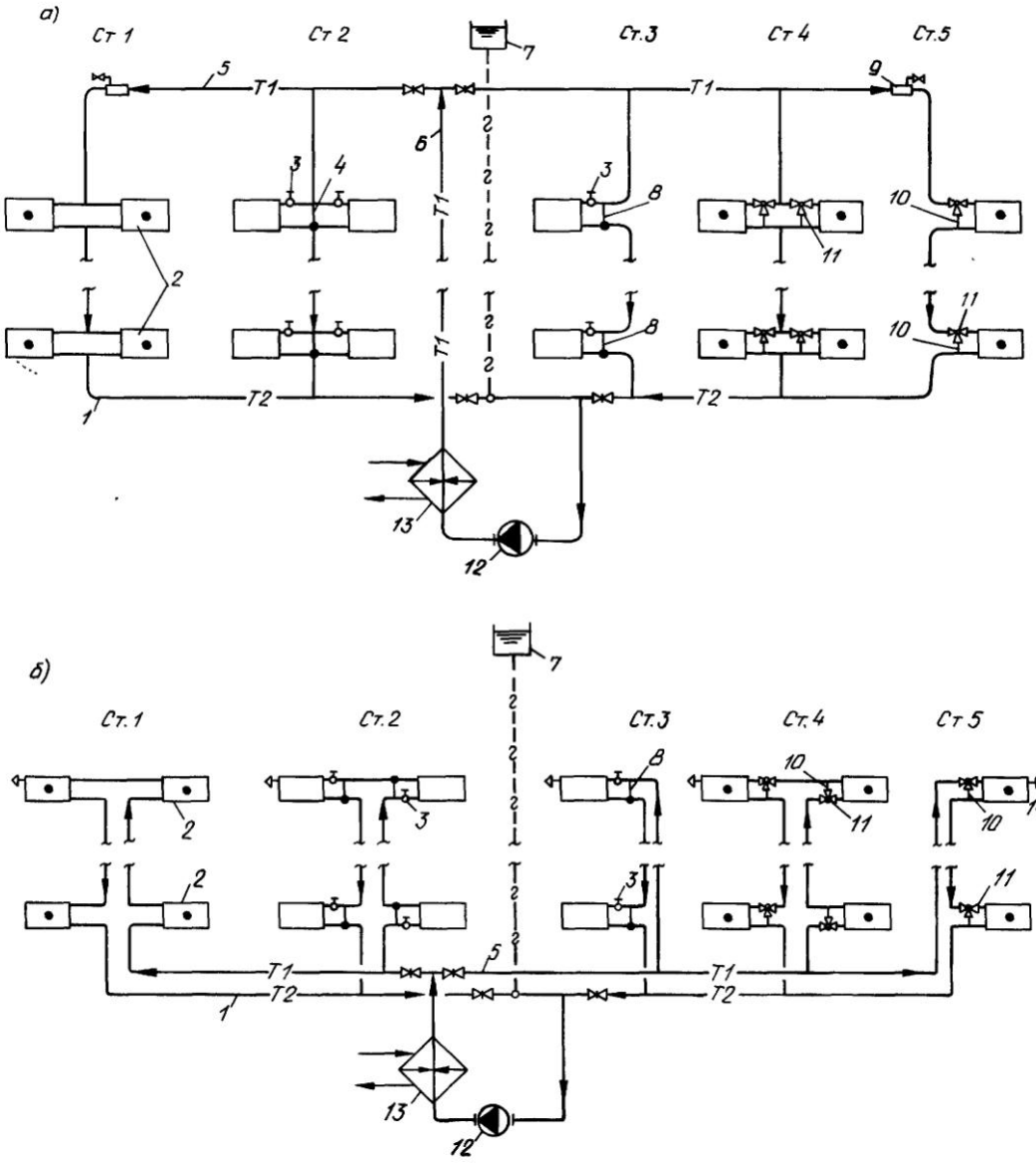
в) *по расположению магистралей* – с верхней разводкой при прокладке подающей магистрали выше отопительных приборов; с нижней разводкой при расположении и подающей и обратной магистралей ниже приборов; с «опрокинутой» циркуляцией воды при прокладке обратной магистрали выше приборов;

г) *по направлению движения воды в подающей и обратной магистралях* – с тупиковым (встречным) и попутным (в одном направлении) движением воды в магистралях.

На рис. 10.7, *а* приведена схема вертикальной однотрубной системы насосного водяного отопления с верхней разводкой, с двусторонним (стояки *1, 2, 4*) и односторонним (стояки *3, 5*) присоединением приборов к стоякам. Стояки показаны условно трех различных типов: нерегулируемого проточного (стояк *1*); с замыкающими участками осевыми (стояк *2*) и смещенными (стояк *3*) с проходными регулирующими кранами (КРП, поставленные со стороны входа теплоносителя в приборы); проточно-регулируемого с обходными участками (стояки *4, 5*) с трехходовыми регулирующими кранами (КРТ).

На рис. 10.7, *б* дана схема вертикальной однотрубной системы насосного водяного отопления с нижней разводкой и П-образными стояками условно трех типов (по аналогии с рис. 10.7, *а*): нерегулируемого проточного (стояк *1*), регулируемого со смещенными замыкающими участками и кранами КРП (стояки *2, 3*), проточно-регулируемого с обходными участками и кранами КРТ (стояки *4, 5*). При непарных отопительных приборах восходящую часть стояков делают «холостой» (стояки *3, 5*).

На рис. 10.7, *в* показана схема вертикальной однотрубной системы насосного отопления



с опрокинутой циркуляцией воды и проточным расширительным баком. Стояки могут быть проточными (стояки *1, 3*) или со смещенными обходными (стояки *2, 5*) и замыкающими (стояк *4*) участками. Проточный стояк *1* изображен с конвекторами типа «Комфорт-20», имеющими две горизонтально расположенные греющие трубы и регулирующий воздушный клапан.

На рис. 10.8 приведена схема горизонтальной однотрубной системы насосного водяного отопления с ветвями условно различной конструкции. Проточная ветвь *I* изображена для радиаторов, установленных на двух этажах, причем радиаторы на первом этаже объединены воздушной трубой, на втором этаже снабжены воздушными кранами. Бифилярная ветвь *II* показана для трубчатых отопительных приборов (конвекторов, гладких и ребристых труб). Ветвь *III* дана для регулируемых приборных узлов с кранами КРП и замыкающими участками постоянной длины с дросселирующими вставками. Аналогично может быть вы-

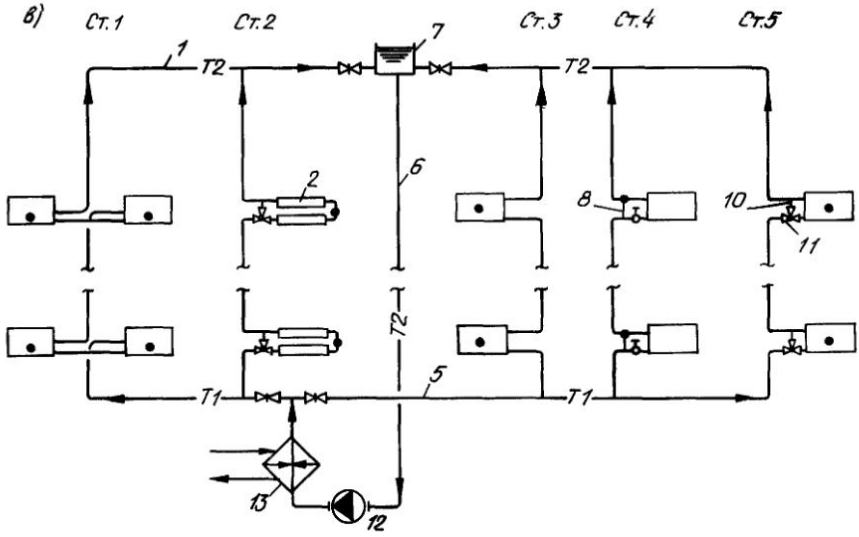


Рис. 10.7. Схемы вертикальных однотрубных систем насосного водяного отопления с верхней разводкой (*а*), с нижней разводкой (*б*) и с опрокинутой циркуляцией воды (*в*)

1 – обратная магистраль; *2* – отопительный прибор; *3* – кран регулирующий проходной; *4* – осевой замыкающий участок; *5* – подающая магистраль; *6* – главный стояк; *7* – расширительный бак; *8* – смещенный замыкающий участок; *9* – проточный воздухосборник; *10* – обходной участок; *11* – кран регулирующий трехходовой; *12* – циркуляционный насос; *13* – теплообменник; *14* – воздушные краны, черными точками помечены условные центры охлаждения воды в стояках

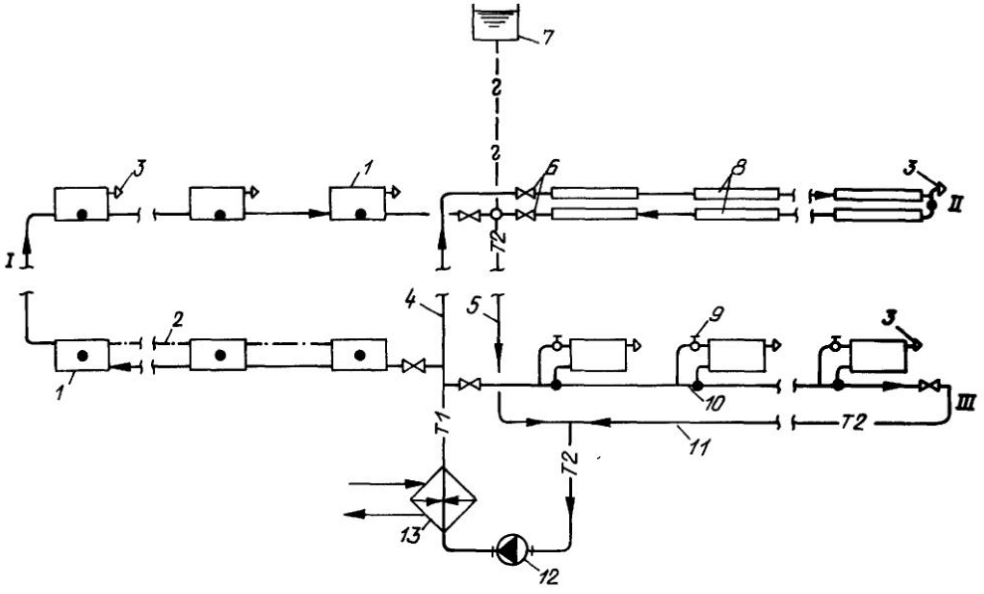


Рис. 10.8. Схема горизонтальной однотрубной системы насосного водяного отопления с ветвями

I – проточной для радиаторов на разных этажах; *II* – проточной бифилярной; *III* – с замыкающими участками постоянной длины; *1* радиаторы; *2* – воздушная труба; *3* – воздушные краны; *4* – подающий стояк; *5* – обратный стояк; *6* – вентили; *7* – расширительный бак, *8* – конвектор двухтрубный; *9* – кран регулирующий проходной, *10* замыкающий участок, *11* – обратная магистраль; *12* – циркуляционный насос; *13* – теплообменник (черными точками помечены условные центры охлаждения воды в ветвях)

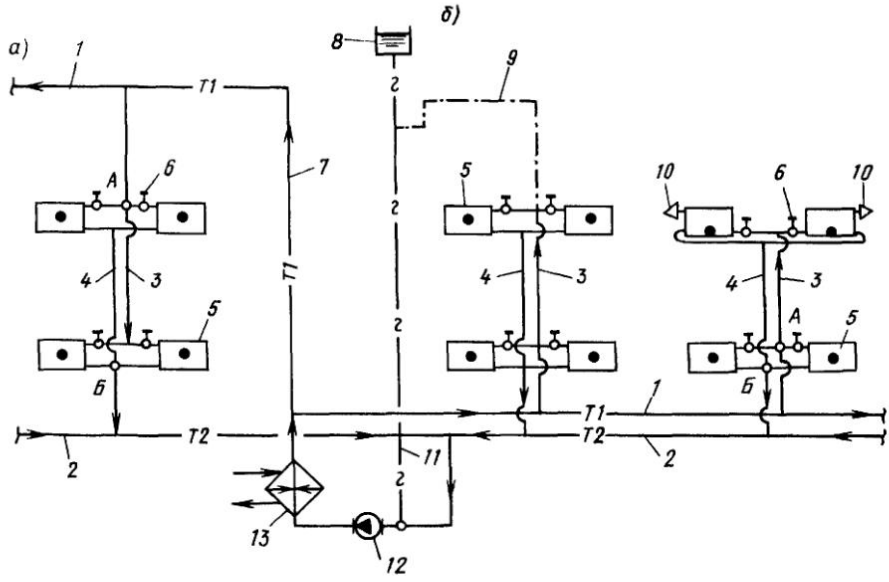


Рис. 10.9. Схема вертикальной двухтрубной системы насосного водяного отопления с верхней разводкой (*а*), с нижней разводкой (*б*)
1 и *2* – подающие и обратные магистрали; *3* и *4* – подающие и обратные стояки; *5* – отопительные приборы; *6* – краны двойной регулировки; *7* – главный стояк; *8* – расширительный бак; *9* – воздушная линия; *10* – воздушные краны; *11* – соединительная труба расширительного бака; *12* – циркуляционный насос; *13* – теплообменник

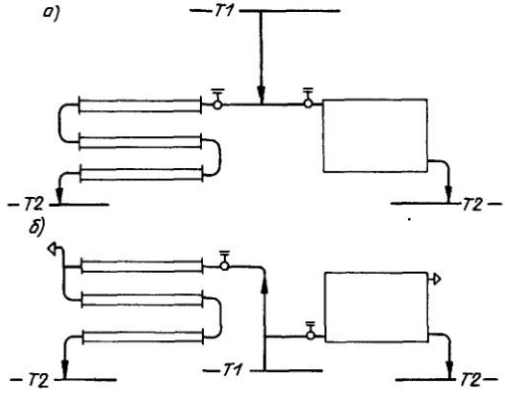


Рис. 10.10. Приборные узлы горизонтальной двухтрубной системы отопления с верхней разводкой (*а*), с нижней разводкой (*б*)

полнена ветвь с обходными участками и кранами КРТ, хотя в этом случае затруднен централизованный спуск воды.

На рис. 10.9 изображена схема вертикальной двухтрубной системы насосного водяного отопления с верхней (в левой части рисунка) и нижней разводкой. При нижней разводке удаление воздуха из системы может быть централизованным (через воздушную линию) и местным (через воздушные краны). В приборные узлы входят краны двойной регулировки (КРД) или краны повышенного гидравлического сопротивления – КРП с дросселирующим устройством (в системах отопления многоэтажных зданий с нижней разводкой).

Основные приборные узлы, относящиеся к горизонтальным двухтрубным системам с верхней разводкой показаны на рис. 10.10, *а*, с нижней разводкой – на рис. 10.10, *б*. Слева изображено змеевиковое (последовательное) соединение трубами таких приборов, как гладкие и ребристые трубы, плинтусные конвекторы, справа – присоединение колончатых радиаторов по схемам сверху – вниз (см. рис. 10.10, *а*) и снизу – вниз (см. рис. 10.10, *б*).

10.3. Последовательность проектирования системы

Исходные данные для проектирования: назначение и технология, планировка и строительные конструкции здания; климатические условия и положение здания на местности; источник теплоснабжения; температура помещений.

Расчет теплового режима. Теплотехни-

ческий расчет наружных ограждений конструкций, расчет теплового режима в помещениях, определение тепловых нагрузок для отопления (см. раздел I и гл. 8).

Выбор системы. Выбор параметров теплоносителя и гидравлического давления в системе, вида отопительных приборов и схемы системы (с технико-экономическим обоснованием в необходимых случаях).

Конструирование системы. Размещение отопительных приборов, стояков, магистралей и других элементов системы. Деление системы на части постоянного и периодического действия, для позонного и пофасадного регулирования. Назначение уклона труб; схемы движения, сбора и удаления воздуха; компенсации удлинения и изоляции труб; мест спуска и наполнения водой стояков и системы. Выбор вида запорно-регулирующей арматуры, ее размещение.

Конструирование заканчивают вычерчиванием схемы системы с нанесением тепловых нагрузок отопительных приборов и расчетных участков.

Теплогидравлический расчет системы. Гидравлический расчет системы. Тепловой расчет труб и приборов (см. гл. 9).

До гидравлического расчета проводят предварительный тепловой расчет (без учета теплоотдачи труб) отопительных приборов с греющими элементами из труб (конвекторы, змеевиковые радиаторы, бетонные панели), потери давления по длине которых заметно влияют на общие потери давления в стояках и ветвях. В этом случае предварительно выбранные размеры приборов уточняют после выполнения гидравлического расчета.

Допустимо делать окончательный тепловой расчет приборов любого вида до гидравлического расчета двухтрубных систем при скрытой прокладке труб.

После гидравлического расчета проводят сразу окончательный тепловой расчет «емкостных» отопительных приборов (радиаторы секционные и панельные колончатые, ребристые и гладкие трубы $D_y = 40 - 100$ мм), потери давления в которых допустимо оценивать по местному сопротивлению на входе и выходе воды, а также тепловой расчет гравитационной системы отопления малоэтажных зданий.

10.4. Выбор системы

При проектировании водяного отопления предпочтение отдается насосным однотрубным системам из унифицированных узлов и деталей с автоматическим пофасадным регулированием. Гравитационные системы применяют при отсутствии централизованного теплоснабжения, технико-экономическом обосновании их преимущества по сравнению с насосными или при технологической необходимости полного исключения шума и вибрации конструкций в здании.

Наиболее экономичные однотрубные системы проточного типа проектируют тогда, когда индивидуальное регулирование теплоотдачи отопительных приборов не обязательно или предусматривается установка приборов с воздушными регулирующими клапанами (например, конвекторов типа КН-20).

Однотрубные системы проточно-регулируемого типа (с кранами КРТ) используются в тех случаях, когда необходимо индивидуальное регулирование теплоотдачи приборов.

Однотрубные системы с замыкающими участками у приборов (с кранами КРП) применяют взамен проточно-регулируемых, когда требуется уменьшить потери давления в приборных узлах, несмотря на относительное увеличение площади нагревательной поверхности приборов (большее при узлах с осевым замыкающим участком, меньшее при узлах со смещенным замыкающим участком). Учитывают, что при смещенных замыкающих участках обеспечивается компенсация теплового удлинения этажестояков.

Вертикальные однотрубные системы рекомендуют для зданий, имеющих три этажа и более. Однотрубные системы с верхней разводкой устраивают для обеспечения централизованного удаления воздуха из системы вне рабочих помещений.

Однотрубные системы с нижней разводкой применяют в бесчердачных зданиях с техническими подпольями и подвалами, а также при необходимости поэтажно включать систему в действие в процессе строительства здания.

Однотрубные системы с опрокинутой циркуляцией воды устраивают преимущественно в зданиях повышенной этажности, в зданиях с обогреваемыми чердачными помещениями (с «теплыми» чердаками) или верхними техническими этажами. В таких системах рекомендуют

ют применять отопительные приборы с греющими элементами из стальных труб (например, конвекторы).

Однотрубные системы следует разделять на две последовательно соединенные части, когда расчетная разность температуры воды превышает 45°С (например, 130–70°С).

Горизонтальные однотрубные системы рекомендуется применять в протяженных зданиях, в зданиях с ленточным остеклением, в зданиях, где каждый этаж имеет различное технологическое назначение или тепловой режим.

Бифилярные системы целесообразно устраивать при одинаковых тепловых нагрузках приборов, при автоматическом поддержании заданной температуры помещений путем пофасадного (вертикальные системы) или поэтажного (горизонтальные системы) количественного регулирования теплоотдачи отопительных приборов.

Вертикальные насосные двухтрубные системы с нижней разводкой могут применяться в зданиях, состоящих из разноэтажных частей, с установкой у отопительных приборов кранов КРД (малоэтажные здания) или КРП с дросселирующим устройством, т.е. повышенного гидравлического сопротивления (многоэтажные – до восьми этажей – здания), а также при установке индивидуальных автоматических регуляторов у каждого отопительного прибора.

Двухтрубные системы с верхней разводкой можно устраивать в малоэтажных зданиях (один–два этажа), особенно при естественной циркуляции воды. Такие системы используются для квартирного отопления при радиусе действия не более 15 м по горизонтали. Применения горизонтальных насосных двухтрубных систем следует избегать; при выборе по необходимости такие системы делают с попутным движением воды в магистралях (при расчете строят эпюру циркуляционного давления – см. п. 10.9.1 и рис. 10.23).

Для сокращения длины и диаметра магистралей вертикальные системы отопления многоэтажных зданий рекомендуется применять с тупиковым движением воды, особенно если предусматривается автоматическое пофасадное регулирование. В насосных системах значительной протяженности при малой тепловой нагрузке стояков следует использовать для увязки потерь давления в параллельно соединенных участках (если расхождение при тупиковом движении воды превышает 15%) попутное движение воды в магистралях.

Предельная (расчетная) температура теплоносителя в системах водяного отопления зданий и сооружений различного назначения указана в п. 7.2.

10.5. Гидравлическое давление в системе

Гидравлическое давление следует проверять в наиболее высоко и низко расположенных точках выбранной системы отопления.

Давление в системе отопления, гидравлически независимой от наружной тепловой сети (см. рис. 10.1, *а–в*), определяется положением и местом присоединения расширительного бака, давлением в нем (если бак закрытый) и давлением, развиваемым насосом.

Давление в зависимо присоединенной системе отопления связано с давлением в наружных теплопроводах. Минимальное и максимальное давление и динамику изменения давления при циркуляции воды устанавливают путем построения эпюры гидравлического давления. На рис. 10.11 изображена эпюра гидравлического давления в системе отопления (двойные линии между точками *А, Б, В, Г, Д*) высотой h, присоединенной к наружным теплопроводам, с одним центром охлаждения (ц. о.) в точке *В*. Штрихпунктирными линиями показано изменение давления в системе в статическом режиме, причем в наиболее высоко расположенной точке *В* оно принимается избыточным (от 0,01 МПа или 0,1 кгс/см^2) при $t_г < 100$°С до 0,4 МПа или 4 кгс/см^2 при $t_г = 150$°С). Гидростатическое давление p_2 в точке *Д* общей обратной магистрали определяет необходимое давление в месте соединения системы отопления с наружным обратным теплопроводом (может поддерживаться на более высоком уровне регулятором давления «до себя»); оно является исходным для построения пьезометрических линий в расчетном динамическом режиме (сплошные линии на рисунке).

Давление в точке *Г*, наиболее низкой и удаленной от теплового пункта, выражает наибольшее давление в обратной магистрали системы; это давление не должно превышать рабочего давления, допустимого для арматуры и отопительных приборов.

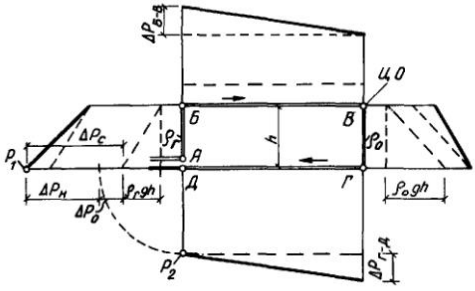


Рис. 10.11. Эпюра гидравлического давления в системе отопления, непосредственно соединенной с наружными теплопроводами

В – точка наименьшего давления, *Г* – точка наибольшего давления, *Д* – точка постоянного давления в системе

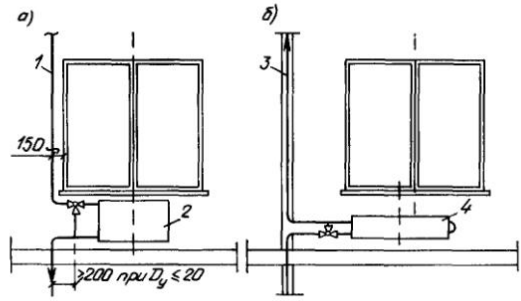


Рис. 10.12. Узлы вертикальных проточно-регулируемых однотрубных систем отопления с приконными стояками и радиаторами (вертикальные оси приборов и окон совпадают) (*а*), с замоноличенными в перегородки стояками и конвекторами (приборы смещены к стоякам от вертикальной оси окон) (*б*)

1 – приконный стояк, *2* – радиатор, *3* замоноличенный стояк, *4* – конвектор

Давление в точке *В* показывает наименьшее давление в системе в динамическом режиме. Если, например, высота системы 20 м, ориентировочные потери давления от точки *В* до точки *Д* составляют 50 кПа, а давление в наружном обратном теплопроводе $p_2 = 0{,}25$ МПа, то давление в точке *В* составит $p_в = 0{,}25 + 0{,}05 - 0{,}20 = 0{,}10$ МПа, т. е. будет недостаточным для предотвращения вскипания воды, имеющей температуру более 120°С.

Давление в точке *Б* показывает наибольшее давление в подающей магистрали в динамическом режиме.

Давление в точке *А* выражает необходимое давление p_1 в подающей магистрали системы:

$$p_1 = p_2 + \Delta p_c - \Delta p_e, \qquad (10.1)$$

где Δp_c – потери давления при циркуляции воды в системе; Δp_e – естественное циркуляционное (гравитационное) давление, возникающее в системе

10.6. Конструирование системы

10.6.1. Трубы

Для пропуска теплоносителя могут использоваться металлические (стальные, медные, свинцовые и др.) и неметаллические (пластмассовые, стеклянные и др.) трубы. Преимущественно применяют стальные шовные (сварные) трубы. Бесшовные трубы устанавливают только в местах, недоступных для ремонта.

Из стальных шовных труб используются неоцинкованные (воздушные и дренажные линии выполняют из оцинкованных труб) водогазопроводные трубы (ГОСТ 3262–75*) обыкновенные, усиленные и легкие D_y = 10, 15, 20, 25, 32, 40 и 50 мм и стальные электросварные трубы (ГОСТ 10704–76*), выбираемые со стенками наименьшей толщины (по выпускаемому сортаменту).

Усиленные трубы применяют в уникальных долговременных сооружениях со скрытой прокладкой труб, обыкновенные – при скрытой прокладке; легкие трубы предназначены под сварку или накатку резьбы для их соединения в системах с открытой прокладкой труб. Площади поперечного сечения обыкновенных, усиленных и легких труб одного и того же условного диаметра различны (например, для трубы D_y 20 мм площади соответственно относятся как 1,0 : 0,926 : 1,057), что следует иметь в виду при гидравлическом расчете.

В большинстве случаев применяются открытые прокладки отопительных труб и их теплоотдачу учитывают при тепловом расчете отопительных приборов (см. гл. 9). По специальным требованиям прокладка труб может быть скрытой: магистрали переносят в технические помещения, стояки и подводки к приборам скрывают в каналах и бороздах (размеры – см. табл. 9.14) или замоноличивают (в местах расположения разборных соединений труб и арматуры предусматривают лючки).

Размеры подводок к отопительным приборам должны, как правило, унифицироваться. На рис. 10.12 изображены узлы вертикальных проточно-регулируемых однотрубных систем с подводками постоянной длины (см. также рис. 10.7, *а–в*). В любом случае длина подводки или сцепки не должна превышать 1,25–1,5 м, уклон подводки – 5–10 мм на всю ее длину (при

длине до 0,5 м допускается прокладка подводки без уклона).

При размещении стояков исходят из следующего: обособляют стояки для отопления лестничных клеток, помещают стояки в углах наружных стен, предусматривают их изгибы для компенсации теплового удлинения труб (см. рис. 10.12, *а*).

Магистрали в производственном здании прокладывают в пределах помещений под потолком, в средней зоне и у пола. При применении горизонтальной однотрубной системы в одной трубе совмещают функции магистрали, стояка и подводки. Длину прямого участка (с приборами) такой системы до изгиба – компенсатора удлинения труб рекомендуется принимать не более 12 м.

Магистрали в гражданском здании или административно-бытовом здании промышленного предприятия, как правило, прокладывают в технических помещениях. В северной строительно-климатической зоне (при расчетной температуре $t_н = -40°C$ и ниже) размещение магистралей на чердаках (кроме теплых чердаков) и в проветриваемых технических подпольях зданий не допускается. Не допускается также прокладка транзитных теплопроводов через помещения убежищ, электротехнические помещения и пешеходные тоннели.

В гражданском здании шириной более 9 м предусматривают прокладку магистралей, обеспечивающую разделение системы отопления на две пофасадные части.

При размещении магистралей предусматривают свободный доступ к ним для осмотра, ремонта и замены, а также уклон (рекомендуется 0,003, при необходимости по СНиП допустим минимальный уклон 0,002) и компенсацию теплового удлинения труб.

При конструировании системы необходимо учитывать правила производства монтажных работ. В частности, следует выдерживать расстояние 80 мм между осями двухтрубных неизолированных стояков $D_y \leqslant 32$ мм, при этом подающие трубы располагать справа. Расстояние от поверхности строительных конструкций до оси неизолированных стояков или горизонтальных труб принимать: 35 мм при $D_y \leqslant 32$ мм, 50 мм при $D_y > 32$ мм с допуском ± 5 мм.

10.6.2. Запорно-регулирующая арматура

На подводках к отопительным приборам устанавливают:

при однотрубных стояках – регулирующие краны (только для эксплуатационного регулирования), имеющие пониженный (до 5) коэффициент местного сопротивления (ручные краны – проходные КРП и трехходовые КРТ; автоматические краны);

при двухтрубных стояках (в том числе при приборах с воздушными клапанами) – регулирующие краны (для пуско-наладочного и эксплуатационного регулирования), имеющие повышенный коэффициент местного сопротивления (ручные краны двойного регулирования КРД, краны КРП с дросселирующим устройством; автоматические краны).

При теплоносителе – высокотемпературной воде необходимо применять регулирующие краны вентильного типа.

Регулирующие краны у отопительных приборов не устанавливают в местах, где может замерзать циркулирующая вода, – это относится к приборам при входе в лестничные клетки, у ворот, у загрузочных наружных проемов и т. п. местах.

Допускается установка одного общего регулирующего крана на трубе, подающей воду к группе отопительных приборов, расположенных в одном помещении. При наличии в помещении двух приборов, присоединенных к разным стоякам, может быть установлен один регулирующий кран у бóльшего прибора.

Арматуру на стояках в малоэтажных (один–три этажа) зданиях не ставят (рис. 10.13, *а*). В четырех-семиэтажных зданиях на стояках устанавливают проходные пробочные краны (рис. 10.13, *б–в*), вместо спускных кранов можно применять тройники или муфты с пробками для выпуска воздуха.

При высокой температуре воды вместо проходных кранов применяют вентили, а тройники с пробками заменяют спускными кранами со штуцерами для присоединения гибких шлангов. В зданиях, имеющих восемь и более этажей (рис. 10.13, *г*), установка спускных кранов (вместо тройников с пробками) обязательна независимо от температуры воды; проходные краны заменяют вентилями также и при гидростатическом давлении, превышающем 0,6 МПа (6 кгс/см^2).

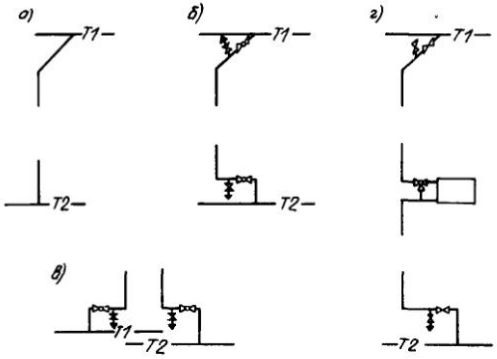


Рис. 10.13. Схемы присоединения стояков к магистралям систем отопления двух-трехэтажных зданий (*а*), четырех-семиэтажных при верхней разводке (*б*) и при нижней разводке (*в*), восьмиэтажных и более высоких зданий (*г*)

Рис. 10.14. Схема дренажа стояков системы водяного отопления

1 – запорный кран; *2* – стояк; *3* – спускной кран; *4* – магистраль; *5* – спускная линия; *6* – общий запорный вентиль; *7* – открытый бачок; *8* – отвод в водосток

На стояках в лестничных клетках запорные краны устанавливают независимо от числа этажей. Запорно-регулирующую и спускную арматуру предусматривают также и на отдельных частях системы.

В системе с нижней разводкой и воздушной линией запорные краны, кроме кранов в основании стояков, ставят на вертикальной воздушной трубе каждого стояка.

В системе со спускной линией для опорожнения отдельных стояков или ветвей (в горизонтальной системе, начиная с трехэтажных зданий, и в вертикальной системе в зданиях, имеющих технические этажи или более 16 этажей) устанавливают общий запорный вентиль на линии у перепускного бачка для отвода воды в водосток (рис. 10.14).

Основная запорно-регулирующая арматура, применяемая в местных тепловых пунктах системы отопления, показана на принципиальных схемах в п. 10.1.

10.6.3. Насосы

Циркуляционные насосы (см. прил. XIII) устанавливают по схемам, приведенным на рис. 10.2, и включают, как правило, в общую обратную магистраль системы. При необходимости уменьшить гидравлическое давление в теплообменниках или котлах насосы могут быть включены в общую подающую магистраль, причем техническая характеристика насосов должна соответствовать расчетным параметрам горячей воды. Рабочий и резервный циркуляционные насосы снабжаются обратными клапанами. Можно устанавливать один бесфундаментный насос, а резервный хранить на складе. При использовании насосов общепромышленного назначения (например, типа К) выполняют виброизоляцию труб и обводную линию (см. рис. 10.2). Управление работой насосов автоматизируется с выбором периодичности переключения в зависимости от типа насоса (например, через 24 ч).

Смесительные насосы (см. рис. 10.4) устанавливают по тем же схемам и правилам, что и циркуляционные.

Подпиточный насос (см. схему системы отопления на рис. 10.1, *б*) применяют при недостаточном гидростатическом давлении в наружных теплопроводах (не только в обратных, но и в подающих) для заполнения системы отопления и восполнения убыли воды в ней. Насос выбирают с относительно малой подачей и значительным давлением, необходимым для подъема воды до высшей точки системы (например, типа КМП). Для подпитки системы следует использовать деаэрированную воду из наружных теплопроводов. Управление действием подпиточного насоса автоматизируется (например, с использованием реле уровня в открытом расширительном баке, см. рис. 10.18, *б*).

Мощность насосов, Вт, пропорциональна произведению подачи, $м^3/с$, на создаваемое давление, Па ($кгс/м^2$).

10.6.4. Противопожарные требования

Водяное отопление не допускается в зданиях и помещениях категорий *А* и *Б* в случаях, перечисленных в п. 7.2, а также если могут выделяться вещества, способные к самовозгоранию или взрыву при соприкосновении или взаимодействии с водой; если хранятся или

применяются вещества, выделяющие при контакте с водой горючие газы или пары (например, карбид кальция).

Отопительные приборы, размещаемые в помещениях категорий *А, Б* и *В*, должны иметь легко очищаемую гладкую поверхность, их необходимо устанавливать без ниш (кроме лестничных клеток) и ограждать экранами при температуре теплоносителя более 130°С. Предельно допустимая температура теплоносителя указана в п. 7.2.

Экраны у отопительных приборов при любой температуре теплоносителя следует предусматривать в помещениях, предназначенных для наполнения и хранения баллонов со сжатыми и сжиженными горючими и негорючими газами, а также в помещениях для хранения легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки паров 28°С и ниже (бензин, бензол и др.) и самовозгорающихся веществ и материалов (табак и др.).

Отопительные приборы и трубы при расчетной температуре воды $t_г > 105$°С должны отстоять от сгораемых элементов здания не менее чем на 100 мм. На трубах в местах пересечения перегородок, внутренних стен и перекрытий должны быть гильзы из несгораемых материалов (отходы листовой стали, обрезков труб и т. п.). Кольцевой зазор между гильзой и трубой (не менее 15 мм) заполняют несгораемым теплоизоляционным материалом. Гильзы можно не устанавливать в местах пересечения несгораемых перекрытий стояками однотрубной системы с проточными приборами или со смещенными обходными и замыкающими участками у приборов.

Трубами системы отопления допускается пересекать противопожарные стены, но с прочной и плотной заделкой строительным раствором зазоров вокруг труб и обеспечением свободного теплового удлинения труб по обе стороны стен.

Совместная прокладка (или пересечение) труб системы отопления в канале с технологическими трубами, по которым транспортируются горючие жидкости, имеющие температуру вспышки паров ниже 120°С, или горючие и агрессивные пары и газы, не допускается.

10.6.5. Изоляция системы

Отопительные трубы и другие элементы системы необходимо изолировать для сокращения бесполезных теплопотерь и для снижения уровня звукового давления и вибрации в помещениях здания.

Тепловую изоляцию труб предусматривают в неотапливаемых помещениях, в подпольных каналах, в бороздах в наружных стенах и т. п. местах. Тепловую изоляцию помещают за отопительными трубами, замоноличенными в наружные стены. Применяют также в местах, где возможно замерзание воды,– в трубах (например, близ наружных дверей, ворот и других открываемых наружу проемов), в воздухосборниках и расширительных баках в холодных помещениях.

Тепловой изоляцией покрывают также транзитные теплопроводы, отопительные трубы в помещениях, искусственно охлаждаемых, а также опасных в отношении воспламенения или взрыва газов, паров, жидкостей и пыли. Предусматривают тепловую изоляцию во избежание перегревания помещений или ожогов людей.

На теплопроводы, поверхность которых является нагревательной для помещений (например, в технических помещениях), тепловую изоляцию не наносят.

Материал тепловой изоляции должен обеспечивать коэффициент полезного действия не менее 0,75; выполняют ее из несгораемых (в помещениях категорий *А, Б* и *В*) или трудносгораемых материалов в виде конструкции, обеспечивающей минимум затрат ручного труда при производстве изоляционных работ и надежной в эксплуатации.

Термическое сопротивление слоя изоляции должно быть не менее 0,86 К·м²/Вт (1,0°С × × м²·ч/ккал) для труб $D_у \leqslant 25$ мм и 1,22 К × × м²/Вт (1,42°С·м²·ч/ккал) для труб $D_у > 25$ мм.

На покровно-защитный слой тепловой изоляции наносят цветовые обозначения для каждой из подающих и обратных труб в одном помещении (см. «Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды»).

Виброзвуковую изоляцию устраивают для помещений с длительным пребыванием людей. Фундаменты насосов общепромышленного назначения отделяют от конструкций здания и дополняют виброизолирующими амортизаторами. Магистрали системы изолируют от насосов двумя гибкими вставками (см. рис. 10.2)

из армированной резины, а в местах пересечений стен и перекрытий снабжают амортизирующими прокладками из резинового полотна или асбестового картона. Зазоры между трубами, прокладками и строительными конструкциями заполняют упругой мастикой.

В насосном помещении для снижения уровня звукового давления выполняют акустическое покрытие стен и потолка звукопоглощающими плитами или штукатуркой.

В том случае, когда вибрация и шум в здании недопустимы даже на низком уровне, насосное помещение устраивают вне здания или проектируют гравитационную систему отопления.

10.6.6. Компенсация теплового удлинения труб

Удлинение стальной трубы при нагревании приращение ее длины Δl, мм, составляет

$$\Delta l = 0{,}012\,(t_т - 5)\,l, \qquad (10.2)$$

где $t_т$ – расчетная температура теплоносителя, °С; l – длина прямого участка трубы, м.

Ориентировочно считают, что при низкотемпературной воде 1 м стальной подающей трубы предельно удлиняется на 1 мм, обратной трубы – на 0,8 мм, при высокотемпературной воде – до 1,75 мм/м.

При проектировании системы предусматривают компенсацию удлинения труб с тем, чтобы предотвратить недопустимую их деформацию и чтобы напряжение на изгиб в трубах не превышало 80 МПа (800 кгс/см^2).

Компенсация удлинения подводок к отопительным приборам делается в горизонтальной однотрубной системе путем их изгиба; между каждыми пятью–шестью приборами вставляются П-образные компенсаторы или гофрированные патрубки.

Специальный изгиб подводок необходим также при длинных гладкотрубных приборах и при установке нескольких отопительных приборов «на сцепке».

Компенсация удлинения стояков системы в малоэтажном здании обеспечивается путем изгиба их в местах присоединения к подающей магистрали (см. рис. 10.13, *а*). В четырех-семиэтажных зданиях делают также изгиб стояков и в местах присоединения их к обратной магистрали (см. рис. 10.13, *б–в*). В зданиях, имеющих более семи этажей, для компенсации удлинения труб в средней части стояков устанавливают П-образные компенсаторы (как и на главном стояке системы) либо специально изгибают трубы с относом отопительных приборов от оси стояков (см. рис. 10.13, *г*). В этом случае на стояках между компенсаторами помещают неподвижные опоры.

Для компенсации удлинения каждого этажестояка однотрубной системы можно использовать его изгибы при смещении замыкающего или обходного участка от оси стояка. Расстояние от стояка в помещении высотой 2,5 м до смещенного участка должно быть при низкотемпературной воде не менее 200 мм.

Компенсация удлинения магистралей выполняется прежде всего естественными их изгибами, связанными с планировкой здания, и только прямые магистрали значительной длины, особенно при высокой температуре воды, снабжаются П-образными компенсаторами* или гофрированными патрубками.

При проектировании П-образных компенсаторов неподвижные опоры размещают таким образом, чтобы тепловое удлинение участка магистрали между опорами не превышало 50 мм.

Расстояние между подвижными опорами принимают в зависимости от диаметра горизонтальных магистралей по табл. 10.1.

ТАБЛИЦА 10.1

РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ПОДВИЖНЫМИ ОПОРАМИ ТРУБ

D_y, мм	Расстояние, м, между опорами труб		D_y, мм	Расстояние, м, между опорами труб	
	без тепловой изоляции	с тепловой изоляцией		без тепловой изоляции	с тепловой изоляцией
15	2,5	1,5	65	6	4
20	3	2	80	6	4
25	3,5	2	100	6,5	4,5
32	4	2,5	125	7	5
40	4,5	3	150	8	6
50	5	3			

Примечание. Расстояние указано исходя из напряжения на изгиб 25 МПа (250 кгс/см^2), возникающего в металле трубы при просадке одной из опор

* Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей/Под ред. А. А. Николаева.– М.: Стройиздат, 1965.

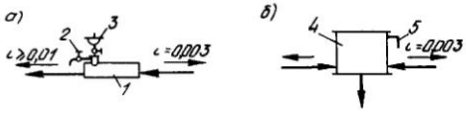


Рис. 10.15. Способы удаления воздушных скоплений из систем водяного отопления с верхней разводкой подающей магистрали (*а*), обратной магистрали (*б*)

1 горизонтальный проточный воздухосборник; *2* – спускной кран; *3* – автоматический воздухоотводчик; *4* – проточный расширительный бак; *5* – переливная труба

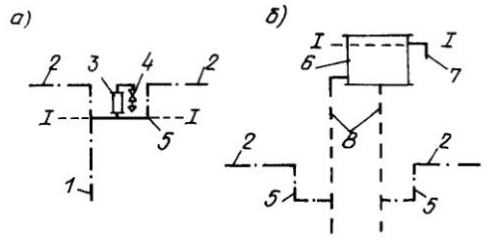


Рис. 10.16. Способы централизованного удаления воздушных скоплений из систем водяного отопления с нижней разводкой

а – через вертикальный воздухосборник; *б* – через расширительный бак; *1* воздушная труба стояка; *2* – воздушные линии; *3* – вертикальный непроточный воздухосборник; *4* спускной кран; *5* воздушная петля; *6* – открытый расширительный бак; *8* – соединительные трубы; *I–I* – верхний уровень воды

10.6.7. Перемещение и удаление воздушных скоплений

При подпитке водопроводной водой (см. рис. 10.1, *а*) в систему может вноситься свыше 30 г/т растворенного (абсорбированного) воздуха; при подпитке деаэрированной теплофикационной водой (см. рис. 10.1, *б–в*) – менее 0,1 г/т. Растворенный воздух переходит в свободное состояние при повышенной температуре и пониженном давлении воды, т. е. в верхней части подающих теплопроводов системы.

Перемещение и сбор свободного воздуха связаны со скоростью витания и всплывания воздушных пузырьков. Скорость витания пузырьков воздуха составляет: в вертикальных трубах 0,2–0,25 м/с, в наклонных и горизонтальных трубах 0,1–0,15 м/с. Скорость их всплывания не превышает скорости витания.

В насосной системе с верхней разводкой (см. рис. 10.7, *а*) для перемещения пузырьков воздуха к воздухосборникам уклон магистралей рекомендуется делать против направления движения воды (рис. 10.15, *а*). Так же делается уклон обратных магистралей и в насосной системе с опрокинутой циркуляцией воды (см. рис. 10.7, *в*) для перемещения воздушных скоплений к центральному воздухосборнику или расширительному баку, помещаемому над главным обратным стояком (рис. 10.15, *б*). В гравитационной системе с верхней разводкой допустим уклон (не менее 0,005) магистралей по направлению движения воды (см. рис. 10.1, *в*).

Минимальный внутренний диаметр $d_в$, мм, проточного воздухосборника ($d_в$ должен превышать диаметр примыкающей магистрали по крайней мере в 2 раза) определяют по формуле

$$d_в = 2G^{0,5}, \qquad (10.3)$$

где G – расход воды в воздухосборнике, кг/ч.

Длина горизонтальных воздухосборников должна в 2–2,5 раза превышать их диаметр (размеры воздухосборников выбираются по типовым чертежам).

В стояках насосной однотрубной системы с нижней разводкой (см. рис. 10.7, *б*) рекомендуется скорость движения воды не менее 0,25–0,3 м/с для уноса пузырьков воздуха. Воздушные краны, устанавливаемые на отопительных приборах (см. рис. 10.7, *б* и 10.8), предназначены для использования при проведении пуско-наладочных и ремонтных работ.

Магистрали $D_у > 50$ мм, а также ветви горизонтальных систем независимо от диаметра допускается прокладывать без уклона при скорости движения воды не менее 0,25 м/с.

В двухтрубной системе с нижней разводкой для сбора воздуха используются отопительные приборы на верхнем этаже или воздушные трубы (см. рис. 10.9). Воздушные трубы стояков объединяются воздушной линией – горизонтальной оцинкованной трубой $D_у$ 15 мм с одной воздушной петлей $h = 500$ мм, которая соединяется с вертикальным непроточным воздухосборником (рис. 10.16, *а*) или с трубами открытого расширительного бака (рис. 10.16, *б*).

Воздух, скопившийся в воздухосборниках, выпускают в атмосферу вручную через спускные краны *2* (см. рис. 10.15) и *4* (см. рис. 10.16) или через автоматические воздухоотводчики *3* (см. рис. 10.15), если они имеются (например, типа УВ-1, применяемые в Москве).

Воздух, скопившийся в отопительных приборах, в верхней точке стояка или магистрали, выпускается в атмосферу через воздушные краны (например, игольчатого типа $D_у$ 15 с воздуховыпускным отверстием d = 2 мм).

Воздухоотводящие трубки от воздухосборников рекомендуется прокладывать в пределах

холодных помещений под слоем общей тепловой изоляции рядом с отопительной магистралью и выводить в обогреваемые помещения (например, в лестничную клетку).

10.6.8. Расширительный бак

Расширительные баки (открытые и закрытые с воздушной или газовой подушкой) применяют при тепловой мощности систем отопления одного или нескольких зданий не более 6 МВт (5 Гкал/ч). При мощности более 6 МВт необходимое давление в системах поддерживается постоянно действующими подпиточными насосами.

Открытый расширительный бак (рис. 10.17) устанавливают над верхней точкой системы (с учетом п. 10.5); закрытый, находящийся под избыточным давлением, помещают чаще всего в тепловом пункте.

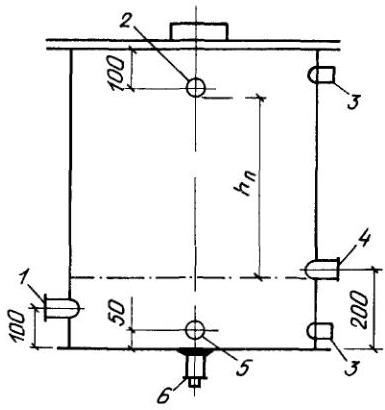


Рис. 10.17. Открытый расширительный бак с патрубками для присоединения труб: циркуляционной *1*, переливной *2*, труб реле уровня *3*, контрольной (сигнальной) *4*, расширительной *5* (*6* – муфта с пробкой; $h_п$ полезная высота бака)

На рис. 10.18 показаны схемы соединения открытого расширительного бака с системой. В насосной системе малоэтажного здания используют схему с выводом контрольной трубы D_y 20 мм и переливной трубы к раковине в тепловом пункте (рис. 10.18, *а*). Расширительная и циркуляционная трубы присоединяются к общей обратной магистрали преимущественно близ всасывающего патрубка циркуляционного насоса на расстоянии *l* не менее 2 м одна от другой. Диаметр расширительной трубы 32 мм, циркуляционной - 25 мм, переливной – 50 мм (для баков общей вместимостью менее 500 л диаметры уменьшаются на один торговый размер).

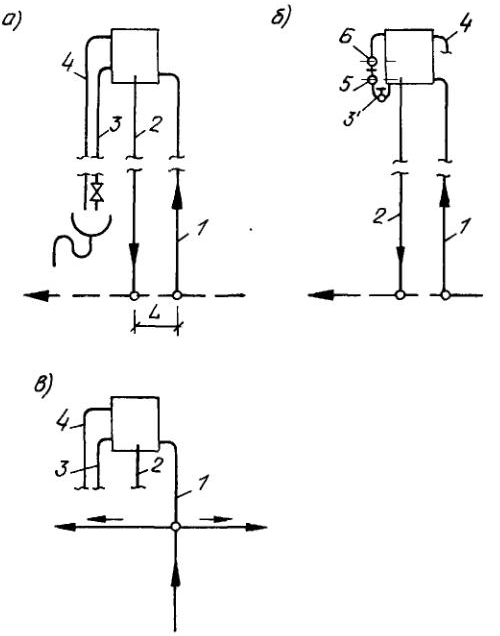


Рис. 10.18. Присоединение открытого расширительного бака к магистралям

а – обратной в насосной системе отопления с ручным контролем; *б* – то же, с автоматизированными сигнализацией и регулированием уровня воды в баке; *в* подающей в гравитационной системе; *1–4* – трубы соответственно расширительная, циркуляционная, контрольная, переливная; *5* и *6* – реле соответственно нижнего и верхнего уровня воды в баке, соединенные трубой 3' (с вентилем D_y 15) с баком

В насосной системе многоэтажного здания переливная труба отводится к водосточному стояку (чугунному), а вместо контрольной трубы устраивают электрическую сигнализацию и автоматическое управление подпиткой системы с помощью двух реле уровня, соединенных трубой *3'* (рис. 10.18, *б*) с баком. В 10–16-этажных зданиях расстояние *l* (см. рис. 10.18, *а*) может быть сокращено до конструктивно приемлемого минимума, а диаметры расширительной и циркуляционной труб уменьшены до 20–15 мм.

В гравитационной системе с верхней разводкой открытый расширительный бак присоединяют к высшей точке подающей магистрали (рис. 10.18, *в*).

Полезный объем открытого расширительного бака определяют в зависимости от объема воды в системе V_c по формуле (размеры баков принимают по типовым чертежам)

$$V_{пол} = kV_c, \qquad (10.4)$$

где k – коэффициент, учитывающий объемное расширение воды (табл. 10.2).

ТАБЛИЦА 10.2

ОБЪЕМНОЕ РАСШИРЕНИЕ ВОДЫ, НАГРЕВАЕМОЙ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ (В ДОЛЯХ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ОБЪЕМА)

Расчетная температура горячей воды, °С	Объемное расширение воды	Расчетная температура горячей воды, °С	Объемное расширение воды
85	0,022	115	0,031
95	0,024	130	0,035
105	0,027	135–150	0,042
110	0,029		

Примечание. Предусмотрено наполнение системы теплофикационной водой ($t = 40 - 45$ °С); при наполнении системы водопроводной водой ($t = 5$ °С) объемное расширение воды увеличивать вдвое.

Общий объем воды в системе отопления V_c, л, определяют по формуле

$$V_c = (V_{пр} + V_{кал} + V_{тр} + V_{кот}) Q_c, \quad (10.5)$$

где $V_{пр}$, $V_{кал}$, $V_{тр}$, $V_{кот}$ – объем воды, л, соответственно в приборах, калориферах, трубах, котлах, приходящийся на 1 кВт тепловой мощности системы отопления (табл. 10.3); Q_c – тепловая мощность системы водяного отопления, кВт (1,16 тыс. ккал/ч).

ТАБЛИЦА 10.3

ОБЪЕМ ВОДЫ В ЭЛЕМЕНТАХ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Элемент системы отопления	Объем воды, л/кВт, при расчетной температуре горячей воды в системе, °С						
	85	95	105	110	115	130	135–150
Радиатор чугунный секционный глубиной:							
140 мм	10,8	9,5	8,9	8,5	8,2	7,2	6,8
90 «	14,4	12,9	11,9	11,4	11,0	9,6	9,2
Конвекторы:							
«Аккорд», «Прогресс-20»		1,07	1,0	0,97	0,94	0,86	0,69
«Прогресс-15»		0,76	0,71	0,69	0,66	0,60	0,52
Радиатор стальной панельный	8,1	7,1	6,6	6,4	6,1	5,3	5,1
Ребристая труба чугунная	–	5,6	5,2	5,0	4,8	4,3	3,6
Гладкая труба $D_y = 70 - 100$ мм	35,7	31,6	30,4	29,7	28,6	24,9	21,5
Бетонная отопительная панель	–	1,72	1,59	1,52	1,46	1,29	
Конвекторы типов КН, КО, КВ	–	0,69	0,64	0,63	0,62	0,60	0,59
Калорифер пластинчатый	0,47	0,43	0,40	0,39	0,38	0,34	0,33
Труба при циркуляции.							
искусственной	7,6	6,9	6,4	6,0	5,6	5,2	4,7
естественный		13,8	–	–	–	–	–
Котел чугунный секционный	2,6	2,6	2,6	–	–	–	–
Теплообменник скоростной	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,15	–

Примечание. Объем воды в наружных теплопроводах определяют по проекту теплоснабжения

Объем закрытого расширительного бака при начальном давлении в нем, равном атмосферному, превышает объем открытого бака. Искусственное повышение начального давления воздуха или газа в баке позволяет уменьшить его объем.* Замена сжатого воздуха азотом устраняет абсорбцию воздуха.

10.7. Расчетное циркуляционное давление в системе

В системе отопления **расчетное давление** для создания циркуляции воды $\Delta p_р$ определяется по формулам:

в насосной вертикальной однотрубной системе при качественном регулировании теплоносителя

$$\Delta p_р = \Delta p_н + \Delta p_е; \quad (10.6)$$

то же, при автоматическом качественно-количественном регулировании теплоносителя

$$\Delta p_р = \Delta p_н + 0{,}70 \Delta p_е; \quad (10.7)$$

в насосных двухтрубной и горизонтальной однотрубной системах

$$\Delta p_р = \Delta p_н + 0{,}40 \Delta p_е; \quad (10.8)$$

в гравитационной системе

$$\Delta p_р = \Delta p_е, \quad (10.9)$$

где $\Delta p_н$ – давление, создаваемое циркуляционным насосом для обеспечения необходимого расхода воды в системе; $\Delta p_е$ – естественное циркуляционное давление:

$$\Delta p_е = \Delta p_{е.пр} + \Delta p_{е.тр}. \quad (10.10)$$

Естественное циркуляционное давление, возникающее в расчетном кольце системы вследствие охлаждения воды **в трубах** $\Delta p_{е.тр}$, Па, находят по рис. II.1 или по формуле при N участках в кольце (без множителя g при расчете в кгс/м^2):

$$\Delta p_{е.тр} = \sum_{}^{N} h_i(\gamma_{i+1} - \gamma_i) \approx \beta g \sum_{}^{N} h_i(t_i - t_{i+1}), \quad (10.11)$$

где h_i – вертикальное расстояние между условными центрами охлаждения i-го участка и нагревания, м; γ_i, γ_{i+1} – удельный вес воды, Н/м^3, при температуре в

* Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха. Справочное руководство. Пер. с англ.–М.: Госстройиздат, 1963

начале t_i и в конце t_{i+1} того же участка (объемная масса, кг/м³, при расчете давления в кгс/м²).

В насосных системах с нижней разводкой величиной $\Delta p_{\text{е.тр}}$ можно пренебрегать.

Естественное циркуляционное давление, возникающее в расчетном кольце системы вследствие охлаждения воды **в отопительных приборах** $\Delta p_{\text{е.пр}}$, Па, определяется по формулам:

а) в вертикальной однотрубной системе при N приборах в стояке, входящем в расчетное кольцо (без множителя g при расчете в кгс/м²).

$$\Delta p_{\text{е.пр}} = \frac{\beta g}{cG_{\text{ст}}} \sum^{N} (Q_i h_i), \qquad (10.12)$$

где Q_i – необходимая теплоподача теплоносителем в i-е помещение:

$$Q_i = Q_{\text{п}.i}\beta_1\beta_2, \qquad (10.13)$$

$Q_{\text{п}.i}$ – теплопотери i-го помещения, Вт (ккал/ч); β_1 и β_2 – поправочные коэффициенты (см. гл. 9); h_i – вертикальное расстояние между условными центрами: охлаждения в стояке для i-го прибора и нагревания (середина высоты теплообменника или котла, точка смешения воды в тепловом пункте и т. п.), м; центры охлаждения воды в стояках помечены на рис. 10.7, *а–в* черными точками; расстояние h_i может измеряться от уровня магистрали, прокладываемой в подвальном помещении (техническом подполье, подпольном канале); c – удельная массовая теплоемкость воды [4187 Дж/(кг·К) или 1,0 ккал/(кг·°С]; β – среднее приращение плотности (объемной массы) при понижении температуры воды на 1°С (табл. 10.4); $G_{\text{ст}}$ – расход воды в стояке, кг/с (кг/ч); при гидравлическом расчете системы с равными перепадами температуры воды в стояках

$$G_{\text{ст}} = \frac{\sum^{N} Q_{\text{п}.i}}{c \cdot \Delta t_{\text{с}}}\beta_1\beta_2, \qquad (10.14)$$

где $\Delta t_{\text{с}} = t_{\text{г}} - t_{\text{о}}$ – расчетная разность температуры воды в системе, °С.

ТАБЛИЦА 10.4

ЗНАЧЕНИЕ β, КГ/(М³·°С), В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСЧЕТНОЙ РАЗНОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В СИСТЕМЕ

$t_{\text{г}} - t_{\text{о}}$, °С	β	$t_{\text{г}} - t_{\text{о}}$, °С	β
85–65	0,60	115–70	0,68
95–70	0,64	130–70	0,72
105 70	0,66	150–70	0,76

Используя формулу (10.14), получим (без множителя g при расчете в кгс/м²)

$$\Delta p_{\text{е пр}} = \frac{\beta g}{Q_{\text{ст}}}(t_{\text{г}} - t_{\text{о}}) \sum^{N} (Q_{\text{п}\,i} h_i), \qquad (10.12\,\text{а})$$

где $Q_{\text{ст}} = \sum^{N} Q_{\text{п}\,i}$ – тепловая нагрузка стояка;

б) в горизонтальной однотрубной или двухтрубной системе в расчетном кольце через ветвь или отопительный прибор на нижнем этаже (без множителя g при расчете в кгс/м²)

$$\Delta p_{\text{е.пр}} = h_1(\gamma_{\text{о}} - \gamma_{\text{г}}) \approx \beta g h_1 (t_{\text{г}} - t_{\text{о}}), \qquad (10.15)$$

где h_1 – вертикальное расстояние между условными центрами охлаждения в ветви или отопительном приборе на нижнем этаже и нагревания в системе, м; центры охлаждения воды помечены на рис. 10.8 и 10.9 черными точками.

В насосных системах допустимо не учитывать $\Delta p_{\text{е}}$, если оно составляет менее $0{,}10\Delta p_{\text{н}}$.

Насосное циркуляционное давление $\Delta p_{\text{н}}$ выбирается:

а) при зависимом присоединении системы отопления без смешения (см. рис. 10.1, *д*), а также со смесительным насосом на перемычке (см. рис. 10.4, *а*) – равным располагаемой разности давления $p_1 - p_2$ [см. формулу (10.1)] в точке ввода наружных теплопроводов в здание (с ограничением исходя из предельно допустимой скорости движения воды в трубах по табл. 10.5);

ТАБЛИЦА 10.5

ДОПУСТИМАЯ СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ $w_{\text{доп}}$ В ТРУБАХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Допустимый уровень звука L_A, дБА	Значения $w_{\text{доп}}$ при большем из коэффициентов местного сопротивления арматуры на трубах, примыкающих к помещению				
	до 5	10	15	20	30
25	1,5/–	1,1/0,7	0,9/0,55	0,75/0,5	0,6/0,4
30	1,5/–	1,5/1,2	1,2/1,0	1,05/0,8	0,85/0,65
35	1,5/–	1,5/1,5	1,5/1,1	1,2/0,95	1,0/0,8
40	1,5/–	1,5/1,5	1,5/1,5	1,5/1,5	1,3/1,2
45 и более	1,5/–	1,5/1,5	1,5/1,5	1,5/1,5	1,5/1,4

Примечания. 1. В числителе даны значения $w_{\text{доп}}$ при всех видах арматуры, кроме прямых вентилей, в знаменателе – при прямых вентилях

2. Во вспомогательных зданиях и помещениях предприятий, в которых допустимый эквивалентный уровень звука превышает 45 дБА, скорость движения воды в трубах допустима до 2 м/с, в производственных зданиях – до 3 м/с

б) при зависимом присоединении системы отопления со смешением в элеваторе (см. рис. 10.1, *г* и 10.6) – исходя из располагаемой

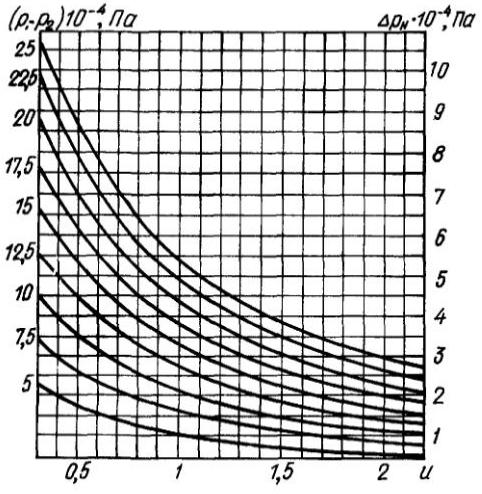


Рис. 10.19. Изменение насосного циркуляционного давления $\Delta p_н$ в зависимой системе водяного отопления со смешением в водоструйном элеваторе

p_1 и p_2 – давление в наружных подающем и обратном теплопроводах; u – коэффициент смешения

разности давления $p_1 - p_2$ и коэффициента смешения элеватора по рис. 10.19;

в) при местном теплоснабжении (см. рис. 10.1, *а*) с перспективой элеваторного присоединения к теплофикационной сети – исходя из предполагаемой разности давления в точке будущего ввода теплопроводов $p_1 - p_2 = 150$ кПа (напора 15 м) и коэффициента смешения элеватора – по табл. 10.6;

ТАБЛИЦА 10.6

НАСОСНОЕ ЦИРКУЛЯЦИОННОЕ ДАВЛЕНИЕ В ЭЛЕВАТОРНОЙ СИСТЕМЕ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ $\Delta p_н$, кПа (КГС/М^2), ПРИ $p_1 - p_2 = 150$ кПа (НАПОРЕ 15 М)

Расчетная температура воды в системе, °С		Насосное давление $\Delta p_н$ при температуре воды t_1, °С, и коэффициенте смешения u					
		$t_1 = 115$		130		150	
$t_г$	t_0	u	$\Delta p_н$	u	$\Delta p_н$	u	$\Delta p_н$
85	65	1,50	22 (2200)	2,25	15 (1500)	3,25	12 (1200)
95	70	0,80	36 (3600)	1,40	23 (2300)	2,20	16 (1600)
105	70	0,29	65 (6500)	0,71	39 (3900)	1,29	25 (2500)
115	70	–	– –	0,33	62 (6200)	0,78	37 (3700)

г) при независимом присоединении системы отопления (см. рис. 10.1, *б*), при зависимом со смесительным насосом на обратной или подающей магистрали (см. рис. 10.4, *б–в*), а также при местном теплоснабжении (см. рис. 10.1, *а*) без перспективы присоединения к теплофикационной сети – исходя из потери давления в системе при предельно допустимой скорости движения воды в трубах (см. табл. 10.5);

д) в северной строительно-климатической зоне при элеваторном присоединении к теплофикационной сети – не более 8 кПа (800 кгс/м^2).

10.8. Способы гидравлического расчета системы отопления

Гидравлический расчет системы выполняют двумя основными способами:

1 – по характеристикам гидравлического сопротивления (исходя из выбранного диаметра труб, когда определяется расход воды в них);

2 – по удельным линейным потерям давления (исходя из принятого расхода воды в трубах, когда подбирается их диаметр).

Перепады температуры воды в стояках или ветвях системы в первом случае получаются неравными (допустимое отклонение от $\Delta t_c \pm 7$°С при Δt_c до 45°С), во втором случае принимаются равными Δt_c.

10.8.1. Способ гидравлического расчета по характеристикам сопротивления

При расчете по этому способу линейные (от трения) и местные (в местных сопротивлениях) потери давления на участке системы Δp, Па (кгс/м^2), находят по формуле (с переводным коэффициентом k при расчете в кгс/м^2)

$$\Delta p = kSG^2, \qquad (10.16)$$

где G – расход воды на рассчитываемом участке, кг/ч; kS – характеристика гидравлического сопротивления участка, Па/(кг/ч)^2 [(кгс/м^2)/(кг/ч)^2], определяемая по формуле (с переводными коэффициентами k при расчете в кгс/м^2)

$$kS = kA\left(\frac{\lambda}{d_в}l + \Sigma\zeta\right), \qquad (10.17)$$

k – переводной коэффициент: для СИ – $k = 1{,}0$; для системы МКГСС – $k = 0{,}102$; A – удельное динамическое давление на участке, Па/(кг/ч)^2; принимается по табл. 10.7 или вычисляется по формуле

$$A = 6{,}25/10^8\rho d_в^4; \qquad (10.18)$$

$d_в$ и l – внутренний диаметр и длина участка, м; $\lambda/d_в$ – приведенный коэффициент гидравлического трения; принимается по табл. 10.7; $\Sigma\zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке; выбирается по табл. II.12–II.20 (см. также табл. 10.8 и 10.9); ρ – средняя плотность воды, кг/м^3.

ТАБЛИЦА 10.7

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБ НАСОСНЫХ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ (ПРИ $k = 1{,}0$)

ГОСТ	Диаметр трубы, мм		Удельное динамическое давление $A\ 10^4$, Па / (кг/ч)^2	Приведенный коэффициент гидравлического трения (среднее значение) $\lambda/d_в$, м$^{-1}$	Расход воды при скорости 1 м/с $G/и$, кг/ч / м/с	Удельная характеристика сопротивления $S_{уд}\ 10^4$, Па / м (кг/ч)^2
	условного прохода $D_у$	внутренний $d_в$				
3262 75* (обыкновенные)	10	12,6	26,50	3,60	425	95,40
	15	15,7	10,60	2,70	690	28,62
	20	21,2	3,19	1,80	1250	5,74
	25	27,1	1,23	1,40	2000	1,72
	32	35,9	0,39	1,0	3500	0,39
	40	41	0,23	0,80	4650	0,18
	50	53	0,082	0,55	7800	0,045
10704–76*	50	49	0,113	0,60	6600	0,068
	65	70	0,0269	0,40	13400	0,0108
	80	82	0,0142	0,30	18400	0,0043
	100	100	0,00642	0,23	27600	0,00148
	125	125	0,00265	0,18	43000	0,00048
	150	149	0,00135	0,15	61000	0,00020

Потери давления, Па (кгс/м^2), на участке можно определять также по формуле

$$\Delta p = (G/\sigma)^2, \qquad (10.19)$$

где σ – проводимость участка, кг/(ч·Па^{0,5}) [кг/ч × × (кгс/м^2)^{0,5}]; связана с характеристикой сопротивления зависимостью (с переводным коэффициентом k при расчете в кгс/м^2)

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{kS}}. \qquad (10.20)$$

Соотношение между характеристикой сопротивления и проводимостью определяется по шкале $kS - \sigma$ (рис. 10.20, на котором значения произведения kS даны увеличенными в 10^4 раз).

При соединении отдельных участков в циркуляционное кольцо **общая характеристика сопротивления**:

а) при последовательном соединении N участков

$$kS_{общ} = \sum_1^N kS_i; \qquad (10.21)$$

б) при параллельном соединении N участков (образующих трубный или приборный узел между общими точками деления и слияния потоков), отнесенная к общему расходу воды,

$$kS_{уз} = \frac{1}{\left(\sum_1^N \sigma_{уч}\right)^2} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{kS_1}} + \frac{1}{\sqrt{kS_2}} + \ldots + \frac{1}{\sqrt{kS_N}}\right)^2}. \qquad (10.22)$$

Если проводимость такого узла $\sigma_{уз} = \Sigma\sigma_{уч}$, его составляющих, то **коэффициент затекания воды** в один из этих участков, отнесенный к общему расходу воды

$$\alpha_1 = \frac{\sigma_1}{\sum_1^N \sigma_{уч}} = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_2 + \ldots + \sigma_N}{\sigma_1}} = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{kS_1}{kS_2}} + \ldots + \sqrt{\frac{kS_1}{kS_N}}}. \qquad (10.23)$$

в) при параллельном соединении N стояков (образующих систему с тупиковым движением воды в магистралях) общая характеристика сопротивления системы, отнесенная к общему расходу воды в головных участках,

$$kS_c = \frac{kS_{ст\,1} + kS_2\left(\sum_1^2 \alpha_i\right)^2 + \ldots + kS_N\left(\sum_1^N \alpha_i\right)^2}{\left(\sum_1^N \alpha_i\right)^2}, \qquad (10.24)$$

где $kS_{ст\,1}$ – характеристика сопротивления тупикового стояка *1* с примыкающей парой участков магистралей (коэффициент затекания воды в стояк *1* принят за единицу – $\alpha_1 = 1.0$), kS_2, ..., kS_N – то же, пар участков

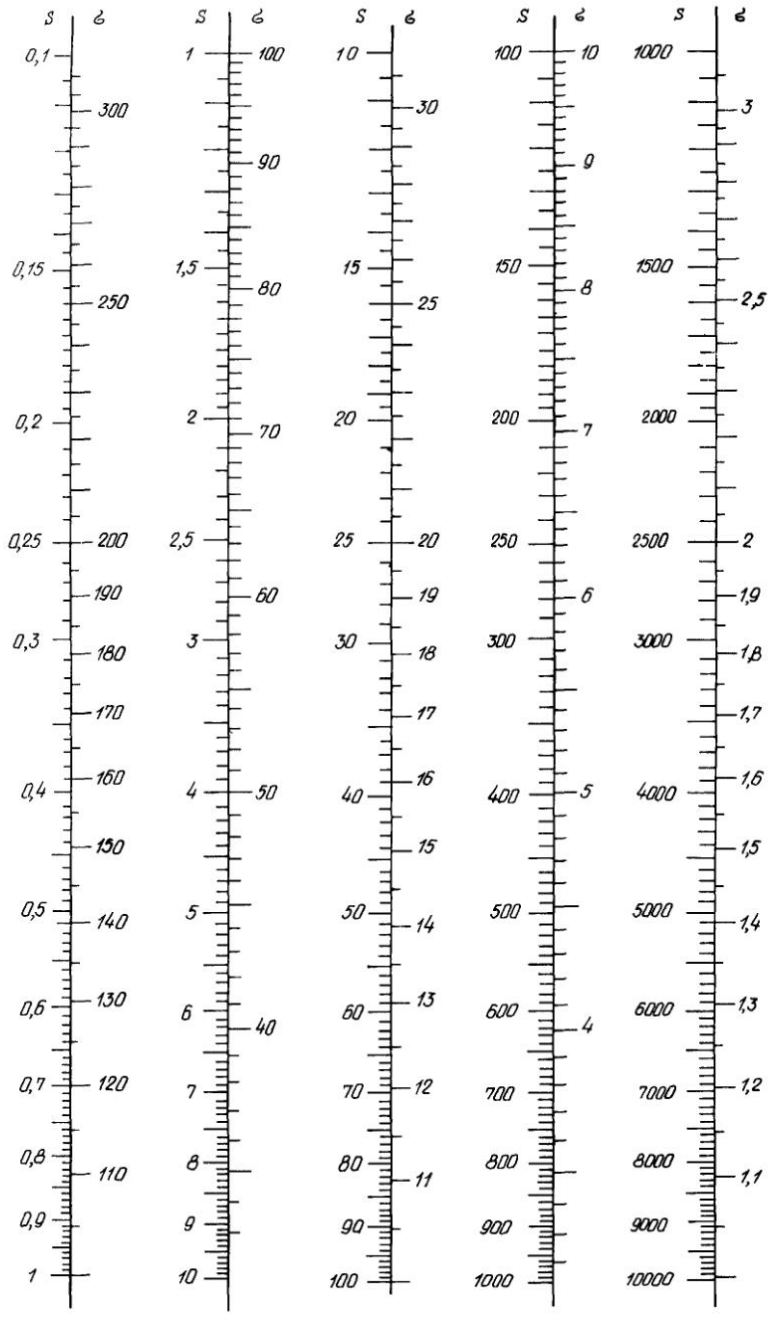


Рис. 10.20. Шкала соотношения характеристики гидравлического сопротивления S и проводимостя σ труб (значения даны увеличенными в 10^4 раз при $k = 1{,}0$)

магистралей, примыкающих к стоякам 2, ..., N; α_i – коэффициент затекания воды в стояк i с проводимостью σ_i, определяемый по формуле

$$\alpha_i = \sigma_i/\sigma_{к.i}, \qquad (10.25)$$

$\sigma_{к\,i}$ – проводимость контура, состоящего из тупикового стояка 1, и примыкающих, последовательно соединенных, пар участков магистралей до стояка i.

$$\sigma_c = \sigma_{к.N} \sum_1^N \alpha_i, \qquad (10.26)$$

где $\sigma_{к\,N}$ – проводимость контура, определяемая по формуле (10.20), исходя из значения числителя в формуле (10.24); $\sum_1^N \alpha_i$ – сумма коэффициентов затекания воды во все стояки системы.

Потери давления в такой системе отопления с расходом воды G_c определяют по формуле (10.16) исходя из значения kS_c [формула (10.24)] или по формуле (10.19) исходя из значения σ_c [формула (10.26)].

10.8.2. Способ гидравлического расчета по удельным линейным потерям давления

При расчете по этому способу линейные (от трения) и местные (в местных сопротивлениях) **потери давления на участке** теплопровода Δp, Па (кгс/м^2), находят по формуле

$$\Delta p = k(Rl + Z), \qquad (10.27)$$

где k – переводной коэффициент: для СИ – $k = 1.0$; для системы МКГСС – $k = 0{,}102$; R – удельная линейная потеря давления на 1 м трубы, Па/м; определяется по табл. II.1 и II.2 в зависимости от заданного расхода воды G_i, кг/ч, рассчитываемого по формуле, аналогичной формуле (10.14):

$$G_i = \frac{Q_i}{c\Delta t_c}\beta_1\beta_2; \qquad (10.28)$$

l длина рассчитываемого участка, м; Z – местные потери давления на участке, Па; определяются по табл. II.3.

Потери давления в циркуляционном кольце составляют:

при последовательном соединении N участков

$$\Delta p_{сум} = k \sum_1^N (Rl + Z); \qquad (10.29)$$

при параллельном соединении двух участков, стояков или ветвей

$$\Delta p_i = \Delta p_j. \qquad (10.30)$$

При гидравлическом расчете используют значения коэффициентов местных сопротивлений (КМС), приведенные в табл. II.12 – II.20. Для отдельных отопительных приборов ниже даны дифференцированные значения КМС. Значения КМС радиаторов чугунных секционных, присоединенных к трубам по схеме снизу – вниз (см. гл. 9), указаны в зависимости от числа секций в приборе (табл. 10.8).

ТАБЛИЦА 10.8

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МЕСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОТОЧНЫХ (СНИЗУ-ВНИЗ) ЧУГУННЫХ СЕКЦИОННЫХ РАДИАТОРОВ ПРИ $w > 0{,}1$ М/С

Диаметр условного прохода подводки, мм	КМС при числе секций					
	4	8	12	16	20	24
15	1,45	1,60	1,70	1,80	1,85	1,85
20	1,50	1,90	2,25	2,60	2,90	3,20
25	1,65	2,20	2,65	3,0	3,25	3,40
32	1,80	2,60	3,70	5,0	6,50	8,0

Средние значения КМС радиаторов стальных панельных и конвекторов приведены в табл. 10.9. Значение КМС прибора с подводками можно определить по формуле

$$\zeta_{пр} = S_{пр.уз}/A, \qquad (10.31)$$

где $S_{пр\ уз}$ – характеристика сопротивления приборного узла; определяется по формуле (10.22) при $k = 1{,}0$ с учетом числа параллельно соединенных нагревательных элементов в приборе; A – удельное динамическое давление; принимается по табл. 10.7 для диаметра подводки к прибору.

10.9. Гидравлический расчет системы по удельным линейным потерям давления

Расчет начинают с **основного циркуляционного кольца** системы, в котором установлено наименьшее значение Δp_1 – отношения расчетного циркуляционного давления $\Delta p_р$ к длине кольца Σl:

$$\Delta p_1 = \Delta p_р/\Sigma l. \qquad (10.32)$$

В насосной вертикальной однотрубной системе – это кольцо через наиболее нагруженный стояк из удаленных от теплового пункта при тупиковом движении воды или через наиболее нагруженный из средних стояков при попутном движении воды в магистралях. В насосной двухтрубной системе – это кольцо че-

ТАБЛИЦА 10.9

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МЕСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СТАЛЬНЫХ РАДИАТОРОВ И КОНВЕКТОРОВ

Прибор	Марка прибора	КМС при диаметре условного прохода подводки, мм							
		10		15		20		25	
Радиатор стальной	РСВ1		0,2		0,5		1,7		4,5
	РСГ2		0,6		1,35		4,5		12,0
Конвектор «Универсал»	КН20-к	0,5 / 1,0	0,75	1,35 / 2,4	1,9	4,5 / 8,1	6,3	11,6 / 20,9	16,2
	КН20-п	0,15 / 0,37	0,26	0,35 / 0,9	0,6	1,18 / 2,98	2,1	3,15 / 7,9	5,6
Конвектор «Универсал-С»	КН20-к	1,42 / 2,05	1,73	3,4 / 4,9	4,2	11,4 / 16,4	13,9	30 / 43,8	37
	КН20-п	0,32 / 0,35	0,34	0,78 / 0,84	0,81	2,6 / 2,8	2,7	6,9 / 7,5	7,2
Конвектор «Комфорт-20»	КН20-к	0,4 / 0,9	0,7	1,1 / 2,2	1,6	3,4 / 7,4	5,4	9,1 / 19,8	14,4
	КН20-п	0,1 / 0,6	0,4	0,3 / 1,5	0,9	1,0 / 5,0	3,0	2,7 / 13,4	8,0
Конвектор «Аккорд»	КА-к	0,3	0,6	0,8	1,5	2,8	4,9	7,5	13,0
Конвектор «Аккорд»	КА-к	0,3 / 0,9	0,6	0,8 / 2,1	1,5	2,8 / 6,9	4,9	7,5 / 18,4	13,0
	КА-п	0,2 / 0,7	0,5	0,5 / 1,8	1,2	1,8 / 5,9	3,9	4,8 / 15,8	10,3
	К2А-к	0,8 / 1,8	1,3	2,0 / 4,5	3,2	6,7 / 14,8	10,7	17,9 / 39,5	28,6
Конвектор «Ритм»	КО20-1,37-к		0,8		1,9		6,2		16,6
	КО20-1,37-п		0,5		1,1		3,8		10,1
	КО20-0,915-п		0,3		0,8		2,6		6,9
	КО20-2,14-к		1,0		2,4		7,9		21,1
	КО20-2,14-п		0,7		1,7		5,7		15,2
Конвектор высокий	КВ-20		5,6		13,5		45,0		120,0

Примечание. Для конвекторов «Универсал», «Универсал-С», «Комфорт-20» и «Аккорд» даны значения КМС при минимальной (в числителе), максимальной (в знаменателе), а также средней длине нагревательных элементов.

рез нижний отопительный прибор аналогично выбранных стояков.

В горизонтальной однотрубной системе многоэтажного здания основное циркуляционное кольцо выбирают по меньшему значению Δp_1 [см. выражение (10.32)] в двух кольцах через ветви на верхнем и нижнем этажах. Так же поступают при расчете гравитационной системы, сравнивая значения Δp_1 в циркуляционных кольцах через отопительные приборы, находящиеся на различных расстояниях от теплового пункта.

При подборе диаметра труб в циркуляционном кольце исходят из принятого расхода воды и среднего ориентировочного значения удельной линейной потери давления $R_{ср}$, определяемого по формуле

$$R_{ср} = \frac{(1-k)\Delta p_р}{\Sigma l}, \qquad (10.33)$$

где k – коэффициент, учитывающий долю местных потерь давления в системе (табл. II.21); Σl – общая длина последовательных участков, составляющих расчетное циркуляционное кольцо, м.

При выборе диаметра однотрубных стояков с движением воды снизу – вверх в замыкающих участках принимают во внимание не только максимально допустимый расход воды (по скорости – см. табл. 10.5), но и минимальный расход (для обеспечения затекания воды в приборы). В табл. 10.10 для ориентировки указан минимально допустимый расход воды в таких стояках с радиаторными узлами. Для стояков с приборными узлами иного вида, особенно при

ТАБЛИЦА 10.10

МИНИМАЛЬНЫЙ РАСХОД ВОДЫ ПРИ ДВИЖЕНИИ ЕЕ СНИЗУ ВВЕРХ В ОДНОТРУБНЫХ СТОЯКАХ С РАДИАТОРНЫМИ УЗЛАМИ, ИМЕЮЩИМИ СМЕЩЕННЫЕ ЗАМЫКАЮЩИЕ УЧАСТКИ (ВЫСОТОЙ 0,5 М) И КРАНЫ КРП

Расчетная температура воды в системе $t_г - t_0$ °С	Диаметр условного прохода труб, мм			Минимальный расход воды $G_{ст}$ кг/ч
	стояка	замыкающего участка	подводок	
95 70	15	15	15	200
105 70				220
95 70	20	15	20	150
105–70				170
95–70	25	20	25	330
105 70				360

высоких приборах, минимальный расход воды определяют расчетом.

При выборе диаметра труб в системах отопления с нижним расположением обеих магистралей учитывают, что минимальный расход воды в верхней части П-образных однотрубных стояков, при котором обеспечивается унос воздуха из труб, составляет: при $D_у$15 мм $G_{ст} = 140$, при $D_у$20 мм $G_{ст} = 250$, при $D_у$25 мм $G_{ст} = 400$ кг/ч.

В результате расчета потери давления в основном циркуляционном кольце, состоящем из N последовательных участков [см. формулу (10.29)], должны составлять (при $k = 1{,}0$):

$$\sum_{1}^{N}(Rl + Z) \approx 0{,}9\Delta p_р, \qquad (10.34)$$

т.е должны быть меньше $\Delta p_р$ приблизительно на 10% (запас).

Расчет **второстепенных циркуляционных колец** системы проводят исходя из расчета основного кольца. В каждом новом кольце рассчитывают только дополнительные (не общие) участки, параллельно соединенные с участками основного кольца. При этом стремятся к получению равенства [по формуле (10.30)]:

$$\Sigma(Rl + Z)_{доп} = \Delta p_{р\ доп}, \qquad (10.35)$$

где $\Delta p_{р\ доп}$ – располагаемое циркуляционное давление для расчета дополнительных не общих участков

Это давление принимают равным потерям давления (ранее вычисленным) на параллельно соединенных с ними участках, входящих в основное кольцо:

двухтрубной системы

$$\Delta p_{р\ доп} = \Sigma(Rl + Z)_{осн}; \qquad (10.36)$$

однотрубной системы

$$\Delta p_{р\ доп} = \Sigma(Rl + Z)_{осн} + (\Delta p_{е\ доп} - \Delta p_{е\ осн}) \qquad (10.37)$$

с поправкой на разность естественных циркуляционных давлений в рассчитываемом и основном кольцах [по формуле (10.12)].

Расхождение (невязка) в расчетных потерях давления на параллельно соединенных участках допустимо при тупиковом движении воды в магистралях до 15%, при попутном движении $\pm$ 5%.

10.9.1. Гидравлический расчет вертикальной однотрубной системы

После расчета основного циркуляционного кольца системы с тупиковым движением воды в магистралях строят для определения располагаемого давления в точках присоединения стояков **эпюру циркуляционного давления** в магистралях (пример построения – см. п. 10.9.2).

Для построения эпюры циркуляционного давления в магистралях системы с попутным движением воды необходим гидравлический расчет кроме основного кольца еще двух второстепенных циркуляционных колец. Эти кольца выбирают через ближний и дальний (от теплового пункта) наиболее нагруженные стояки.

При гидравлическом расчете промежуточных стояков определяют располагаемое циркуляционное давление по формуле, аналогичной формуле (10.37), используя построенную эпюру циркуляционного давления в магистралях. Для увязки потерь давления могут применяться составные стояки из труб различного диаметра. В первую очередь изменяют диаметр труб, соединяющих стояки с магистралями.

При невозможности увязки потерь давления путем изменения диаметра труб гидравлический расчет выполняют способом характеристик гидравлического сопротивления (см. п. 10.10). В исключительных случаях прибегают к диафрагмированию стояков. Диаметр диафрагмы $d_д$, мм, определяют (принимая его

не менее 5 мм) исходя из расхода воды в стояке $G_{ст}$, по формуле

$$\left.\begin{aligned} d_д &= 3{,}54\,(G_{ст}^2/\Delta p_д)^{0{,}25} \\ [d_д &= 2{,}0\,(G_{ст}^2/\Delta p_д)^{0{,}25}], \end{aligned}\right\} \qquad (10.38)$$

где $\Delta p_д$ – необходимые для увязки потери давления в диафрагме, Па (кгс/м²).

При гидравлическом расчете стояков с замыкающими участками значения коэффициента затекания воды в приборы принимают по табл. 9.3 или вычисляют по формуле (10.23). Так следует поступать, когда **дополнительная характеристика гидравлического сопротивления** S_e замыкающего участка (з.у), связанная с действием естественного циркуляционного давления в малом кольце отопительного прибора, $S_e < S_{e.пред}$ (табл. 10.11).

ТАБЛИЦА 10.11

ЗНАЧЕНИЯ $S_{e\,пред} \cdot 10^4$, ПА/(КГ/Ч)², В МАЛОМ ЦИРКУЛЯЦИОННОМ КОЛЬЦЕ ОТОПИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА ВЫСОТОЙ $h_{пр} = 0{,}5$ М (ПРИ $k = 1{,}0$)

Диаметр замыкающего участка (з.у) D_y, мм	Один прибор при движении воды				Два прибора с осевым з.у
	сверху-вниз с з.у		снизу-вверх с з.у		
	смещенным	осевым	смещенным	осевым	
15	45	20	35	15	25
20	10	5	9	3	10

Значение S_e, Па/(кг/ч)², при тепловой нагрузке прибора $Q_{пр}$, Вт, и расходе воды в стояке $G_{ст}$, определяется по формуле

$$S_e = 31\beta h_{пр} Q_{пр}/G_{ст}^3 \qquad (10.39)$$

при β – по табл. 10.4.

Если $S_e > S_{e.пред}$, то **коэффициент затекания воды** в прибор, односторонне присоединенный к стояку, рассчитывают по видоизмененной формуле (10.23)

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + \sqrt{\dfrac{kS_1}{k(S_2 \pm S_e)}}}, \qquad (10.40)$$

где знак плюс принимают при движении воды в стояке сверху-вниз, знак минус – при движении снизу-вверх.

При двустороннем присоединении приборов к стояку и равенстве характеристик сопротивления приборных узлов значения S_e допустимо вычислять по формуле (10.39), вводя в нее коэффициент 2,0.

Характеристика сопротивления смещенного замыкающего участка S_2 длиной 0,5 м в формуле (10.40) может быть принята равной: при D_y15–84 $\cdot 10^{-4}$, при D_y20–24 $\cdot 10^{-4}$ Па/(кг/ч)².

Результаты гидравлического расчета системы отопления заносятся в бланк (см. табл. 10.12); порядок заполнения бланка изложен в Справочнике проектировщика. – 3-е изд. – М.: Стройиздат, 1975. – С. 94.

Пример 10.1. Выполним гидравлический расчет основного циркуляционного кольца вертикальной однотрубной системы отопления с верхней разводкой, тупиковым движением воды в магистралях, присоединенной через водоструйный элеватор к наружным теплопроводам, при параметрах теплоносителя $t_1 = 150$°С, $t_г = 95$°С, $t_o = 70$°С. Тепловые нагрузки приборов и участков (Вт), длины участков указаны на схеме (рис. 10.21). Приборы – радиаторы РСВ установлены у световых проемов, присоединены к стоякам без уток со смещенными обходными участками на третьем этаже (с кранами КРТ), с осевыми замыкающими участками на втором и со смещенными замыкающими участками на первом этаже (с кранами КРП).

Основное циркуляционное кольцо выбираем через стояк *1*; длина кольца 56 м (принимая, что правая часть системы значительно длиннее левой). Расчетное циркуляционное давление определяем по формуле (10.6), пренебрегая как незначительной величиной $\Delta p_{e\,тр}$:

$$\Delta p_р = \Delta p_н + \Delta p_{e.пр} = 5600 + 980 = 6580 \text{ Па}$$
$$(671 \text{ кгс/м}^2).$$

принимая $\Delta p_н = 5600$ Па и определяя по формуле (10.12а)

$$\Delta p_{e.пр} = \frac{0{,}64 \cdot 9{,}81}{4500}(1600 \cdot 3 + 1100 \cdot 6 + 1800 \cdot 9{,}25) \times$$
$$\times (95 - 70) = 980 \text{ Па}.$$

Расход воды в стояке по формуле (10.14)

$$G_{ст} = \frac{4500 \cdot 3600 \cdot 1{,}06 \cdot 1{,}1}{4187\,(95 - 70)} = 180 \text{ кг/ч}.$$

Средняя удельная потеря давления на трение по формуле (10.33)

$$R_{ср} = \frac{0{,}65 \cdot 6580}{56} = 76 \text{ Па/м}.$$

Результаты гидравлического расчета (по табл. II.1 и II.2 вносим в бланк (табл. 10.12).

Проверяем правильность выбора коэффициентов затекания воды в приборы. По формуле (10.39) определяем для приборов:

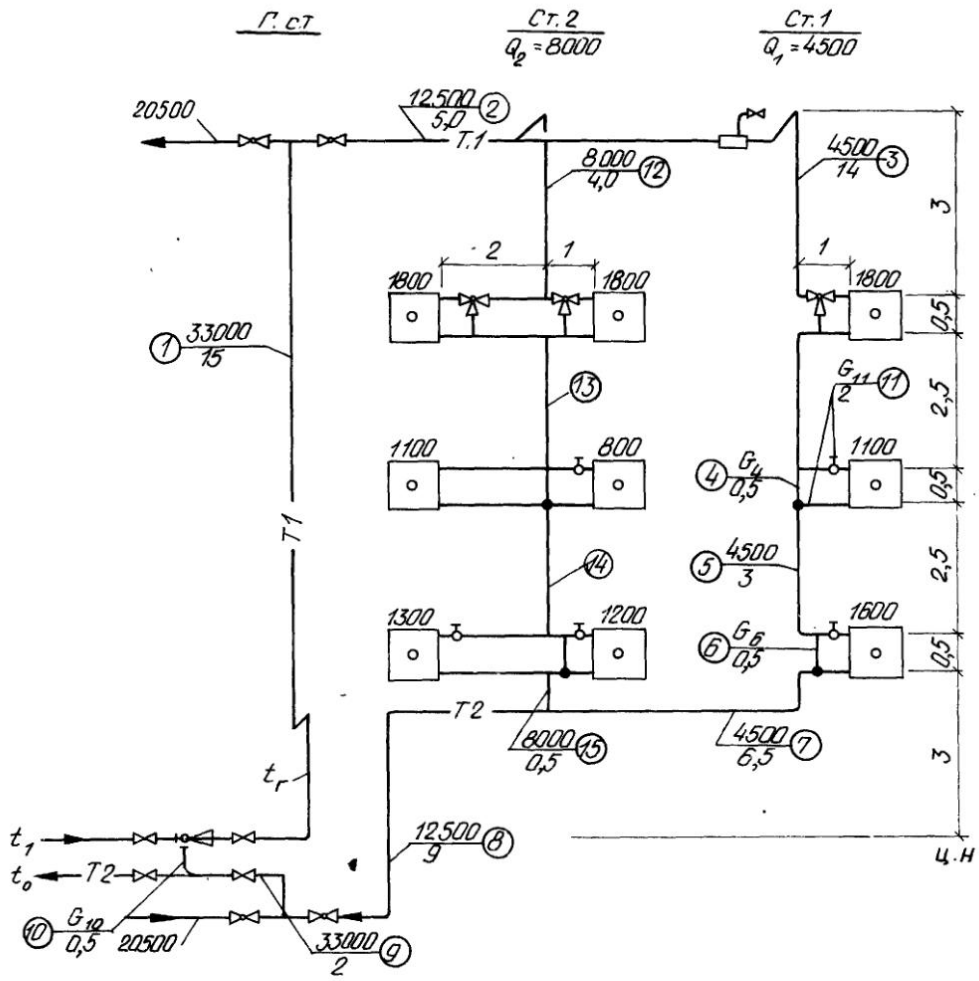


Рис. 10.21. Схема вертикальной однотрубной системы водяного отопления с верхней разводкой и тупиковым движением воды в магистралях (к примеру 10.1)

1 – водоструйный элеватор; *2* воздухосборник; ц.н. – центр нагревания воды

на втором этаже

$$S_e = 31 \cdot 0{,}64 \cdot 0{,}5 \cdot 1100 : 180^3 = 18{,}7 \cdot 10^{-4};$$

на первом этаже

$$S_e = 31 \cdot 0{,}64 \cdot 0{,}5 \cdot 1600 : 180^3 = 27{,}2 \cdot 10^{-4}.$$

Так как полученные значения $S_e < S_{e.пред}$ по табл. 10.11, то коэффициенты затекания воды могут быть выбраны по табл. 9.3.

Запас давления в основном циркуляционном кольце

$$\frac{6580 - 5961}{6580} 100 = 9{,}4\%$$

удовлетворяет условию, выраженному формулой (10.34).

При расчете приняты следующие коэффициенты местных сопротивлений на участках (по табл. II.12–II.16), причем для смежных участков местное сопротивление тройника отнесено к участку с меньшей тепловой нагрузкой:

Участок *1*:

задвижка D_y 40 мм	0,5
отводы D_y 32 мм, 3 шт.	0,5·3 = 1,5
	$\Sigma\zeta_1 = 2{,}0$

Участок *2*
тройник на растекании при $\bar{G}_{отв} = G_{отв}/G_{ств} = 500\ 1320 = 0,38$ — 10,1
кран пробочный проходной D_y 25 мм — 1,5
$\Sigma\zeta_2 = 11,6$

Участок *3*
тройник на проходе при $\bar{G}_{прох} = 180\ 500 \approx 0,36$ — 4,8
воздухосборник — 1,5
отводы D_y15 мм, 4 шт — 0,8 4 = 3,2
тройник на проходе при $\bar{G}_{прох} = 1,0$ — 0,7
радиатор РСВ при D_y15 мм — 0,6
кран трехходовой D_y15 мм при проходе — 3,5
$\Sigma\zeta_3 = 14,3$

Участок *4*
два тройника на проходе при $\bar{G}_{прох} = 1 - \alpha = 1 - 0,33 = 0,67$ — $\Sigma\zeta_4 = 1,14\ 2 \approx 2,3$

Участок *5*
отвод D_y15 мм — $\zeta_5 = 0,8$

Участок *6*
тройник на ответвлении при $\bar{G}_{отв} = 1 - 0,5 = 0,5$ и делении потока — 5,4
то же, при слиянии потоков — 2,0
$\Sigma\zeta_6 = 7,4$

Участок *7*
отводы D_y15 мм, 2 шт — 0,8 2 = 1,6
тройник на проходе при $\bar{G}_{прох} = 0,36$ — 4,8
$\Sigma\zeta_7 = 6,4$

Участок *8*
отводы D_y25 мм, 2 шт — 0,5 2 = 1,0
кран пробочный проходной D_y25 мм — 1,5
тройник на противотоке при $\bar{G}_{отв} = 500\ 1320 = 0,38$ — 7,8
$\Sigma\zeta_8 = 10,3$

Участок *9*
отвод D_y32 мм — 0,5
задвижка D_y40 мм — 0,5
$\Sigma\zeta_9 = 1,0$

Участок *10*
тройник на ответвлении II группы при $\bar{G}_{отв} = 907,5\ 1320 = 0,7$ и делении потока — $\zeta_{10} = 1,2$

Пример 10.2. Определим располагаемое циркуляционное давление и среднюю удельную потерю давления на трение для гидравлического расчета второстепенного циркуляционного кольца системы отопления, изображенной на рис 10 21

Гидравлический расчет второстепенного кольца через стояк *2* сводится в данном случае к расчету самого стояка *2* Располагаемое циркуляционное давление для расчета стояка *2* определяем по формуле (10 37)

$$\Delta p_{р\ ст\ 2} = \Sigma(Rl + Z)_{3-7} + (\Delta p_{е\ ст\ 2} - \Delta p_{е\ ст\ 1}) = 3245 + (1027 - 980) = 3292 \text{ Па},$$

где $\Delta p_{е\ ст\ 2} = \dfrac{0,64\ 9,81}{8000}(2500\ 3 + 1900\ 6 + 3600\ 9,25) \times (95 - 70) = 1027$ Па

$R_{ср}$ вычисляем по формуле (10 33) при $\Sigma l = 15,5$ м

$$R_{ср} = 0,65 \cdot 3292 \cdot 15,5 = 138 \text{ Па/м}.$$

ТАБЛИЦА 10.12

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОСНОВНОГО ЦИРКУЛЯЦИОННОГО КОЛЬЦА ОДНОТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Данные по схеме				Принято						
участок	Q Вт	G кг/ч	l м	D_y мм	w м/с	R Па/м	Rl Па	$\Sigma\zeta$	Z Па	$Rl + Z$ Па
1	33000	1320	15 0	32	0,37	64	960	2,0	134	1094
2	12500	500	5,0	25	0,245	43	215	11,6	340	555
3	4500	180	14 0	15	0,265	101	1414	14,3	490	1904
4	–	120	0,5	15	0 175	47	23	2,3	35	58
5	4500	180	3,0	15	0,765	101	303	0,8	28	331
6		90	0,5	15	0,13	28	14	7,4	61	75
7	4500	180	6,5	15	0,265	101	657	6,4	220	877
8	12500	500	9,0	25	0,245	43	387	10,3	302	689
9	33000	1320	2,0	32	0,37	64	128	1,0	67	195
10		907 5	0 5	25	0,445	133	67	1 2	116	183
			$\Sigma l = 56,0$				$\Sigma Rl = 4168$		$\Sigma Z = 1793$	5961 (608 кгс/м^2)

Примечание. Расход воды на участке *4* при $\alpha = 0,33$ (по табл 9 3) $G_4 = (1 - 0,33)180 = 120$ кг/ч
Расход воды на участке *6* при $\alpha = 0,5$ $G_6 = 0,5\ 180 = 90$ кг/ч
Расход воды на участке *10* при коэффициенте смешения $u = 2\ 2$ $G_{10} = G_1\ u/(1 + u) = 1320\ 2,2\ 3,2 = 907,5$ кг/ч

В результате гидравлического расчета, аналогично расчету в примере 10.1, найдено при $G_{ст}$ = = 320 кг/ч; $d_{ст} = 20$ мм, $d_{э.у} = d_{подв} = 15$ мм.

Пример 10.3. Выполним гидравлический расчет малого циркуляционного кольца отопительного прибора на втором этаже в стояке *1* системы отопления, изображенной на рис. 10.21. Расход воды в стояке $G_{ст} = 180$ кг/ч.

Располагаемое циркуляционное давление

$$\Delta p_{р.мал} = \Sigma(Rl + Z)_{э.у} + 0{,}5\beta g h_{пр}(t_{вх} - t_{вых}) = \\ = 58 + 29 = 87 \text{ Па},$$

где $\Sigma(Rl + Z)_{э.у} = \Sigma(Rl + Z)_4 = 58$ Па

по табл. 10.12 исходя из коэффициента затекания воды в прибор $\alpha = 0{,}33$;

$$0{,}5\beta g h_{пр}(t_{вх} - t_{вых}) = 0{,}5 \cdot 0{,}64 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}5 \cdot 18{,}4 = 29 \text{ Па}$$

при $t_{вх} - t_{вых} = \dfrac{Q_{пр}\beta_1\beta_2}{cG_{пр}} = \dfrac{1100 \cdot 3600 \cdot 1{,}06 \cdot 1{,}1}{4187 \cdot 0{,}33 \cdot 180} = 18{,}4°C.$

Результаты гидравлического расчета (по табл. II.1 и II.3) вносим в табл. 10.13.

ТАБЛИЦА 10.13

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПОДВОДОК К ПРИБОРУ НА ВТОРОМ ЭТАЖЕ

Участок	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	$D_у$, мм	w, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\Sigma\zeta$	Z, Па	$Rl + Z$, Па
11		60	2	15	0,09	10,3	20,6	13,55	54	74,6

Коэффициенты местных сопротивлений (табл. II.14):

тройник на ответвлении при $\alpha = 0{,}33$ и делении потока	11,1
то же, при слиянии потоков	−1,65
радиатор РСВ при $D_у$15 мм	0,6
кран КРП $D_у$15 мм	3,5
	$\Sigma\zeta = 13{,}55$

Получено: $\Sigma(Rl + Z)_{подв} < \Delta p_{р.мал}$.

Следовательно, действительный коэффициент затекания будет несколько больше принятого при расчете. Невязка не превышает 15%, поэтому расчет оставляем без изменения.

10.9.2. Гидравлический расчет вертикальной двухтрубной системы

Этот расчет выполняют аналогично расчету однотрубной системы (см. п. 10.9.1). Увязочный расчет циркуляционных колец через отопительные приборы на нижнем этаже выполняют без учета естественного циркуляционного давления [см. формулу (10.36)]; через приборы на вышерасположенных этажах – с учетом дополнительного естественного циркуляционного давления.

В частности, располагаемое циркуляционное давление для гидравлического расчета дополнительных не общих участков, соединяющих отопительные приборы на втором этаже с рассчитанными участками приборов на первом этаже, составляет (без множителя g при расчете в кгс/м²):

в насосной системе

$$\Delta p_р^{II} = \Sigma(Rl + Z)_п + 0{,}40\beta g h_2(t_г - t_о); \quad (10.41)$$

в гравитационной системе

$$\Delta p_р^{II} = \Sigma(Rl + Z)_п + \beta g h_2(t_г - t_о); \quad (10.42)$$

где $\Sigma(Rl + Z)_п$ – потери давления (ранее вычисленные) на участках, параллельно соединенных с новыми не общими участками (между точками *А* и *Б* на рис. 10.9); h_2 – вертикальное расстояние между условными центрами охлаждения приборов на втором и первом этажах (показаны черными точками на рис. 10.9).

Пример 10.4. Выполним гидравлический расчет насосной (элеваторной) двухтрубной системы водяного отопления с нижней разводкой и попутным движением в магистралях из труб (по ГОСТ 10704–76*) (рис. 10.22) при расчетной температуре воды $t_г = 95°$, $t_о = 70°C$. Отопительные приборы – стальные панельные радиаторы РСГ-2, размещенные у световых проемов.

Насосное циркуляционное давление, передаваемое в систему элеватором, $\Delta p_н = 10$ кПа.

Основное циркуляционное кольцо через стояк VII и прибор на первом этаже. Вычислим по формулам (10.8) и (10.15) при $\beta = 0{,}64$ кг/(м³ · °С) по табл. 10.4 и $h_1 = 2{,}8$ м расчетное циркуляционное давление:

$$\Delta p_р = \Delta p_н + 0{,}40\Delta p_е = \\ = 10000 + 0{,}40 \cdot 0{,}64 \cdot 9{,}81 \cdot 2{,}8\,(95 - 70) = 10176 \text{ Па}.$$

Находим по формуле (10.33)

$$R_{ср} = \frac{0{,}65 \cdot 10176}{123{,}7} = 53{,}5 \text{ Па/м}.$$

Заполняем расчетный бланк (табл. 10.14), определяя расход воды на участках по формуле (10.14), как в примере 10.1 (при $\beta_1 = 1{,}06$ и $\beta_2 = 1{,}1$), и пользуясь таблицами прил. II.

Сумма коэффициентов местных сопротивлений на участках магистралей и стояка найдена как и для

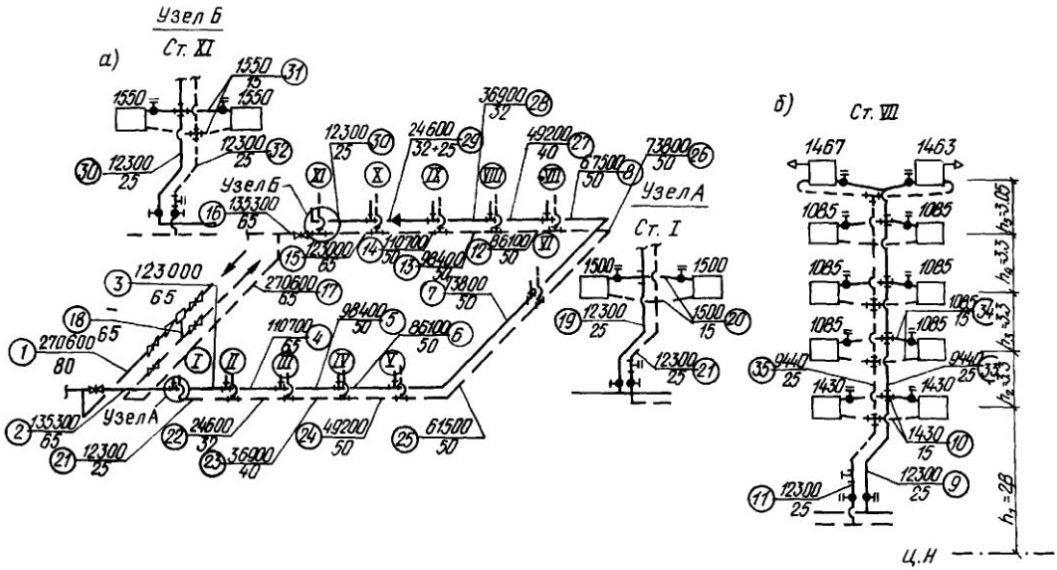


Рис. 10.22. Насосная двухтрубная система водяного отопления с нижней разводкой в попутным движением воды в магистралях
а – схема магистралей; *б* – схема стояка VII; узлы *А* и *Б* – нижние части стояков I и XI (к примеру 10.4)

системы в примере 10.1; например, для подводок к радиатору (участок *10*) она составляет:

крестовина на ответвлении при делении потока – по табл. II.18 при $\bar{d}_{отв} = 15:25 = 0{,}59$, $\bar{G}_{отв} = 57:492 = 0{,}11$ и $\bar{G}_{отв.1} = \bar{G}_{отв.2}$	15,3
кран двойной регулировки $D_у$15 мм	14,0
радиатор РСГ-2 при $D_у$15 мм	1,2
крестовина на ответвлении при слиянии потоков – по табл. II.16 при $\bar{d}_{отв} = 0{,}59$ и $\bar{G}_{отв.1} = \bar{G}_{отв.2} = 0{,}11$	−2,4
	$\Sigma\zeta_{10} = 28{,}1$

В результате расчета для получения равенства (10.34) потребовалось уменьшить диаметр участка *17* (устаревшие данные в табл. 10.14 поставлены в скобках), так как был получен запас циркуляционного давления, значительно превышающий 10%.

В результате уточнения гидравлического расчета запас циркуляционного давления в системе составляет

$$\frac{\Delta p_р - \sum^{N}(Rl + Z)}{\Delta p_р} 100 = 10\%.$$

Циркуляционное кольцо через стояк *I* и прибор на первом этаже. Располагаемое циркуляционное давление для гидравлического расчета не общих участков, параллельно соединенных с участками основного циркуляционного кольца, т. е. участков *19–26*:

$$\Delta p_р = \Sigma(Rl + Z)_{3-11} = 2995 \text{ Па};$$

$$R_{ср} = \frac{0{,}65 \cdot 2995}{60{,}2} = 32 \text{ Па/м}.$$

Потери давления на участках *19–26* (см. табл. 10.14):

$$\Sigma(Rl + Z)_{19-26} = 3017 \text{ Па}.$$

Невязка (−0,7%) находится в допустимых пределах.

Циркуляционное кольцо через стояк XI и прибор на первом этаже. Располагаемое циркуляционное давление для гидравлического расчета участков *27–32*:

$$\Delta p_р = \Sigma(Rl + Z)_{9-15} = 2881 \text{ Па};$$

$$R_{ср} = \frac{0{,}65 \cdot 2881}{36{,}2} = 52 \text{ Па/м}.$$

Потери давления на участках *27–32* (см. табл. 10.14)

$$\Sigma(Rl + Z)_{27-32} = 2843 \text{ Па}.$$

Невязка равна 1,3% < 5%.

Для упрощения гидравлического расчета насосной двухтрубной системы отопления допустим выбор коэффициентов местного сопротивления сварных тройников в магистралях по табл. II.20.

На рис. 10.23 представлена эпюра циркуляционного давления в магистралях системы отопления, построенная на основании гидравлического расчета трех циркуляционных колец через приборы на первом этаже ближнего *I*, среднего *VII* и дальнего *XI* стояков. На рисунке отмечены запас *А* циркуляционного давления в основном кольце (ОК) системы и невязки *Б* и *В*, полученные при расчете параллельно соединенных участков, соответственно через стояки *I* и *XI*.

ТАБЛИЦА 10.14

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДВУХТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Данные по схеме				Принято							Разница $Rl + Z$, Па
Участок	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	D_y, мм	w, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\Sigma\zeta$	Z, Па	$Rl + Z$, Па	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
				Основное циркуляционное кольцо, через стояк УП и прибор на первом этаже, $\Delta p_р = 10176$ Па, $R_{ср} = 53{,}5$ Па/м							
1	270600	10800	9,0	80	0,56	48	432	0,8	123	555	
2	135300	5400	8,0	65	0,39	30	240	6,8	506	746	
3	123000	4920	8,0	65	0,355	25	200	0,2	12	212	
4	110700	4430	8,0	65	0,32	21	168	0,2	10	178	
5	98400	3930	8,0	50	0,52	78	624	0,2	26	650	
6	86100	3450	6,0	50	0,46	60	360	0,2	21	381	
7	73800	2950	12,0	50	0,39	45	540	0,5	37	577	
8	61500	2460	12,0	50	0,33	31	372	0,5	27	399	
9	12325	493	1,8	25	0,24	42	76	8,4	236	312	
10	1430	57	3,0	15	0,083	12	36	28,1	95	131	
11	12325	493	1,4	25	0,24	42	59	3,4	96	155	
12	86100	3450	6,0	50	0,46	60	360	0,7	72	432	
13	98400	3930	8,0	50	0,52	78	624	0,7	93	717	
14	110700	4430	8,0	50	0,59	98	784	0,7	119	903	
15	123000	4920	8,0	65	0,355	25	200	0,5	31	231	
16	135300	5400	4,0	65	0,39	30	120	5,5	408	528	
17	270600	10800	12,0	(80)	(0,56)	(48)	(576)	(1,4)	(214)	(790)	
				65	0,78	116	1392	1,4	416	1808	+ 1018
18	–	7425	0,5	65	0,54	56	28	1,5	213	241	
			123,7							8138	+ 1018

Запас $\dfrac{10176 - 8138}{10176} 100 = 20\%$

После уменьшения диаметра участка *17* запас составляет

$$\frac{10176 - (8138 + 1018)}{10176} 100 = 10\%.$$

Циркуляционное кольцо через стояк I и прибор на первом этаже

$\Delta p_р = \Sigma(Rl + Z)_{3\ \ 11} = 2995$ Па, $R_{ср} = 32$ Па/м

19	12300	492	1,8	25	0,24	42	76	8,4	235	311	
20	1400	56	3,0	15	0,081	11	33	28,1	90	123	
21	12300	492	9,4	25	0,24	42	395	6,9	194	589	
22	24600	984	8,0	32	0,305	48	384	1,5	68	452	
23	36900	1440	8,0	40	0,31	38	304	1,2	56	360	
24	49200	1968	6,0	50	0,26	20	120	0,7	23	143	
25	61500	2460	12,0	50	0,33	31	372	1,0	53	425	
26	73800	2950	12,0	50	0,39	45	540	1,0	74	614	
			60,2							3017	

Невязка $\dfrac{2995 - 3017}{2995} 100 = -0{,}7\%$

Циркуляционное кольцо через стояк XI и прибор на первом этаже

$\Delta p_р = \Sigma(Rl + Z)_{9\ \ 15} = 2881$ Па, $R_{ср} = 52$ Па/м

27	49200	1968	6,0	(50)	(0,26)	(20)	(120)	(0,2)	(7)	(127)	
				40	0,42	70	420	0,2	17	437	+ 310
28	36900	1440	8,0	32	0,45	100	800	0,3	30	830	
29	24600	984	(8,0)	(25)	(0,45)	(131)	(1048)	(0,3)	(30)	(1078)	
			4,0	32	0,305	48	192	0,3	14	206	
			4,0	25	0,45	131	524	–	–	524	– 348
30	12300	492	9,8	25	0,24	42	412	4,4	123	535	
31	1550	62	3,0	15	0,091	14	42	28,1	114	156	
32	12300	492	1,4	25	0,24	42	59	8,4	96	155	
			36,2							2881	– 38

Продолжение табл. 10.14

Данные по схеме				Принято							Разница $Rl + Z$, Па
Участок	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	D_y, мм	w, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\Sigma\zeta$	Z, Па	$Rl + Z$, Па	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Невязка: $\dfrac{2881 - 2881}{2881} 100 = 0\%$.

После изменения диаметра участков *27* и *29* –

$$\frac{2881 - (2881 - 38)}{2881} 100 = 1{,}3\%.$$

Циркуляционное кольцо через стояк VII и прибор на втором этаже

$\Delta p_p^{II} = \Sigma(Rl + Z)_{10} + 0{,}40\beta g h_2(t_г - t_0) = 131 + 0{,}40 \cdot 0{,}64 \cdot 9{,}81 \cdot 3{,}3 \cdot 25 = 131 + 207 = 338$ Па; $R_{ср} = 23$ Па/м

33	9440	378	3,3	25	0,185	25	83	1,5	25	108
34	1085	43	3,0	15	0,063	4,9	15	28,1	55	70
35	9440	378	3,3	25	0,185	25	83	2,4	40	123
			9,6							301

Невязка: $\dfrac{338 - 301}{338} 100 = 10{,}9\%$.

Из эпюры видно, что разность давления во всех промежуточных стояках обеспечивает необходимое направление движения воды. Однако для стояков *VIII* и *IX* разность давления в подающей и обратной магистралях слишком велика. Для уменьшения ее изменяем диаметр участков *27* и *29* (см. табл. 10.14, где устаревшие числа заключены в скобки), составляя участок *29* из труб D_y *32* мм ($l_1 = 4{,}0$ м) и D_y 25 мм ($l_2 = 4{,}0$ м). Окончательная линия давления показана на рис. 10.23 пунктиром.

Построение подобных эпюр циркуляционного давления рекомендуется при гидравлическом расчете ограниченного числа циркуляционных колец в двухтрубных системах отопления во избежание обратной циркуляции воды в отдельных стояках.

Циркуляционное кольцо через стояк VII и прибор на втором этаже. Располагаемое циркуляционное давление для гидравлического расчета не общих участков, параллельно соединенных с участком *10* основного циркуляционного кольца, находим по формуле (10.41) при $\Sigma(Rl + Z)_{10} = 131$ Па, $\beta = 0{,}64$ (табл. 10.4) и $h_2 = 3{,}3$ м (см. рис. 10.22)

$$\Delta p_p^{II} = 131 + 0{,}40 \cdot 0{,}64 \cdot 9{,}81 \cdot 3{,}3\,(95 - 70) = 131 + 207 = 338 \text{ Па},$$

$$R_{ср} = \frac{0{,}65 \cdot 338}{9{,}6} = 23 \text{ Па/м}.$$

Потери давления на участках 33–35 (см. табл. 10.14) равны 301 Па; невязка 10,9%.

Гидравлический расчет циркуляционных колец через отопительные приборы расположенных выше этажей выполняется аналогично.

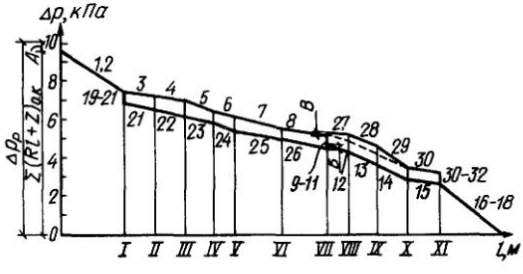


Рис. 10.23. Эпюра циркуляционного давления в двухтрубной системе отопления с попутным движением воды в магистралях (см. рис. 10.22)

I–XI – номера стояков, *1–32* – номера расчетных участков

10.10. Гидравлический расчет системы по характеристикам сопротивления

Способ расчета, основанный на заданной проводимости труб, применяют при проектировании насосных вертикальных и горизонтальных однотрубных систем, вертикальных двухтрубных систем с кранами повышенного сопротивления. В результате расчета определяют потокораспределение в системе между ветвями, стояками и приборами – действительное при скорости движения воды выше 0,8 м/с, с отклонением от действительного до 5% при скорости не ниже 0,3 м/с.

10.10.1. Гидравлический расчет вертикальной однотрубной системы, разделенной на пофасадные части с тупиковым движением воды в магистралях*

Диаметр труб выбирают исходя из расчетного циркуляционного давления $\Delta p_р$ (см. п. 10.7). Для этого в циркуляционном кольце системы через последний (тупиковый) стояк определяют $R_{ср}$ по формуле (10.33). Для каждого участка вычисляют удельную характеристику сопротивления по формуле

$$S_{уд} = R_{ср}/G_{ор}^2, \qquad (10.43)$$

где $G_{ор}$ – ориентировочный расход воды на участке, кг/ч, определяемый по формуле (10.28).

Диаметры труб назначают, сопоставляя полученные значения $S_{уд}$ с величинами $S_{уд}$ для стандартных диаметров труб по табл. 10.7. Для повышения тепловой устойчивости системы при выборе диаметра труб принимают: для стояков – ближайший меньший диаметр, для магистралей – ближайший больший диаметр труб.

Допустимость скорости движения воды при выборе диаметра труб проверяют по табл. 10.5, вычисляя скорость по данным табл. 10.7, где приведен расход воды при скорости 1,0 м/с (если, например, расход воды в трубе $D_у$15 составляет 500 кг/ч, то скорость движения воды $w = 500:690 = 0{,}72$).

Расчет начинают с последнего (тупикового) стояка, задаваясь расходом воды в нем, соответствующим несколько большему перепаду температуры воды (в пределах 7°С) по сравнению с $\Delta t_с$, принятым для системы в целом.

Пример 10.5. Определим характеристику сопротивления стояка *1* (см. рис. 10.21) по условиям примера 10.1.

Расход воды в стояке *1* по формуле (10.14), задаваясь $\Delta t_{ст} = \Delta t_с + 3°С$,

$$G_{ст.1} = \frac{4500 \cdot 3600 \cdot 1{,}06 \cdot 1{,}1}{4187\,(25 + 3)} \approx 160 \text{ кг/ч}.$$

Удельная характеристика сопротивления при $R_{ср} = 76$ Па/м по формуле (10.43)

$$S_{уд} = 76:160^2 = 29{,}7 \cdot 10^{-4} \text{ Па/м (кг/ч)}^2.$$

Принимаем по табл. 10.7 диаметр стояка $D_у$15.

Стояк *1* состоит из последовательно соединенных участков *3, 5, 7* и разветвленных приборных узлов между ними (на первом и втором этажах).

Характеристика сопротивления участка *3* (см. рис. 10.21) при $l = 14$ м и $\Sigma\zeta = 14{,}3$ (включая проточный приборный узел с краном КРТ на третьем этаже) по формуле (10.17):

$$S_3 = 10{,}6\,(2{,}7 \cdot 14 + 14{,}3)\,10^{-4} = 552{,}3 \cdot 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2.$$

Для определения характеристики сопротивления разветвленного приборного узла на втором этаже найдем проводимости [по формуле (10.20)] подводок к прибору (индекс «п») и замыкающего участка (индекс «з.у»):

$$S''_п = 10{,}6\,(2{,}7 \cdot 2 + 13{,}55)\,10^{-4} = 200{,}9 \cdot 10^{-4};$$
$$\sigma''_п = 100:(200{,}9)^{0{,}5} = 7{,}1;$$
$$S''_{з.у} = 10{,}6\,(2{,}7 \cdot 0{,}5 + 2{,}3)\,10^{-4} = 38{,}7 \cdot 10^{-4};$$
$$\sigma''_{з.у} = 100:(38{,}7)^{0{,}5} = 16{,}1.$$

Характеристика сопротивления узла по формуле (10.22)

$$S''_{уз} = 1:(7{,}1 + 16{,}1)^2 = 18{,}6 \cdot 10^{-4}.$$

Попутно вычислим коэффициент затекания воды в прибор на втором этаже по формуле (10.23)

$$\alpha''_п = 7{,}1:(7{,}1 + 16{,}1) = 0{,}31$$
(в примере 10.1 $\alpha = 0{,}33$).

Аналогично определим для участка *5* и приборного узла на первом этаже:

$$S_5 = 10{,}6\,(2{,}7 \cdot 3 + 0{,}8)\,10^{-4} = 94{,}3 \cdot 10^{-4};$$
$$S'_п = 10{,}6\,(2{,}7 \cdot 1{,}0 + 8{,}5)\,10^{-4} = 118{,}7 \cdot 10^{-4};$$
$$\sigma'_п = 9{,}2;$$
$$S'_{з.у} = 10{,}6\,(2{,}7 \cdot 0{,}5 + 7{,}4)\,10^{-4} = 92{,}8 \cdot 10^{-4};$$
$$\sigma'_{з.у} = 10{,}4;$$
$$S'_{уз} = 1:(9{,}2 + 10{,}4)^2 = 26 \cdot 10^{-4}.$$

Коэффициент затекания воды в прибор на первом этаже

$$\alpha'_п = 9{,}2:(9{,}2 + 10{,}4) = 0{,}47$$
(в примере 10.1 $\alpha = 0{,}5$).

Наконец, $S_7 = 10{,}6\,(2{,}7 \cdot 6{,}5 + 6{,}4)\,10^{-4} = 253{,}9 \cdot 10^{-4}$.

Таким образом, характеристика сопротивления стояка *1* (с примыкающей парой участков магистралей) по формуле (10.21)

$$S_{ст.1} = (552{,}3 + 18{,}6 + 94{,}3 + 26 + 253{,}9)\,10^{-4} = 945{,}1 \cdot 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2,$$

а проводимость стояка *1* по формуле (10.20)

$$\sigma_{ст.1} = 100:945{,}1^{0{,}5} = 3{,}2 \text{ кг/(ч} \cdot \text{Па}^{0{,}5}).$$

После расчета последнего (тупикового) стояка *1*

---

* Гидравлический расчет системы по относительным характеристикам сопротивления приведен в Справочнике проектировщика. 3-е изд.–М.: Стройиздат, 1975.

переходят к расчету предпоследнего стояка *2*. Выбрав диаметр труб и вычислив характеристику сопротивления $S_{ст.2}$ и проводимость $\sigma_{ст.2}$ (см. пример 10.5), находят коэффициент затекания воды $\alpha_{ст\ 2}$ в стояк *2* как отношение проводимостей $\sigma_{ст.2}$ и $\sigma_{ст.1}$ [см. формулу (10.25)]. Умножая расход воды в последнем стояке $G_{ст\ 1}$ на полученный коэффициент затекания воды $\alpha_{ст.2}$, определим расход воды $G_{ст.2}$, а затем и перепад температуры воды $\Delta t_{ст.2}$ в предпоследнем стояке.

Если $\Delta t_{ст\ 2}$ отличается от принятого для системы Δt_c не более чем на ± 7°С (при большем отличии изменяют проводимость стояка *2*), то рассчитывают следующий стояк *3*. Определив проводимость $\sigma_{ст.3}$ этого стояка и вычислив значение $S_{к.3} = S_{ст\ 1} + S_2(1 + \alpha_{ст.2})^2$ – см. числитель формулы (10.24), находят коэффициент затекания воды в стояк *3* $\alpha_{ст\ 3} = \sigma_{ст\ 3}/\sigma_{к.3}$ (где $\sigma_{к.3} = 1/S_{к.3}^{0,5}$) и т. д. Повторяя описанный цикл расчета, определяют коэффициенты затекания и расходы воды во всех стояках системы.

Потери давления в системе вычисляют по формуле (10.16) исходя из характеристики сопротивления системы по формуле (10.24) и общего расхода воды в стояках.

Пример 10.6. Определим характеристику сопротивления и расход воды в стояке *2* (см. рис. 10.21) по данным примера 10.5.

Принимаем диаметр труб стояка D_y 20 мм, приборных узлов D_y 15 мм (см. пример (10.2).

Характеристика сопротивления разветвленного приборного узла, состоящего из трех параллельно соединенных участков (узел II на втором этаже):

$$S_{п.1} = 10{,}6(2{,}7\cdot 4 + 14{,}1)\,10^{-4} = 263{,}9\cdot 10^{-4};$$
$$\sigma_{п.1} = 100 : 263{,}9^{0,5} = 6{,}15;$$
$$S_{п.2} = 10{,}6(2{,}7\cdot 2 + 17{,}2)\,10^{-4} = 239{,}6\cdot 10^{-4};$$
$$\sigma_{п.2} = 6{,}45;$$
$$S_{э.у} = 10{,}6(2{,}7\cdot 0{,}5 + 1{,}5)\,10^{-4} + 3{,}19\cdot 4{,}5\cdot 10^{-4} = 44{,}6\cdot 10^{-4};\quad \sigma_{э.у} = 15{,}0.$$

При суммарной проводимости узла II $\sigma_{уз} = 27{,}6$ характеристика сопротивления $S_{уз} = 1:27{,}6^2 = 13{,}1\cdot 10^{-4}$ (коэффициенты затекания воды $\alpha_{п.1} = 6{,}15:27{,}6 = 0{,}22$; $\alpha_{п.2} = 6{,}45:27{,}6 = 0{,}23$).

Результаты остальных расчетов сведены в табл. 10.15.

По проводимостям стояка *2* $\sigma_{ст.2} = 100:182{,}6^{0,5} = 7{,}4$ и стояка *1* $\sigma_{ст.1} = 3{,}2$ (см. пример 10.5) найдем коэффициент затекания воды в стояк *2* по формуле (10.25): $\alpha_{ст.2} = 7{,}4:3{,}2 = 2{,}31$ и расход воды в стояке *2*: $G_{ст.2} = 160\cdot 2{,}31 = 370$ кг/ч.

Перепад температуры воды в стояке *2* из формулы (10.14)

$$\Delta t_{ст} = \frac{8000\cdot 3600\cdot 1{,}06\cdot 1{,}1}{4187\cdot 370} = 21{,}7\text{°C}$$
$$(< 25\text{°C на } 3{,}3\text{°C}).$$

Пример 10.7. Определим диаметр и характеристику сопротивления парных участков магистралей (см. участки *2* и *8* на рис. 10.21), характеристику сопротивления правой части системы и потери давления в ней исходя из данных примеров 10.1, 10.5 и 10.6.

Расход воды на участках магистралей $G_{маг} = 160 + 370 = 530$ кг/ч.

Удельная характеристика сопротивления при $R_{ср} = 76$ Па/м по формуле (10.43)

$$S_{уд} = 76 : 530^2 = 2{,}7\cdot 10^{-4}\ \text{Па/м (кг/ч)}^2.$$

Принимаем по табл. 10.7 ближайший больший диаметр D_y25 мм. Дальнейшие расчеты сводим в табл. 10.16.

Характеристика сопротивления правой части системы отопления по формуле (10.24)

$$S_{прав} = \frac{945{,}1 + 51{,}1\,(1 + 2{,}31)^2\,10^{-4}}{(1 + 2{,}31)^2} =$$
$$= 137{,}4\cdot 10^{-4}\ \text{Па/(кг/ч)}^2,$$

ТАБЛИЦА 10.15

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ СТОЯКА *1* (Q = 8000 Вт) СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ (К ПРИМЕРУ 10.6)

Участок	l, м	D_y, мм	$\lambda/d_э$, м$^{-1}$	$\frac{\lambda l}{d_э}$	$\Sigma\zeta$	$A\cdot 10^4$, $\frac{\text{Па}}{(\text{кг/ч})^2}$	$S\cdot 10^4$, $\frac{\text{Па}}{(\text{кг/ч})^2}$
12	4	20	1,8	7,2	2,3	3,19	30,3
Узел III*		15	2,7	–	–	10,6	69,5
13	2,5	20	1,8	4,5		3,19	14,4
Узел II*	–	15	2,7	–	–	10,6	13,1
14	2,5	20	1,8	4,5	–	3,19	14,4
Узел I*	–	15	2,7	–	–	10,6	32,3
15	0,5	20	1,8	0,9	1,8	3,19	8,6
							$S_{ст} = 182{,}6$

* По отдельному расчету.

где 1 и 2,31 – коэффициенты затекания воды соответственно в стояки *1* и *2*.

Проводимость правой части системы по формуле (10.26)

$$\sigma_{\text{прав}} = \frac{100(1+2{,}31)}{[945{,}1 + 51{,}1(1+2{,}31)^2]^{0{,}5}} = 8{,}53 \text{ кг/(ч·Па}^{0{,}5}).$$

ТАБЛИЦА 10.16

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАРНЫХ УЧАСТКОВ МАГИСТРАЛЕЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ (К ПРИМЕРУ 10.7)

Участок	$Q_{\text{уч}}$, Вт	D_y, мм	l, м	$\lambda/d_в$, м$^{-1}$	$\Sigma\zeta$	$A\cdot10^4$, Па/(кг/ч)^2	$S\cdot10^4$, Па/(кг/ч)^2
2	12500	25	5,0	1,4	11,6	1,23	22,9
8	12500	25	9,0	1,4	10,3	1,23	28,2
							51,1

Потери давления в правой части системы (см. рис. 10.21) по формуле (10.16)

$$\Delta p_{\text{прав}} = 137{,}4\cdot10^{-4}\cdot530^2 = 3860 \text{ Па}$$

или приблизительно с одним и тем же результатом по формуле (10.19)

$$\Delta p_{\text{прав}} = (530:8{,}53)^2 = 3861 \text{ Па}.$$

Левую часть системы отопления рассчитывают аналогично, определяя ее характеристику сопротивления $S_{\text{лев}}$ и предварительный расход воды $G'_{\text{лев}}$. Затем, считая расчет правой части основным, находят коэффициент пересчета расходов воды на участках и в стояках левой части системы

$$k_{\text{лев}} = \frac{G_{\text{прав}}}{G'_{\text{лев}}}\left(\frac{S_{\text{прав}}}{S_{\text{лев}}}\right)^{0{,}5}, \qquad (10.44)$$

где $G_{\text{прав}}$ и $G'_{\text{лев}}$ – расходы воды в правой и левой частях системы; $S_{\text{прав}}$ и $S_{\text{лев}}$ – характеристики сопротивления правой и левой частей системы.

После уточнения расхода воды в левой части ($G_{\text{лев}}$) по общему расходу воды в системе $G'_c = G_{\text{прав}} + G_{\text{лев}}$ определяют потери давления на парных головных участках магистралей системы по формуле (10.16)

$$\Delta p_{\text{гол}} = S_{\text{гол}}(G'_c)^2,$$

а также находят общие потери давления в системе

$$\Delta p'_c = \Delta p_{\text{прав}} + \Delta p_{\text{гол}}.$$

Необходимость дальнейших расчетов выявляется при сопоставлении полученных величин с исходными G_c и Δp_p. Если они достаточно близки (расхождение не превышает 5–10%), то определяют требуемое давление в начале подающей магистрали по формуле (10.1) и на этом гидравлический расчет системы заканчивают.

Если расхождение между Δp_p и $\Delta p'_c$ велико и оно не может быть устранено путем пересчета потерь давления $\Delta p_{\text{гол}}$ на головных участках магистралей системы, то потери давления в системе приводят в соответствие с Δp_p (с запасом 10%). Для этого определяют новый расчетный расход воды в системе по формуле

$$G_p = G'_c(0{,}90\Delta p_p/\Delta p'_c)^{0{,}5} \qquad (10.45)$$

и пересчитывают расходы на всех участках, вводя поправочный коэффициент

$$k_p = G_p/G'_c. \qquad (10.46)$$

Соответственно значению коэффициента k_p изменяются и перепады температуры воды в стояках.

Пример 10.8. Определим изменение полученных в примерах 10.5–10.7 расхода и перепада температуры воды в стояках *1* и *2* (см. рис. 10.21), если циркуляционное давление для участков *2–8* увеличится от 3860 (см. пример 10.7) до 4489 Па (см. пример 10.1).

Общий для двух стояков расход воды возрастет до $G_p = 530(4489:3860)^{0{,}5} = 572$ кг/ч, а температура обратной воды составит

$$t_o = 95 - \frac{12500\cdot3600\cdot1{,}06\cdot1{,}1}{4187\cdot572} = 73{,}1°\text{C}$$

(была 71,4°С).

При коэффициенте пересчета расхода воды по формуле (10.46) $k_p = 572:530 = 1{,}079$ получим расход и перепад температуры воды в стояках:

стояк *1*: $G_{\text{ст.1}} = 173$ кг/ч, $\Delta t_{\text{ст.1}} = 26{,}1°\text{C}$ (был 28,2°С);

стояк *2*: $G_{\text{ст.2}} = 399$ кг/ч, $\Delta t_{\text{ст.2}} = 20{,}1°\text{C}$ (был 21,7°С).

По измененным расходу и температуре воды уточняют предварительно выбранные размеры отопительных приборов.

10.10.2. Гидравлический расчет горизонтальной однотрубной системы многоэтажного здания

До гидравлического расчета делают предварительный тепловой расчет отопительных приборов для выявления их размеров, так как расчетная длина участков труб в горизонтальных ветвях связана с длиной приборов. Длину приборов определяют исходя из величины номинального теплового потока (см. прил. X).

Отопительные приборы с греющими трубами $D_y = 15 \div 20$ мм включают в горизонтальную ветвь как последовательно соединенные расчетные участки определенной длины (см.

правые приборы на втором этаже на рис. 10.8).

Длину отопительных приборов с каналами, а также с греющими трубами $D_y = 32 \div 100$ мм учитывают при определении длины соединяющих их труб (см. левые приборы на рис. 10.8). Длину замыкающих или обходных участков под приборами устанавливают в зависимости от длины приборов или принимают постоянной при использовании унифицированной редуцирующей вставки.

Основное циркуляционное кольцо системы выбирают с помощью выражения (10.32), вычисляя наибольшее и наименьшее расчетное циркуляционное давление $\Delta p_р$ по формуле (10.8).

При определении наибольшего $\Delta p_р$ естественное циркуляционное давление $\Delta p_{е.пр}$ находят по формуле (10.15) с заменой высоты h_1 вертикальным расстоянием между условными центрами охлаждения в ветви на верхнем этаже здания и центром нагревания. Наименьшее $\Delta p_р$ действует в самом коротком циркуляционном кольце через горизонтальную ветвь на нижнем этаже, когда естественное циркуляционное давление вычисляется по формуле (10.15).

Для повышения тепловой устойчивости системы при ее гидравлическом расчете исходят из условия

$$\Delta p_{вет} \geqslant \Delta p_{е.макс}, \qquad (10.47)$$

которое означает, что потери давления в любой горизонтальной ветви системы не должны быть меньше максимального значения естественного циркуляционного давления, возникающего при охлаждении воды в приборах ветви на верхнем этаже здания. При этом скорость движения воды в трубах ветви должна превышать 0,25 м/с для обеспечения уноса воздуха.

Если основное циркуляционное кольцо выбрано и рассчитано через ветвь на **нижнем этаже**, то располагаемое циркуляционное давление для гидравлического расчета новых не общих участков, соединяющих приборы на втором этаже с лежащей ниже ветвью, определяют по формуле (10.41). Величина $\Sigma(Rl + Z)_п$ в формуле (10.41) есть потеря давления в горизонтальной ветви на нижнем этаже.

Если основное циркуляционное кольцо выбрано и рассчитано через ветвь на **верхнем N-м этаже**, то располагаемое циркуляционное давление для гидравлического расчета лежащей ниже горизонтальной ветви на $(N - 1)$-м этаже будет равно (без множителя g при расчете в кгс/м^2)

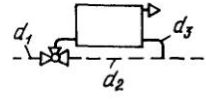
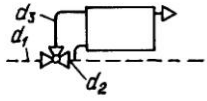
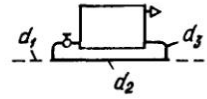
$$\Delta p_р^{N-1} = \Sigma(Rl + Z)_п - 0{,}40\beta g h_N (t_г - t_о), \qquad (10.48)$$

где $\Sigma(Rl + Z)_п$ – потери давления (ранее вычисленные) на участках, параллельно соединенных с новой ветвью, Па; h_N – вертикальное расстояние между условными центрами охлаждения воды в ветвях на N-м и $(N - 1)$-м этажах, м.

При гидравлическом расчете горизонтальных однотрубных систем потери давления в радиаторных узлах находят по приведенному коэффициенту местного сопротивления узла (табл. 10.17).

ТАБЛИЦА 10.17

ПРИВЕДЕННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ МЕСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РАДИАТОРНОГО УЗЛА $\zeta_{уз}$ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОДНОТРУБНОЙ СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ

Радиаторный узел	Условный диаметр труб, мм			Среднее значение $\zeta_{уз}$
	d_1	d_2	d_3	
	15	15	15	12,8
	20	20	20	9,6
	25	25	25	28,0
Узел с обходным участком и краном КРТ				
	15	15	15	10,2
	20	20	20	9,5
	25	20	25/20	20,2
	25	25	25	10.5
Узел с унифицированным обходным участком и краном КРТ				
	15	15	15	2,6
	15	15	20	1,0
	20	15	20	6,1
	20	20	20	1,9
Узел с замыкающим участком и краном КРП	25	20	20	7,0
	25	25	20	1,5

Примечание. В эскизах сплошными линиями показаны трубы, потери давления в которых включены в значения $\zeta_{уз}$

Потери давления в приборных узлах, элементы которых расположены в несколько рядов или ярусов, определяют по характеристике сопротивления узла, значение которой вычисляют по формуле (10.22). При этом коэффициент местного сопротивления отдельного при-

бора принимают по табл. 10.8, 10.9 или прил. II.

Пример 10.9. Выполним гидравлический расчет двух горизонтальных однотрубных ветвей системы с нижним расположением обеих магистралей для отопления помещений на верхних этажах многоэтажного здания при расчетной температуре $t_г = 95°$, $t_о = 70°C$ (рис. 10.24). Отопительные приборы на верхнем этаже – чугунные секционные радиаторы типа М-140 АО, на нижерасположенном – стальные плинтусные конвекторы типа КП*.

Гидравлический расчет горизонтальной ветви на верхнем этаже. Расход воды в ветви при тепловой нагрузке (с учетом коэффициентов β_1 и β_2) 7000 Вт по формуле (10.14)

$$G_в = \frac{7000 \cdot 3600}{4187\,(95 - 70)} = 240 \text{ кг/ч}.$$

Принимаем диаметр ветви и радиаторных проточно-регулируемых узлов $D_у$20 мм.

Находим по тепловой нагрузке предварительное число секций каждого радиатора (см. рис. 10.24) и вычисляем общую длину двух участков стояков и межрадиаторных участков в ветви, равную $25{,}7 - (3{,}4 + 0{,}45 \cdot 5) = 20$ м (принимая длину горизонтальных частей подводок к радиатору 0,45 м).

Определим сумму коэффициентов местных сопротивлений в ветви от точки *А* до точки *Б* по табл. II.12 и II.16:

два тройника на проходе при $\bar{G}_{прох} = 0{,}6$	$1{,}4 \times 2 = 2{,}8$
два проходных крана $D_у$20 мм	$1{,}5 \times 2 = 3{,}0$
два отвода $D_у$20 мм	$0{,}6 \times 2 = 1{,}2$
пять радиаторных узлов $D_у$20 мм по табл. 10.17	$9{,}6 \times 5 = 48{,}0$
тройник спускной на проходе при $\bar{G}_{прох} = 1{,}0$	0,7
	$\Sigma\zeta_в = 55{,}7$

Вычисляем характеристику сопротивления ветви по формуле (10.17) при $k = 1{,}0$ и данным табл. 10.7:

$$S_в = 3{,}19\,(1{,}8 \cdot 20 + 55{,}7)\,10^{-4} = 292{,}5 \cdot 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2.$$

Находим потерю давления в ветви по формуле (10.16)

$$\Delta p_в = 292{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 240^2 = 1685 \text{ Па},$$

считая, что при этом условие (10.47) выполняется.

Гидравлический расчет горизонтальной ветви на нижележащем этаже. Определим располагаемое циркуляционное давление по формуле (10.48)

$$\Delta p_р^н = 1685 - 0{,}40 \cdot 0{,}64 \cdot 9{,}81 \cdot 3{,}0\,(95 - 70) = 1497 \text{ Па}.$$

* В настоящее время не выпускаются.

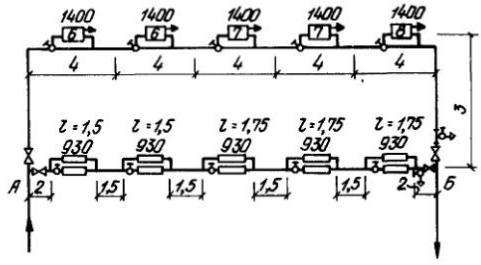


Рис. 10.24. Схема двух горизонтальных однотрубных ветвей системы водяного отопления с нижним расположением обеих магистралей, предназначенных для обогревания помещений на двух верхних этажах многоэтажного здания (к примеру 10.9)

Расход воды в ветви при тепловой нагрузке 4650 Вт, считая $t_г - t_о = 25°C$

$$G_н = \frac{4650 \cdot 3600}{4187 \cdot 25} = 160 \text{ кг/ч}.$$

По предварительному тепловому расчету принимаем установку плинтусных конвекторов типа 15 КП в два яруса и длину конвекторных блоков: первых двух – 1,5 м, последующих – 1,75 м (см. рис. 10.24).

Предполагаем, что через нижнюю трубу конвектора с регулирующим вентилем протекает 40% (коэффициент затекания $\alpha_1 = 0{,}4$), а через верхнюю – 60% общего расхода воды в ветви.

Получаем по отдельному расчету характеристики сопротивления отдельных труб $D_у$15 мм, а также их проводимости по формуле (10.20): для конвекторных блоков длиной 1,5 м:

$$S_1 = 293 \cdot 10^{-4} \quad \text{при} \quad l_1 = 1{,}85 \text{ м}, \quad \sigma_1 = 5{,}84;$$
$$S_2 = 149 \cdot 10^{-4} \quad \text{при} \quad l_2 = 2{,}1 \text{ м}, \quad \sigma_2 = 8{,}19;$$

для конвекторных блоков длиной 1,75 м:

$$S_1 = 302 \cdot 10^{-4} \quad \text{при} \quad l_1 = 2{,}1 \text{ м}, \quad \sigma_1 = 5{,}75;$$
$$S_2 = 154 \cdot 10^{-4} \quad \text{при} \quad l_2 = 2{,}35 \text{ м}, \quad \sigma_2 = 8{,}06.$$

Определяем характеристики сопротивления конвекторных блоков по формуле (10.22)

$$S_{1,5} = \frac{1}{(5{,}84 + 8{,}19)^2} = 50{,}8 \cdot 10^{-4};$$

$$S_{1,75} = \frac{1}{(5{,}75 + 8{,}06)^2} = 52{,}4 \cdot 10^{-4}.$$

Проверяем правильность ранее выбранного коэффициента затекания для одного из блоков по формуле (10.23)

$$\alpha_1 = 1 : \left(1 + \frac{8{,}19}{5{,}84}\right) = 0{,}416\,(\approx 0{,}4).$$

Общая длина прямых участков ветви без длины конвекторных блоков – 10 м (см. рис. 10.24).

Находим сумму коэффициентов местных сопро-

тивлений в ветви от точки A до точки $Б$ по табл. II.12–II.15:

два тройника 20 × 15 мм на ответвлении (II группа) при $G_{отв} = 160/400 = 0{,}4$ при делении и слиянии потоков	3 + 1 = 4,0
два проходных крана D_y 15 мм	3,5 × 2 = 7,0
тройник спускной на проходе при $G_{прох} = 1{,}0$	0,7
	$\Sigma\zeta_{эн} = 11{,}7$

Вычислим характеристику сопротивления ветви по формулам (10.17) и (10.21) и данным табл. 10.7:

$$S_н = [10{,}6(2{,}7\cdot 10 + 11{,}7) + 50{,}8\cdot 2 + 52{,}4\cdot 3]\,10^{-4} = 669\cdot 10^{-4}.$$

Определим потерю давления в ветви по формуле (10.16)

$$\Delta p_н = 669\cdot 10^{-4}\cdot 160^2 = 1713 \text{ Па}.$$

Невязка:

$$\frac{1497 - 1713}{1497}100 = -14{,}4 < 15\%.$$

При фактическом расходе воды в ветви

$$G_н^ф = \left(\frac{\Delta p_р^н}{S_н}\right)^{0,5} = \sqrt{\frac{1497\cdot 10^4}{669}} = 150 \text{ кг/ч}$$

температура обратной воды понизится до

$$t_о^ф = 95 - \frac{4650\cdot 3600}{4187\cdot 150} = 95 - 26{,}7 = 68{,}3°C$$
$$(\Delta t_{вет} = 26{,}7°C).$$

На основании гидравлического расчета уточняют предварительно выбранные размеры отопительных приборов с учетом теплоотдачи труб.

10.10.3. Принципы гидравлического расчета вертикальной двухтрубной системы отопления с нижним расположением магистралей и кранами КРП с дросселирующим устройством (кранами повышенного сопротивления) на подводках к приборам

Расчет проводят аналогично рассмотренному выше гидравлическому расчету горизонтальной однотрубной системы (от верхних приборов к низу стояков). При этом исходят из условия (10.47) применительно к потерям давления в кранах. Определяют минимальный и максимальный диаметры отверстия диафрагм в кранах КРП приборов по формуле (10.38) при минимальном и максимальном расходах воды в приборах, считая $\Delta p_д = \Delta p_{е.макс}$.

Принимая единый (средний) диаметр отверстия диафрагм в кранах, проверяют допустимость скорости движения воды (по табл. 10.5) в подводках к прибору при максимальном расходе воды $G_{пр}$.

При гидравлическом расчете стояков характеристику сопротивления диафрагмы $S_д$, Па/(кг/ч)^2 [(кгс/м^2)/(кг/ч)^2], в кранах КРП определяют по формуле

$$S_д = 157/d_д^4 \;[S_д = 16/d_д^4], \qquad (10.49)$$

где $d_д$ – диаметр диафрагмы, мм.

Диаметр труб стояков выбирают, как правило, единым снизу доверху исходя из предельно допустимой скорости движения воды при наибольшей тепловой нагрузке в основании стояков. Перепады температуры воды в приборах, получаемые в результате гидравлического расчета стояков, могут отличаться от расчетного перепада, принятого для системы в целом. Желательно ограничить отклонение $\pm 7°C$ (например, при $\Delta t_с = 25°C$ перепады температуры от 18 до 32°C).

После вычисления потерь давления в стояках определяют диаметр труб магистралей в зависимости от полученной разности насосного давления в основании стояков.

10.11. Гидравлический расчет однотрубной системы со стояками унифицированной конструкции и тупиковым движением воды в магистралях по характеристикам гидравлического сопротивления

Стояки принимают из труб D_y20 (или D_y15) с односторонним присоединением приборов. Приборные узлы предусматривают проточно-регулируемого типа с кранами КРТ (см. стояк V на рис. 10.7, *а*, стояк IV на рис. 10.7, *б*, стояки II и V на рис. 10.7, *в*).

Тепловые нагрузки стояков по возможности выравнивают (нагрузки должны отличаться не более чем на 40%). Для увеличения проводимости отдельных стояков с большой тепловой нагрузкой используют приборные узлы с замыкающими участками (с кранами КРП), стояки с транзитной («холостой») подъемной частью и одной (П-образные стояки – см. стояк V на рис. 10.7, *б*) или двумя (Т-образные стояки) опускными частями; в зданиях повышенной этажности устраивают парные стояки

(с приборными узлами через этаж), стояки с параллельной транзитной трубой до среднего этажа (Ч-образные стояки).

Применение труб бóльшего диаметра, а также стояков с двусторонним присоединением приборов (см. стояк IV на рис. 10.7, *а*) допускают в исключительных случаях.

10.11.1. Выбор проводимости стояков системы

Требуемую проводимость стояков $\sigma_{тр}$, кг/(ч·Па^{0,5}) [кг/ч·(кгс/м^2)^{0,5}], определяют исходя из потерь давления в них, равных $0{,}7\Delta p_р$ (с запасом 10%), с учетом расположения стояков в системе по формуле

$$\sigma_{тр} = \frac{1{,}26Q_{ст}}{c\Delta t_с \Delta p_р^{0,5}}\left(1 + 0{,}43\frac{i}{n}\right)^{0,5}, \quad (10.50)$$

где $Q_{ст}$ – тепловая нагрузка стояка, Вт (ккал/ч); $\Delta t_с$ – перепад температуры воды в системе, °С; $\Delta p_р$ – расчетное циркуляционное давление в системе (см. п. 10.7); i – порядковый номер стояка, считая от общих магистралей; n – общее число стояков.

Проводимости стояков системы приближают, насколько это возможно, к требуемой $\sigma_{тр}$, вычисляя ориентировочную их проводимость $\sigma'_{ст}$, кг/(ч·Па^{0,5}) [кг/ч·(кгс/м^2)^{0,5}], по формуле

$$\sigma'_{ст} = \sigma_р k_1 k_2 k_3, \quad (10.51)$$

где $\sigma_р$ – проводимость стояка с односторонне присоединенными проточно-регулируемыми радиаторными узлами, принимаемая по табл. 10.18 в зависимости от числа N последовательно соединенных этажестояков; k_1 – поправочный коэффициент, зависящий от вида отопительных приборов: для радиаторов $k_1 = 1{,}0$; для ребристых и гладких труб $k_1 = 0{,}9$; для конвекторов «Комфорт-20» $k_1 = 0{,}85$; для остальных типов конвекторов $k_1 = 0{,}8$; k_2 – поправочный коэффициент, зависящий от конструкции стояка: для прямого или П-образного стояка с односторонним присоединением приборов $k_2 = 1{,}0$; для П-образного стояка с транзитной подъемной частью $k_2 = 0{,}9$; для Ч-образного стояка $k_2 = 1{,}3$; для Т-образного стояка $k_2 = 1{,}7$; для парного стояка $k_2 = 2{,}2$.

При двустороннем присоединении приборов и условном диаметре труб стояка и подводок ($d_{ст} \times d_п$):

$d_{ст} \times d_п$, мм	20 × 15	25 × 15	32 × 15	20 × 20	25 × 20	32 × 20
k_2	0,9	0,97	1,0	1,34	1,66	1,82

k_3 – поправочный коэффициент, зависящий от типа регулирующего крана в приборном узле: для крана КРТ $k_3 = 1{,}0$; для крана КРП при осевом замыкающем участке $k_3 = 1{,}5$; для крана КРП при смещенном замыкающем участке $k_3 = 1{,}15$.

Пример 10.10. Определим требуемую и ориентировочную проводимость прямого однотрубного стояка $D_у$20 с осевыми замыкающими участками и двусторонним присоединением конвекторов «Аккорд», расположенного вторым от головных участков магистралей при шести стояках системы отопления 10-этажного здания, если $\Delta t_с = 35$°С, расчетное циркуляционное давление в системе 16 кПа, а тепловая нагрузка стояка 25 кВт.

Требуемая проводимость стояка по формуле (10.50)

$$\sigma_{тр} = 1{,}26\left(1 + 0{,}43\frac{2}{6}\right)^{0,5} \cdot 25000 \cdot 3600 : 4187 \cdot 35 \times$$
$$\times (16000)^{0,5} = 6{,}55 \text{ кг/(ч·Па}^{0,5}\text{)}.$$

Ориентировочная проводимость стояка по формуле (10.51)

$$\sigma'_{ст} = 4{,}4 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}34 \cdot 1{,}5 = 7{,}08 \text{ кг/(ч·Па}^{0,5}\text{)}.$$

Ориентировочная проводимость стояка близка к требуемой. По значениям $\sigma'_{ст}$, отнесенным к $\Sigma\sigma'_{ст}$, и общему расходу воды в системе $G_с$ находят расходы воды в стояках ($G_{ст} = \sigma'_{ст} G_с / \Sigma\sigma'_{ст}$), необходимые для предварительного расчета приборов [см. формулу (9.6)].

При выборе конструкции стояков проверяют также скорость движения воды. Для этого определяют ориентировочный расход воды в стояке $G'_{ст}$, кг/ч, по формуле

$$G'_{ст} = 0{,}8\sigma'_{ст}\Delta p_р^{0,5}. \quad (10.52)$$

В стояке по условиям примера (10.10) при расходе воды $G'_{ст} = 0{,}8 \cdot 7{,}08 \cdot 16000^{0,5} = 716$ кг/ч ориентировочная скорость ее движения составляет $716 : 1250 = 0{,}57$ м/с (см. табл. 10.7), что допустимо (см. табл. 10.5).

10.11.2. Расчет проводимости стояков системы

Проводимость унифицированных стояков определяется по формуле (10.20) исходя из характеристики гидравлического сопротивления $kS_{ст}$.

Характеристики сопротивления стояков, составленных из унифицированных трубных узлов при высоте этажа 2,8 м, можно определить по табл. 10.19. При длине труб, отличающейся от указанной в эскизах узлов *1–5*, в характеристику сопротивления стояка вносят

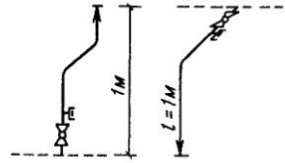
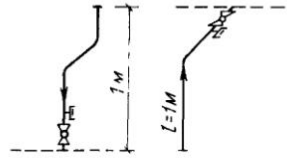
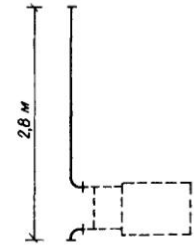
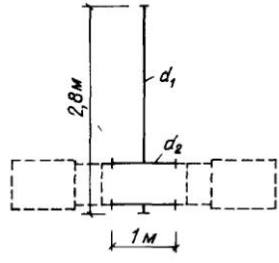
ТАБЛИЦА 10.18

ПРОВОДИМОСТЬ $\sigma_р$, КГ/(Ч·ПА^{0,5}) В ЧИСЛИТЕЛЕ, [КГ/Ч (КГС/М^2)^{0,5}] В ЗНАМЕНАТЕЛЕ, ОДНОТРУБНОГО СТОЯКА С ОДНОСТОРОННИМИ ПРОТОЧНО-РЕГУЛИРУЕМЫМИ РАДИАТОРНЫМИ УЗЛАМИ

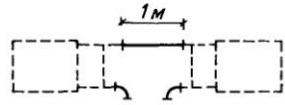
Число этажестояков N	Проводимость стояка $\sigma_р$ при D_y, мм		Число этажестояков N	Проводимость стояка $\sigma_р$ при D_y, мм	
	15	20		15	20
3	3,7/11,6	6,7/21,0	15	1,9/5,9	3,7/11,6
4	3,5/10,9	6,2/19,4	16	1,8/5,7	3,6/11,2
5	3,2/10,9	5,7/17,8	17	1,8/5,5	3,5/10,9
6	2,9/9,1	5,4/16,8	18	1,7/5,4	3,4/10,6
7	2,7/8,4	5,1/15,9	19	1,7/5,3	3,3/10,4
8	2,5/7,8	4,8/15,0	20	1,6/5,2	3,3/10,2
9	2,4/7,5	4,6/14,4	21	1,6/5,1	3,2/10,0
10	2,3/7,2	4,4/13,8	22	1,6/5,0	3,1/9,8
11	2,2/6,9	4,2/13,3	23	1,6/4,9	3,1/9,6
12	2,1/6,6	4,1/12,8	24	1,5/4,8	3,0/9,5
13	2,0/6,3	4,0/12,4	25	1,5/4,7	3,0/9,4
14	1,9/6,1	3,8/12,0			

ТАБЛИЦА 10.19

ХАРАКТЕРИСТИКА СОПРОТИВЛЕНИЯ ТРУБНЫХ УЗЛОВ СТОЯКОВ ОДНОТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ (ПРИ $k = 1,0$)

Номер узла	Наименование узла	Эскиз узла	Диаметр трубы D_y, мм	Значения $S_{тр} \cdot 10^4$, Па/(кг/ч)^2
1	Присоединение к подающей магистрали		15 20 25	266/133 57/30 20/11
2	Присоединение к обратной магистрали		15 20 25	229/96 46/19 16/6,7
3	Этажестояк с односторонним присоединением прибора		15 20 25	113 23 8
4	Этажестояк с двусторонним присоединением приборов		15 20 25/20 25	97 21 12 7

Продолжение табл. 10.19

Номер узла	Наименование узла	Эскиз узла	Диаметр трубы D_y, мм	Значения $S_{уз} \cdot 10^4$, Па/(кг/ч)^2
5	Подводки в верхнем этаже П-образного стояка		15 20 25	56 12 4
6	Прямая труба длиной 1 м (добавка к узлам 1–5)		15 20 25	28,6 5,74 1,72

Примечания. 1. В эскизах сплошными линиями показаны элементы, сопротивление которых включено в $S_{уз}$.
2. Для узлов *1* и *2* в числителе дано $S_{уз}$ при прямом вентиле, в знаменателе – при проходном кране

поправки по узлу *6*. Трубы приняты по ГОСТ 3262–75* (обыкновенные).

Характеристики сопротивления проточно-регулируемых приборных узлов с обходными участками $S_{уз}$, Па/(кг/ч)^2 (показанных в табл. 10.19 пунктиром) могут быть получены с

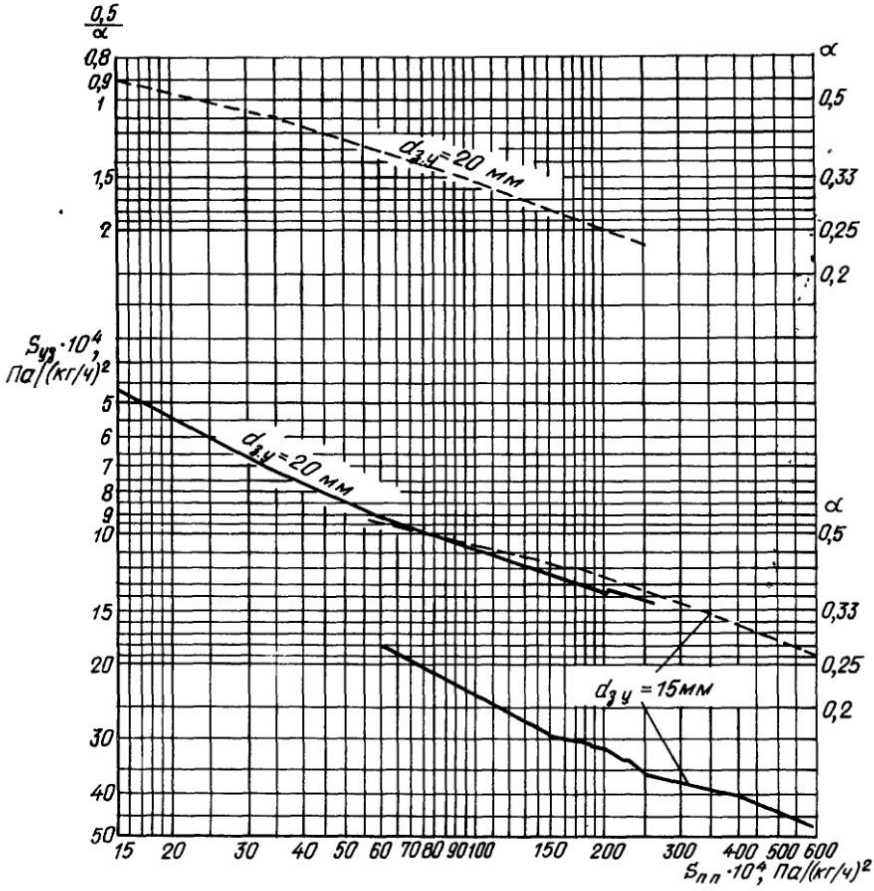


Рис. 10.25. Зависимость характеристики сопротивления $S_{уз} \cdot 10^4$ (сплошные линии) и коэффициента затекания α (пунктирные линии) приборного узла со смещенным замыкающим участком в вертикальной однотрубной системе отопления от характеристики сопротивления подводки с прибором $S_{пп} \cdot 10^4$ ($d_{э.у}$ – диаметр замыкающего участка)

ТАБЛИЦА 10.20

ХАРАКТЕРИСТИКА СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИБОРНЫХ УЗЛОВ ОДНОТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ (ПРИ $k = 1{,}0$)

Отопительный прибор	Диаметр подводки $d_н$, мм	Характеристика сопротивления элемента узла S 10^4, Па/(кг/ч)^2								
		обозначение	№ схемы присоединения по табл. 9.10								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Конвекторы 15 КП, «Прогресс-15»	15	$S_{пр}$	57	57	–	114	36	–	14,3	114	14,3
		$S_п$	97	97	–	161	88	–	91	161	77
			129	129		193	120		123	193	109
		$S'_п$	107	107		171	103	–	106	140	99
			139	139		202	135		138	172	131
Конвекторы «Прогресс-20», «Аккорд» и прибор «Коралл»	20	$S_{пр}$	11,5	11,5		23	7,2	–	2,9	23	2,9
		$S_п$	25	25	–	44	23		23	44	20
			35	35		54	32		33	54	30
		$S'_п$	19	19	–	38	28	–	29	38	24
			30	30		48	37		38	48	34
Ребристые и гладкие трубы	15	$S_{пр}$	29	0	29	0	29	0	0		
		$S_п$	118	134	215	231	97	100	108	–	
			150	166	246	262	129	133	140		
		$S'_п$	128	144	224	240	112	116	124		–
			160	176	256	271	144	148	155		
То же	20	$S_{пр}$	5,7	0	5,7	0	5,7	0	0	–	–
		$S_п$	31	36	60	64	25	26	28		–
			40	45	70	74	35	36	38		
		$S'_п$	35	40	64	68	30	31	34	–	–
			44	49	74	78	40	41	43		
Конвекторы «Универсал», «Комфорт-20», «Ритм» (без регулирующих кранов)	20	$S_{пр}$	11,5	–	1,45	11,5	–	–	–	–	
		$S_п$	15	–	5,1	15	–	–	–	–	–
			25		–	25					
Конвектор «Универсал С»	20	$S_{пр}$	–	–	–	23	–	–	–	–	–
		$S_п$	–		–	44	–	–	–	–	–
						54					
Конвектор высокий «КВ»	20	$S_{пр} + S_п$	–	166	–	–	–	–	–		–
Радиаторы чугунные секционные и панельные типа РСВ1	15	$S_{пр} + S_п$	87	–	87	–	–	/	–	–	–
			119		119						
		$S_{пр} + S'_п$	100	–	100	–	–	–	–		–
			131		131						
То же	20	$S_{пр} + S_п$	22	–	22	–	–	–	–	–	–
			31		31						
		$S_{пр} + S'_п$	26	–	26	–	–	–	–		–
			–		–						
Радиаторы панельные РСГ2	15	$S_{пр} + S_п$	83		83	–	–	–			–
			115		115						
		$S_{пр} + S'_п$	96	–	96	–	–		–	–	–
			127		127						
То же	20	$S_{пр} + S_п$	31	–	31	–	–	–	–	–	–
			41		41						

Продолжение табл. 10.20

Отопительный прибор	Диаметр подводки $d_п$, мм	Характеристика сопротивления элемента узла $S \cdot 10^4$, Па/(кг/ч)^2								
	обозначения	№ схемы присоединения по табл. 9.10								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	$S_{пр} + S'_п$	36/45	–	36/45	–	–	–	–	–	

Примечания. 1. Характеристики сопротивления $S_п$ и $S'_п$ даны для подводок без уток (в числителе) и с утками (в знаменателе) при расстоянии от оси стояка до патрубка или пробки прибора 600 мм.
2. Диаметр труб обвязки отопительных блоков из ребристых или гладких труб принят по диаметру подводки.

использованием данных табл. 10.20 по формуле (при $k = 1{,}0$)

$$S_{уз} = S_п + S_{пр} l_{пр}, \qquad (10.53)$$

где $S_п$ – характеристика сопротивления подводок к прибору с краном КРТ (при смещенном обходном участке), Па/(кг/ч)^2; $S_{пр}$ – характеристика сопротивления прибора длиной 1 м, Па/(кг/ч)^2; $l_{пр}$ – длина прибора, м.

Характеристики сопротивления приборных узлов со смещенными замыкающими участками $S_{уз}$, Па/(кг/ч)^2, при $S_е$ [по формуле (10.39)] $< S_{е.пред}$ (по табл. 10.11) определяют по графику на рис. 10.25 (по сплошным линиям) в зависимости от значения $S_{п.п}$, вычисляемого с использованием данных табл. 10.20 по формуле (при $k = 1{,}0$)

$$S_{п.п} = S'_п + S_{пр} l_{пр}, \qquad (10.54)$$

где $S'_п$ – характеристика сопротивления подводок к прибору с краном КРП (при смещенном замыкающем участке), Па/(кг/ч)^2.

Если $S_е > S_{е.пред}$, то значение $S_{п.п}$ по формуле (10.54) следует перед определением $S_{уз}$ умножить на α^2, где α – коэффициент затекания воды в прибор по формуле (10.40).

Пример 10.11. Определим характеристику сопротивления и проводимость стояка $D_у$15 мм (рис. 10.26) с чугунными радиаторами типа М-140 АО на I–III этажах, присоединяемыми по проточно-регулируемой схеме с обходным участком, и плинтусными конвекторами типа 15 КП с трубами длиной 2,35 мм на IV–V этажах, присоединяемыми по схеме № 1 (см. табл. 9.10), причем подводки на IV этаже имеют замыкающий участок. Подводки к приборам выполнены с утками, на стояке установлены проходные краны.

Находим в табл. 10.19 характеристики сопротив-

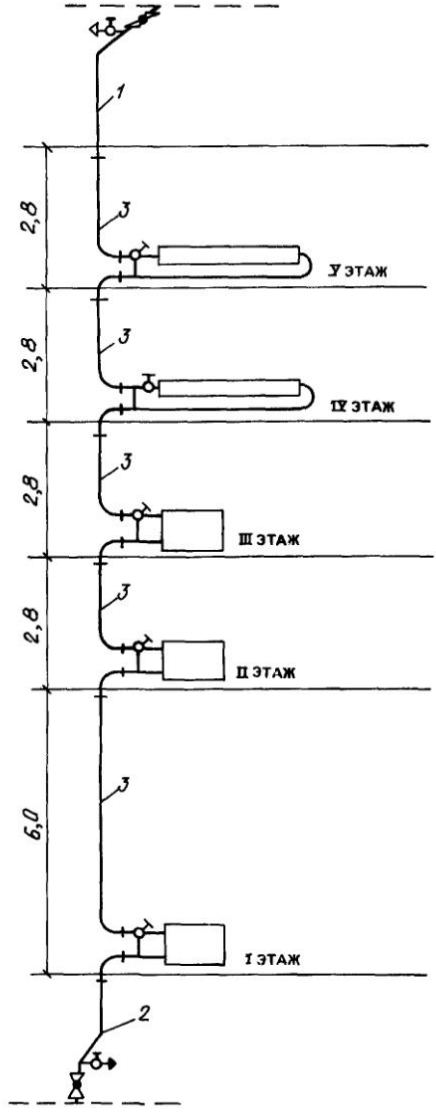


Рис. 10.26. Схема стояка однотрубной системы водяного отопления с верхним расположением подающей магистрали в пятиэтажном здании (к примеру 10.11)

леиия трубных узлов № 1 – 133, № 2 – 96, № 3 – 113 (без множителя 10^{-4})

Определим по табл 10 20 характеристики сопротивления приборных узлов радиатора $S_{уз} = 119$, конвектора на V этаже по формуле (10 53) $S_{уз} = 129 + 57\ 2{,}35 = 263$, для конвектора на IV этаже вычисляем по формуле (10 54) $S_{п\,п} = 139 + 57\ 2{,}35 = 273$ и по графику на рис 10 25 находим $S_{уз} = 37$ (без множителя 10^{-4})

Характеристика сопротивления стояка по формуле (10.21)

$$S_{ст} = (133 + 96 + 113\ 5 + 119\ 3 + 263 + 37) \times \times 10^{-4} = 1451 \cdot 10^{-4}.$$

Так как высота I этажа превышает высоту узла *3* в табл 10 19 (6 м вместо 2,8 м), вносим поправку в характеристику сопротивления стояка по узлу *6* (табл 10 19)

$$S_{ст} = [1451 + (6 - 2{,}8) \cdot 28{,}6]\,10^{-4} = = 1543 \cdot 10^{-4}\ \text{Па/(кг/ч)}^2.$$

Проводимость стояка по формуле (10 20)

$$\sigma_{ст} = 100\ (1543)^{0\,5} = 2{,}55\ \text{кг/(ч Па}^{0\,5})$$

10.11.3. Окончательный гидравлический расчет системы при выбранной проводимости стояков унифицированной конструкции

Этот расчет заключается в определении расходов воды в стояках и уточнении потерь давления в системе. Расчет проводится по диаметрам участков магистралей, выбранным по значениям $S_{уд}$ [см. формулу (10 43), где $R_{ср}$ определяют по $\Sigma l_{маг}$ (без длины стояка) при $0{,}3\Delta p_р$].

Пример 10.12. Найдем распределение воды по унифицированным стоякам и потери давления в вертикальной однотрубной системе отопления с тупиковым движением воды в магистралях (рис 10 27), если характеристика сопротивления каждого стояка $S_{ст} = 1543\ 10^{-4}$ Па/(кг/ч)^2, проводимость $\sigma_{ст} = 2{,}55$ кг/(ч Па$^{0\,5}$) см пример 10 11, а расход воды в системе $G_с = 650$ кг/ч Определим также $\sigma_к$ ее контура, предполагая его как контур части системы, состоящей из двух одинаковых частей (пренебрегая сопротивлением тройников)

Характеристики сопротивления пар участков магистралей системы по формуле (10 17)

участков 1–2 при $D_у$ 15 – $S_{1\ 2} = 2\ 10{,}6(2{,}7\ 6{,}0 + 1{,}0)\,10^{-4} = = 365\ 10^{-4}$,

участков 2 3 при $D_у$ 20 – $S_{2\ 3} = 2\ 3{,}19(1{,}8\ 6{,}0 + 1{,}0)\,10^{-4} = = 75{,}3\ 10^{-4}$,

головных участков при $D_у$ 25 – $S_г = 1\ 23(1{,}4\ 35{,}0 + 4{,}0)\,10^{-4} = = 65{,}2\ 10^{-4}$ Па/(кг/ч)^2

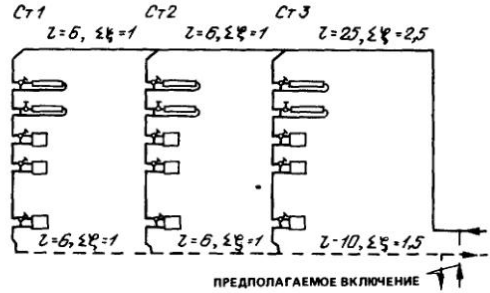


Рис. 10.27. Схема однотрубной системы водяного отопления со стояками унифицированной конструкции и тупиковым движением воды в магистралях (к *примеру 10.12*)

Коэффициент затекания воды в стояк *2* (считая $\alpha_1 = 1\,0$) по формуле (10 25)

$$\alpha_2 = \sigma_2/\sigma_{к\,2} = 2{,}55[(1543 + 365)10^{-4}]^{0{,}5} = 1{,}11$$

Характеристика сопротивления и проводимость контура, замыкающего стояк *3*

$$S_{к\,3} = [1543 + 365 + 75{,}3(1{,}0 + 1{,}11)^2]10^{-4} = = 2243{,}2\ \ 10^{-4};$$

$$\sigma_{к\,3} = 100 : 2243{,}2^{0{,}5} = 2{,}11.$$

Коэффициент затекания воды в стояк *3* по формуле (10 25)

$$\alpha_3 = 2{,}55 : 2{,}11 = 1{,}21.$$

Характеристика сопротивления и проводимость системы по формуле (10 24) при $\Sigma\alpha_i = 1{,}0 + 1{,}11 + 1{,}21 = 3{,}32$

$$S_с = [(1543 + 365 + 75{,}3 \cdot 2{,}11^2 + 65{,}2 \times \times 3{,}32^2)10^{-4}] \cdot 3{,}32^2 = 268{,}8 \cdot 10^{-4},$$

$$\sigma_с = 100 \cdot 268{,}8^{0{,}5} = 6{,}10$$

Проводимость контура по формуле (10 26) $\sigma_к = 6{,}10\ 3{,}32 = 1{,}83$

Потери давления в системе по формуле (10 16)

$$\Delta p_с = 268{,}8 \cdot 10^{-4}\ \ 650^2 = 11357\ \text{Па}$$

или по формуле (10 19)

$$\Delta p_с = (650/6{,}1)^2 = 11354\ \text{Па}$$

Заданный расход воды в системе распределяется по стоякам

стояк *1* $G_1 = 650\ 1{,}0\ 3{,}32 = 196$,

стояк *2* $G_2 = 650\ 1{,}11\ 3{,}32 = 217$,

стояк *3* $G_3 = 650\ 1{,}21\ 3{,}32 = 237$ кг/ч

При системе, состоящей из двух частей, выполняют отдельный расчет каждой части (см пример 10 12) Затем, считая расчет, например, правой части основным (замыкающий контур), находят коэффициент пересчета расхода воды в левой части системы (замыкаемый контур) по формуле (10 25)

При системе, состоящей из четырех частей, выполняют отдельный расчет каждой половины Затем, считая расчет одной половины основным, определяют по той же формуле коэффициент пересчета расхода воды в другой половине системы

10.12. Гидравлический расчет гравитационной системы

Гидравлический расчет гравитационной системы отопления многоэтажного здания, в которой циркуляция происходит в основном в результате охлаждения воды в отопительных приборах [см. первое слагаемое в формуле (10.10)], выполняется по удельным линейным потерям давления (с использованием материалов и указаний пп 10.7–10.9).

Гравитационная система отопления малоэтажного здания (рис. 10.28), в которой котел помещается на одном уровне с отопительными приборами, называется квартирной и чаще всего выполняется двухтрубной с верхней разводкой. В такой системе расширительный бак присоединяется к главному стояку, помещается в теплом помещении и снабжается переливной трубой D_y 20 мм, которая выводится в раковину. Полезный объем бака, л, принимается по формуле

$$V_{р\,б} = 1{,}7Q_с \quad (V_{р\,б} = 2Q_с), \qquad (10.55)$$

где $Q_с$ – тепловая мощность системы отопления, кВт (тыс.ккал/ч)

Уклон труб $i = 0{,}01$ делают в таком направлении, чтобы удалять воздух через расширительный бак и опорожнять систему близ котла.

Гидравлический расчет гравитационной квартирной системы, в которой циркуляция происходит в основном под влиянием охлаждения воды в трубах [см. второе слагаемое в формуле 10.10)], выполняют в два этапа.

На **первом этапе**, задаваясь величиной расчетного циркуляционного давления в системе и расходом воды на ее участках, выбирают диаметр труб. На **втором этапе** после теплового расчета труб определяют действительную величину естественного циркуляционного давления, возникающего при охлаждении воды в трубах, и выявляют необходимость уточнения предварительно сделанного гидравлического и теплового расчетов.

Расчетное циркуляционное давление $\Delta p_р$, Па (кгс/м^2 без множителя g), для предварительного гидравлического расчета гравитационной квартирной системы водяного отопления находят по эмпирическим формулам [с учетом формулы (10.15)]:

для двухтрубной системы

$$\Delta p_р = bh_г(l + h_г) \pm \beta g h_1(t_г - t_0); \qquad (10.56)$$

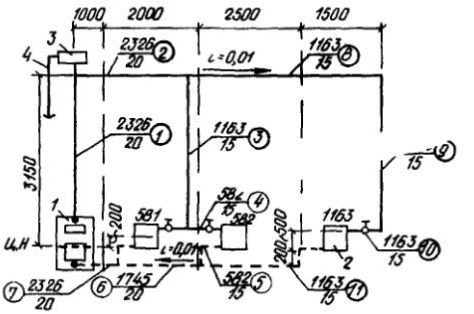


Рис. 10.28. Схема квартирной двухтрубной системы водяного отопления с естественной циркуляцией

1 – котел, *2* – отопительный прибор, *3* расширительный бак, *4* – переливная труба, ц н – центр нагревания в котле, вертикальные штрихпунктирные линии – оси межкомнатных перегородок

для однотрубной системы

$$\Delta p_р = b\Sigma l h_г/2 \pm \beta g h_1(t_г - t_0), \qquad (10.57)$$

где $h_г$ – вертикальное расстояние от условного центра нагревания воды в котле (принимается на 150 мм выше уровня колосниковой решетки или горелки) до верхней горизонтальной трубы, м; l – горизонтальное расстояние от главного стояка до расчетного, м, Σl – общая длина последовательно соединенных участков расчетного циркуляционного кольца, м, b – коэффициент, равный при неизолированных трубах или тепловой изоляции только главного стояка – 3,9 (0,40), при изолированных главном стояке и обратной магистрали – 3,3 (0,34), при всех изолированных трубах – 1,6 (0,16)

Второе слагаемое получает знак плюс, если центр охлаждения воды в отопительных приборах выше условного центра нагревания воды в котле, и минус – если ниже.

Первое слагаемое в формулах (10.56) и (10.57) ориентировочно выражает естественное циркуляционное давление, возникающее от охлаждения воды в трубах. Для его увеличения рекомендуется уменьшать охлаждение воды в главном стояке и нижних горизонтальных трубах и, наоборот, увеличивать охлаждение воды в верхних горизонтальных трубах, а также располагать котел ниже отопительных приборов (не поднимая приборы над полом выше обычного уровня).

Основное циркуляционное кольцо при гидравлическом расчете гравитационной квартирной системы отопления выбирается по правилу, приведенному в п. 10.9, с использованием формулы (10.32). Гидравлический расчет проводится по способу, изложенному в п. 10.9, причем расход воды на участках цирку-

ляционного кольца определяют по формуле (10.28) в предположении, что теплопотери каждого помещения возмещаются только через отопительные приборы при охлаждении воды в них на 20°С

После выбора диаметра всех труб вычисляют теплопередачу в помещения каждого участка труб и находят температуру воды в конце каждого участка (начиная от котла и считая там $t_н = t_г$) по формуле

$$t_к = t_н - \Delta t_{уч}, \qquad (10\,58)$$

где $t_{уч}$ – понижение температуры воды по длине l участка

$$\Delta t_{уч} = \frac{q_1 l}{c G_{уч}}, \qquad (10\,59)$$

здесь q_1 – теплопередача 1 м трубы в помещение с температурой $t_в$, принимается по табл II 22 в зависимости от разности температуры $t_{ср} - t_в$ (на коротких участках допускается расчет по $t_н - t_в$), $G_{уч}$ – расход воды на участке, кг/ч, берется из предварительного гидравлического расчета

Далее рассчитывается действительное естественное циркуляционное давление в основном кольце системы $\Delta p_д$ по формулам (10.11) и (10 15). При сопоставлении его с потерей давления в этом же кольце, полученной в результате предварительного гидравлического расчета, возможны случаи:

а) $\Sigma(Rl + Z) = (0{,}85 - 1{,}0)\Delta p_д$ – предварительные гидравлический и тепловой расчеты оставляют без изменения;

б) $\Sigma(Rl + Z) = (0{,}7 - 0{,}85)\Delta p_д$ или $\Sigma(Rl + Z) = (1{,}0 - 1{,}15)\Delta p_д$ – требуется изменение предварительного гидравлического расчета, однако тепловой расчет может не уточняться;

в) $0{,}7\Delta p_д > \Sigma(Rl + Z) > 1{,}15\Delta p_д$ – требуется изменение и гидравлического и теплового расчетов системы

Площадь нагревательной поверхности отопительных приборов рассчитывается на основании известных из теплового расчета труб величин: теплоотдачи трубами $Q_{тр}$ и температуры воды $t_{вх}$, поступающей в приборы Тепловая нагрузка отопительного прибора $Q_{пр}$, Вт (ккал/ч), составляет

$$Q_{пр} = Q_п - 0{,}9Q_{тр}, \qquad (10\,60)$$

где $Q_п$ расчетные теплопотери помещения, $Q_{тр} = \Sigma q_1 l$ – теплоотдача трубами в пределах помещения

Средняя расчетная температура воды в отопительном приборе

$$t_{ср} = t_{вх} - \frac{Q_{пр}\beta_1\beta_2}{2cG_{пр}}, \qquad (10\,61)$$

где $G_{пр}$ – расход воды в отопительном приборе, кг/ч, берется из гидравлического расчета, β_1 и β_2 – поправочные коэффициенты (см п 9 4).

Пример 10.13. Выполним теплогидравлический расчет гравитационной квартирной двухтрубной системы водяного отопления с верхней разводкой (см рис 10 28) при расчетной температуре воды $t_г = 95°С$, $t_0 = 70°С$ Середина высоты отопительных приборов находится над условным центром нагревания воды в котле, $h_1 = 0{,}2$ м Тепловые нагрузки Q, Вт, приборов и участков даны с учетом коэффициентов β_1 и β_2 Главный стояк системы покрывается тепловой изоляцией ($\eta_{из} = 0{,}75$) Расчетная температура воздуха в помещениях $t_в = 18°С$

Выбор основного циркуляционного кольца. Определим расчетное циркуляционное давление по формуле (10 56) в двух циркуляционных кольцах через дальний и средний отопительные приборы

$$\Delta p_р^д = 3{,}9 \cdot 3{,}15(7 + 3{,}15) + 0{,}64\ 9{,}81\ 0{,}2(95 - 70) = 156 \text{ Па};$$

$$\Delta p_р^с = 3{,}9 \cdot 3{,}15(3 + 3{,}15) + 0{,}64 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}2(95 - 70) = 107 \text{ Па}.$$

Находим по формуле (10 32) возможную среднюю потерю давления по длине 1 м каждого циркуляционного кольца

$$\Delta p_1^д = \frac{156}{18{,}7} = 8{,}4, \qquad \Delta p_1^с = \frac{107}{12{,}6} = 8{,}4 \text{ Па/м}.$$

За основное принимаем циркуляционное кольцо через средний отопительный прибор

Предварительный гидравлический расчет системы. Вычислим среднее ориентировочное значение удельной линейной потери давления в основном циркуляционном кольце по формуле (10 33)

$$R_{ср} = \frac{0{,}5 \cdot 107}{12{,}6} = 4{,}2 \text{ Па/м}.$$

Подбираем диаметр легких труб исходя из расхода воды на участках, найденного в предположении, что теплопотери помещений возмещаются только отопительными приборами при охлаждении воды в них на 20°С, по способу, рассмотренному в п 10 9

Определяем сумму коэффициентов местных сопротивлений (по табл II 10)

Участок *1*

внезапное сужение	0,5
отвод $D_у$20 мм при $w = 0{,}077$ м/с	1,2
	$\Sigma\zeta_1 = 1{,}7$

Участок *2*

тройник на ответвлении при $\bar{G}_{отв} = 1{,}0$	$\zeta_2 = 2{,}3$

Участок *3*

тройник на ответвлении при $\bar{G}_{отв} = 0{,}5$ и $\bar{d} = 0{,}74$	$\zeta_3 = 2{,}0$

Участок *4*

тройник на растекании при $G_{отв} = 0{,}5$	6,3
кран двойной регулировки $D_у$15 мм	4,0
утка $D_у$15 мм при $w = 0{,}035$ м/с	2,4
вход в радиатор при $D_у$15 мм и $w = 0{,}035$ м/с	1,6
	$\Sigma\zeta_4 = 14{,}3$

Участок 5:

выход из радиатора при D_y15 мм и $w = 0{,}035$ м/с	1,6
утка D_y15 мм при $w = 0{,}035$ м/с	2,4
отвод D_y15 мм при $w = 0{,}035$ м/с	3,6
тройник на ответвлении при $\bar{G}_{отв} = 0{,}33$ и $\bar{d} = 0{,}74$	0,3
	$\Sigma\zeta_5 = 7{,}9$

Участок 6:

тройник на проходе при $\bar{G}_{пр} = 0{,}75$ . . . . . $\zeta_6 = 0{,}93$

Участок 7:

отвод D_y20 мм при $w = 0{,}077$ м/с	1,2
внезапное расширение	1,0
	$\Sigma\zeta_7 = 2{,}2$

$$
\begin{aligned}
&- 0{,}25(979{,}56 - 978{,}94) - \\
&- 0{,}25(979{,}93 - 979{,}56)] \cdot 9{,}81 = \\
&= (11{,}26 - 0{,}31)9{,}81 = 107{,}4 \text{ Па};
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\Delta p_д^д = [&1{,}9(962{,}27 - 961{,}92) + \\
&+ 3{,}15(963{,}92 - 962{,}27) + \\
&+ 3{,}15(967{,}14 - 963{,}92) + \\
&+ 1{,}8(968{,}98 - 967{,}14) + \\
&+ 0{,}45(969{,}3 - 968{,}98) + 0{,}2(978{,}5 - 969{,}3) - \\
&- 0{,}05(978{,}71 - 978{,}50) -
\end{aligned}
$$

ТАБЛИЦА 10.21

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КВАРТИРНОЙ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Участок	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	D_y, мм	w, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\Sigma\zeta$	Z, Па	$Rl + Z$, Па
Основное циркуляционное кольцо через средний прибор										
$\Delta p_р^с = 107$ Па; $R_{ср} = 4{,}2$ Па/м										
1	2326	100	2,5	20	0,076	6,5	16,3	1,7	4,8	21,1
2	2326	100	3,0	20	0,076	6,5	19,5	2,3	6,5	26,0
3	1163	50	2,7	15	0,067	6,1	16,5	2,0	4,4	20,9
4	582	25	0,5	15	0,034	2,2	1,1	14,3	8,1	9,2
5	582	25	0,7	15	0,034	2,2	1,5	7,9	4,5	6,0
6	1745	75	1,7	20	0,057	3,2	5,4	0,93	1,5	6,9
7	2326	100	1,5	20	0,076	6,5	9,8	2,2	6,2	16,0
			12,6						$\Sigma(Rl + Z)_с = 106{,}1$	
Циркуляционное кольцо через дальний прибор										
$\Delta p_р = \Sigma(Rl + Z)_{3-5} + (\Delta p_р^д - \Delta p_р^с) = 36{,}1 + (156 - 107) = 85{,}1$ Па; $R_{ср} = 4{,}1$ Па/м										
8	1163	50	4,0	15	0,067	6,1	24,4	2,7	5,9	30,3
9	1163	50	2,7	15	0,067	6,1	16,5	2,8	6,1	22,6
10	1163	50	0,5	15	0.067	6,1	3,1	5,8	12,8	15.9
11	1163	50	3,1	15	0,067	6,1	18,9	6,75	14,9	33,8
			10,3							102,6
									$\Sigma(Rl + Z)_{1,2,6,7} = 70{,}0$	
									$\Sigma(Rl + Z)_д =$	172,6

Результаты гидравлического расчета приведены в табл. 10.21.

Тепловой расчет системы начинаем с участка *1* при начальной температуре воды 95°С. Результаты расчета сведены в табл 10.22 Для определения значений q_1 использована вспомогательная табл. П.22, $\Delta t_{уч}$ – формула (10.59); $t_к$ – формула (10.58).

Окончательный гидравлический расчет системы. Находим действительное естественное циркуляционное давление в двух рассчитанных кольцах по формулам (10.11) и (10.15):

$$
\begin{aligned}
\Delta p_д^с = [&1{,}9(962{,}27 - 961{,}92) + \\
&+ 3{,}15(963{,}92 - 962{,}27) + \\
&+ 1{,}8(966{,}01 - 963{,}92) + \\
&+ 0{,}45(966{,}81 - 966{,}01) + 0{,}2(973{,}19 - 966{,}81) - \\
&- 0{,}05(973{,}74 - 973{,}19) - \\
&- 0{,}15(973{,}98 - 973{,}74) -
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&- 0{.}15(978{,}80 - 978{,}71) - \\
&- 0{,}25(979{,}82 - 978{,}80) - \\
&- 0{,}25\,(979{,}56 - 978{,}94) - \\
&- 0{,}25(979{,}93 - 979{,}56)]9{,}81 = \\
&= (21{,}3 - 0{,}53)9{,}81 = 203{,}8 \text{ Па}.
\end{aligned}
$$

Сопоставляем потерю давления в циркуляционных кольцах по предварительному расчету с действительным циркуляционным давлением и получаем запасы:

в кольце через средний прибор

$$\frac{107{,}4 - 106{,}1}{107{,}4} 100 = 1{,}2\%;$$

в кольце через дальний прибор

ТАБЛИЦА 10.22

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КВАРТИРНОЙ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Участок	G, кг/ч	$l_{уч}$, м	$D_у$, мм	$t_н$, °С	$t_в$, °С	$t_н - t_в$, °С	q_1, Вт/м	$1 - \eta_{из}$	$q_1 l_{уч}$, Вт	$\Delta t_{уч}$, °С	$t_к$, °С	$\rho_к$, кг/м³
1	100	2,5	20	95	18	77	87	0,25	54	0,5	94,5	962,27
2	100	3,0	20	94,5	18	76,5	94	–	282	2,4	92,1	963,92
3	50	2,7	15	92,1	18	74,1	66	–	178	3,1	89,0	966,01
4	25	0,5	15	89,0	18	71	69	–	34	1,2	87,8	966,81
Прибор	25	–	–	87,8	18	–	–	–	291 *	10	77,8	973,19
5	25	0,7	15	77,8	18	59,8	53,5	–	37,5	1,3	76,5	973,98
6	75	1,7	20	68 **	18	50	57	–	97	1,1	66,9	979,56
7	100	1,5	20	66,9 ***	18	48,9	54	–	81	0,7	66,2	979,93
8	50	4,0	15	92,1	18	74,1	69 ****	–	276	4,8	87,3	967,14
9	50	2,7	15	87,3	18	69,3	59 ****	–	160	2,8	84,5	968,98
10	50	0,5	15	84,5	18	66,5	62	–	31	0,5	84,0	969,30
Прибор	50	–	–	84,0	18	–	–	–	884 *	15,2	68,8	978,50
11	50	3,1	15	68,8	18	50,8	45	–	139	2,4	66,4	979,82

* Тепловые нагрузки приборов найдены по формуле (10.60) с учетом полезной теплоотдачи труб, находящихся в помещениях.

** $t_{н\,6} = \dfrac{25 \times 76{,}5 + 50 \times 66{,}4}{75} = 68\,°С$, $\rho_{н\,6} = 978{,}94$ кг/м³.

*** Принято $t_{н\,7} = t_{к\,6}$ без учета слияния потоков.

**** Теплоотдача труб на участках *8* и *9* вычислена по $(t_{ср} - t_в)$.

$$\frac{203{,}8 - 172{,}6}{203{,}8} 100 = 15\%,$$

которые могут быть допущены.

Гидравлический и тепловой расчеты системы считаем окончательными.

Площадь нагревательной поверхности отопительных приборов определяем: для среднего прибора – по тепловой нагрузке $Q_{пр} = 291$ Вт, расходу $G_{пр} = 25$ кг/ч и средней температуре воды в нем $t_{ср} = 0{,}5(87{,}8 + 77{,}8) = 82{,}8°С$ (см. табл. 10.22); для дальнего прибора – по $Q_{пр} = 884$ Вт, $G_{пр} = 50$ кг/ч и $t_{ср} = 0{,}5(84{,}0 + 68{,}8) = 76{,}4°С$.

ГЛАВА 11. ПАРОВОЕ ОТОПЛЕНИЕ

В качестве теплоносителя в системах парового отопления используется, как правило, сухой насыщенный водяной пар. Однако применение пара для систем отопления и теплоснабжения вентиляционных установок допускается только при обосновании из-за следующих недостатков парового отопления:

1) пониженного срока службы трубопроводов в результате интенсивной коррозии;

2) невозможности центрального регулирования теплоотдачи отопительных приборов путем изменения температуры теплоносителя;

3) частичного разложения органической пыли на поверхности отопительных приборов, постоянно нагретых до 100°С и более;

4) повышенных потерь теплоты паропроводами;

5) увеличенных эксплуатационных затрат на отопление;

6) возникновения шума, особенно при периодическом действии системы;

7) частого нарушения герметичности резьбовых соединений трубопроводов.

Преимуществами систем парового отопления являются:

1) меньшие площади поверхности отопительных приборов;

2) быстрый прогрев отопительных приборов при пуске системы;

3) незначительное гидростатическое давление в системе;

4) меньшие капитальные затраты на сооружение системы отопления.

Области применения систем парового отопления в зависимости от назначения зданий и характера производства приведены в п. 7.2.

11.1. Классификация систем парового отопления

Системы парового отопления в зависимости от абсолютного давления пара подразделяются на:

а) *вакуум-паровые* – при абсолютном давлении пара менее 0,1 МПа (1 кгс/см^2);

б) *низкого давления* – при давлении пара 0,1–0,12 МПа (1–1,2 кгс/см^2);

в) *низкого (повышенного) давления* – при давлении пара 0,12–0,17 МПа (1,2–1,7 кгс/см^2);

г) *высокого давления* – при абсолютном давлении пара 0,17–0,27 МПа (1,7–2,7 кгс/см^2).

Примечание. Предельное давление пара в системах высокого давления указано применительно к местным отопительным приборам. Для калориферов, пароводяных подогревателей и другого теплоиспользующего оборудования внутренних санитарно-технических систем максимальное давление пара ограничивается заводскими паспортными данными на это оборудование.

В зависимости от конструктивных особенностей и трассировки трубопроводов системы парового отопления подразделяются на *двухтрубные вертикальные* и *однотрубные вертикальные* и *горизонтальные*, с верхней, нижней или средней разводкой магистрального паропровода, тупиковым и попутным движением пара и конденсата (рис. 11.1–11.3).

По способу возврата конденсата в котел или наружные тепловые сети системы отопления могут быть:

а) *замкнутыми*, в которых конденсат перемещается за счет гидростатического давления или специально предусмотренного остаточного давления пара в системе (см. рис. 11.1, *а*, *б* и 11.3, *а*);

б) *разомкнутыми*, когда конденсат перекачивается насосом из промежуточного конденсатного бака (см. рис. 11.2 и 11.3, *б*).

Системы парового отопления, непосредственно соединенные с атмосферой для выпуска из них воздуха, называются открытыми (см. рис. 11.1 и 11.2), а не соединенные – закрытыми (см. рис. 11.3).

Конденсатопроводы в системах парового отопления бывают:

а) *сухими*, частично заполненными конденсатом, а частично воздухом (конденсатопровод в системах отопления низкого давления, расположенный выше уровня стояния конденсата, и в системах высокого давления между отопительным прибором и конденсатоотводчиком; см. рис. 11.1, *б* – 11.3);

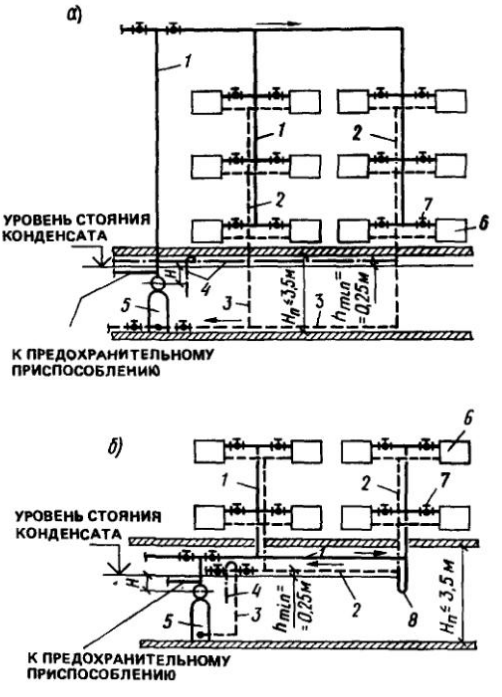


Рис. 11.1. Схемы систем парового отопления низкого давления замкнутых открытых

а – с верхней разводкой паропровода и мокрым конденсатопроводом; *б* – с нижней разводкой паропровода и сухим конденсатопроводом; *1* – паропровод; *2* и *3* – сухой и мокрый безнапорный конденсатопроводы; *4* – воздушная труба; *5* – котел; *6* отопительный прибор, *7* – вентиль; *8* – гидравлический затвор

б) *мокрыми безнапорными*, по которым конденсат перемещается самотеком при полном заполнении трубопровода (конденсатопроводы в системах отопления низкого давления, расположенные ниже уровня стояния конденсата; см. рис. 11.1, *а*);

в) *мокрыми напорными*, по которым перемещается конденсат с помощью насоса либо за счет остаточного давления пара (см. рис. 11.2 и 11.3);

г) *напорными двухфазными (эмульсионными)*, по которым конденсат перемещается совместно с пролетным паром и паром вторичного вскипания (конденсатопровод в системах парового отопления высокого давления между конденсатоотводчиком и конденсатным баком или расширительным бачком; см. рис. 11.3).

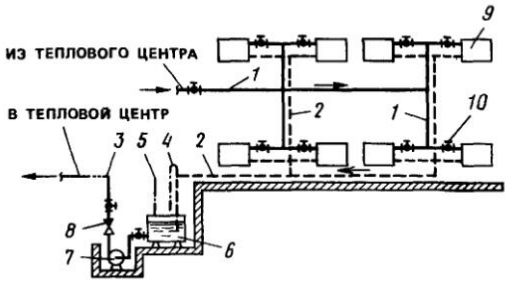


Рис. 11.2. Схема системы парового отопления низкого давления разомкнутой открытой со средней разводкой паропровода и сухим конденсатопроводом

1 – паропровод; *2* и *3* – сухой и мокрый напорный конденсатопроводы; *4* и *5* воздушная и атмосферная трубы; *6* – конденсатный бак; *7* – насос; *8* – обратный клапан; *9* – отопительный прибор; *10* – вентиль

11.2. Указания по выбору систем и схем парового отопления

Вакуум-паровые системы отопления в СССР не применяются из-за сложности устройства и эксплуатации. Однотрубные вертикальные системы также не получили распространения вследствие возникновения в них гидравлических ударов и значительного шума.

Выбор систем отопления низкого или высокого давления определяется источником пароснабжения, требованиями по ограничению максимальной температуры на поверхности отопительных приборов и прочностными характеристиками теплоиспользующих аппаратов.

Паро- и конденсатопроводы систем парового отопления с радиаторами, конвекторами и другими отопительными приборами, а также систем для производственных нужд должны быть самостоятельными, не связанными с трубопроводами агрегатов воздушного отопления, вентиляционных камер и горячего водоснабжения.

Рекомендуется отдавать предпочтение вертикальным двухтрубным системам с верхней разводкой паропровода.

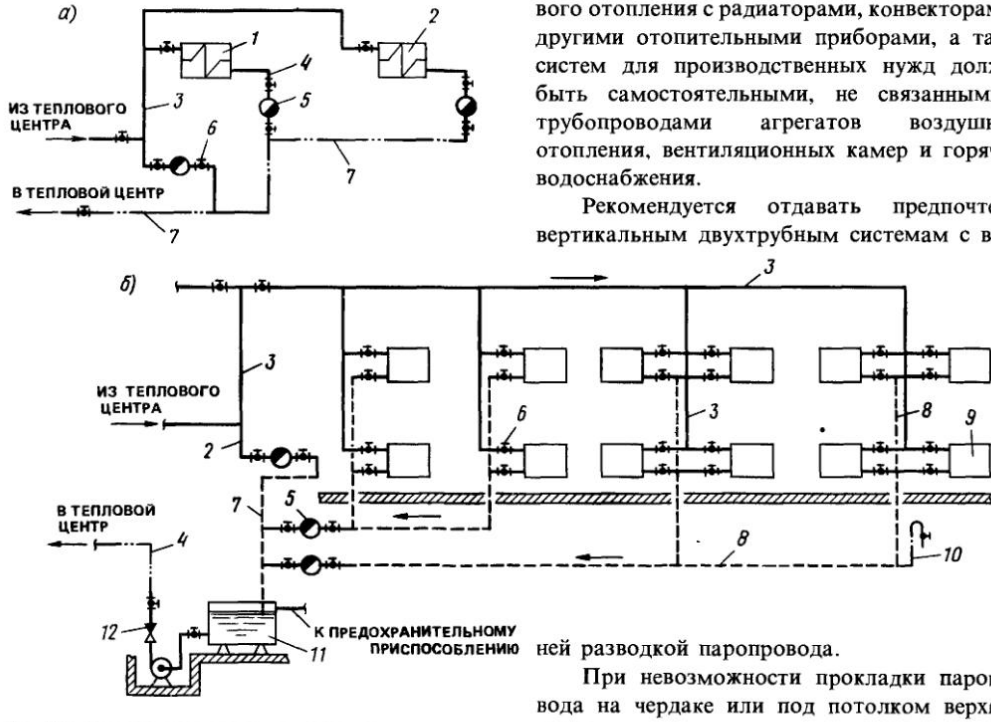


Рис. 11.3. Схемы закрытых систем парового отопления высокого давления замкнутой (*а*) и разомкнутой (*б*)

1 и *2* – первая и вторая системы отопления, *3* – паропровод; *4*, *7*, *8* – мокрый напорный, двухфазный и сухой конденсатопроводы; *5* – конденсатоотводчик; *6* – вентиль; *9* – отопительный прибор; *10* – воздушная труба, *11* конденсатный бак, *12* – обратный клапан

При невозможности прокладки паропровода на чердаке или под потолком верхнего этажа здания допускается средняя или нижняя разводка паропровода. При этом стояки, по которым образующийся конденсат направляется против движения пара, должны иметь высоту не более 6 м.

Горизонтальные однотрубные проточные системы следует применять в одно- и двухэтажных зданиях объемом до 5000 м^3, не требующих регулировки температуры помещений.

Системы парового отопления низкого давления устраивают, как правило, тупиковыми. В системах отопления при избыточном давлении пара более 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) рекомендуется предусматривать попутное движение пара и конденсата в магистралях.

В системах парового отопления возврат конденсата осуществляется по замкнутой или разомкнутой схеме. Непосредственный возврат конденсата в котел по замкнутой схеме в системах низкого давления возможен в тех случаях, когда высота столба конденсата H между уровнем стояния конденсата в конденсатопроводе и серединой паросборника (см. рис. 11.1, *а*) с запасом 0,25 м уравновешивает давление пара в котле.

Требуемая высота столба конденсата H, м, определяется по формуле

$$H = \frac{p_{изб} \cdot 10^6}{\rho \cdot g} + 0{,}25 \qquad (11.1)$$

$$\left(H = \frac{p_{изб} \cdot 10^4}{\gamma} + 0{,}25\right),$$

$p_{изб}$ – избыточное давление пара в котле, МПа (кгс/см^2); ρ – плотность конденсата, кг/м^3; g – ускорение свободного падения, м/с^2; γ – удельный вес конденсата, кг/м^3.

Избыточное давление пара в котле 0,01 МПа (0,1 кгс/см^2) уравновешивается (без запаса) столбом конденсата высотой 1 м.

В системах отопления высокого давления применяют, как правило, разомкнутые схемы возврата конденсата, используя пролетный пар и пар вторичного вскипания, образующийся в расширительных бачках и конденсатных баках (рис. 11.4).

Замкнутые схемы в системах высокого давления могут применяться, когда сумма величин остаточного и гидростатического давления обеспечивает следующие минимальные скорости движения конденсата в трубах различного диаметра:

D_g, мм	15	20	25	32	40 и более
v, м/с	0,3	0,65	0,8	1	1,5

Системы парового отопления низкого давления устраивают по открытой схеме.

Возврат конденсата в системах отопления высокого давления во избежание повышенной коррозии труб следует производить по закрытой схеме. Открытые схемы допускается применять лишь в особых случаях. При закрытых схемах конденсатные баки не должны иметь атмосферных труб. В баках предусматривается избыточное давление около 0,005–0,015 МПа (0,05–0,15 кгс/см^2), которое ограничивается предохранительным приспособлением.

11.3. Конструктивные указания

Принципы трассировки сети трубопроводов по зданию те же, что и при водяном отоплении. Магистральные паропроводы в зданиях выше двух этажей во избежание боль-

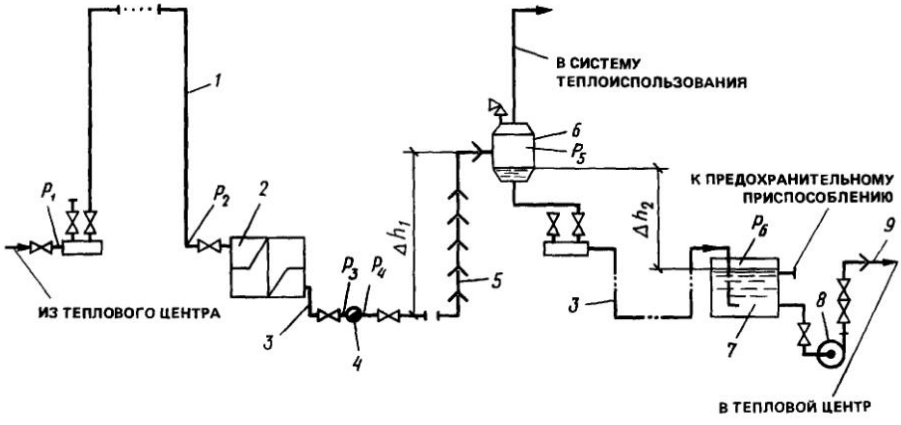


Рис. 11.4. Схема использования пара вторичного вскипания

1 – паропровод; *2* – система высокого давления; *3, 5, 9* – сухой, двухфазный и напорный конденсатопроводы; *4* – конденсатоотводчик; *6* – расширительный бачок; *7* – конденсатный бак; *8* – насос

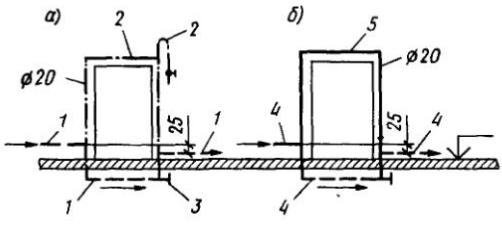


Рис. 11.5. Схема устройства обводных линий у дверей и проемов при мокрых конденсатопроводах (*а*) и при паровых магистралях и сухих конденсатопроводах (*б*)

1 – мокрый конденсатопровод; *2* – воздушная труба; *3* – тройник с пробкой для спуска воды и грязи; *4* – паро- или конденсатопровод; *5* – обводной трубопровод

ших теплопотерь рекомендуется прокладывать под потолком одного из этажей (средняя разводка).

Прокладку трубопроводов, как правило, применяют открытую. Скрытая прокладка допускается при технико-экономическом обосновании.

Обводные паро- и конденсатопроводы вокруг дверей, ворот и проемов устраивают по схемам, приведенным на рис. 11.5.

Воздух из паровых систем отводят через воздушные трубки ($d_y = 15$ мм) с кранами, установленными в конечных точках самотечных конденсатопроводов и перед конденсатоотводчиками.

Осушку паровых магистралей осуществляют в местах подъемов, при нижней разводке – в конце паропровода, применяя для этого конденсатоотводчики или гидравлические затворы (в системах отопления низкого давления).

Уклоны магистральных паропроводов по направлению движения пара принимают не менее 0,002, против движения – не менее 0,006; для конденсатопроводов – не менее 0,002. Уклон ответвлений к отопительным приборам должен составлять 10 мм на всю длину подводки.

Способы компенсации тепловых удлинений описаны в п. 10.6.6, противопожарные требования приведены в п. 10.6.4.

В системах парового отопления предусматривают следующую запорно-регулирующую арматуру.

У местных отопительных приборов (теплообменников) устанавливают:

а) в системах отопления высокого давления – вентиль на паровой подводке и конденсатоотводчик на конденсатной подводке или вентиль при применении группового конденсатоотводчика;

б) в системах отопления низкого давления – вентиль на паровой подводке и тройник с пробкой на конденсатной подводке.

У калориферов устанавливают:

а) на паровых подводках к каждому ряду калориферов – воздушный кран и вентиль (кроме первого ряда по ходу холодного воздуха в вентиляционных системах), а также один общий вентиль для выключения установки в целом;

б) на общем конденсатопроводе – воздушный и спускной краны, а также конденсатоотводчик с комплектом вентилей.

На вводах трубопроводов в здание и отдельных ветвях системы отопления устанавливают паровые вентили для полного или частичного ее выключения.

В горизонтальных однотрубных проточных системах отопления устанавливают вентили в начале и конце этажных веток. В системах отопления зданий выше четырех-пяти этажей предусматривают запорные вентили и краны со штуцерами для спуска конденсата из стояков системы.

На стояках, расположенных на лестничных клетках, запорные вентили рекомендуется устанавливать независимо от количества этажей.

11.4. Расчет паропроводов

11.4.1. Общие сведения

Обозначения расчетных давлений в паро- и конденсатопроводе приведены на рис. 11.4.

Давление пара p_1 в начале паровой магистрали или у котла принимают:

а) в замкнутой системе парового отопления низкого давления с непосредственным возвратом конденсата в котел в зависимости от длины l паропровода от ввода или котла до наиболее удаленного отопительного прибора:

при $l < 100$ м $\quad p_1 = 0{,}005$ МПа (0,05 кгс/см^2);
« $l = 100$ м $\quad p_1 = 0{,}005 - 0{,}01$ МПа (0,05–0,1 кгс/см^2);
« $l = 100 - 200$ м $\quad p_1 = 0{,}01 - 0{,}02$ МПа (0,1–0,2 кгс/см^2);
« $l = 200 - 300$ м $\quad p_1 = 0{,}02 - 0{,}03$ МПа (0,2–0,3 кгс/см^2).

При использовании калориферов применяют более высокое давление – до 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2);

б) в системах отопления высокого давления – в соответствии с давлением на вводе в здание, но не более допустимого для применяемого оборудования.

Давление пара p_2, МПа (кгс/см^2), перед расчетным отопительным прибором до вентиля в системах отопления низкого давления без конденсатоотводчиков следует принимать:

а) при самотечном конденсатопроводе $p_2 \leqslant 0{,}002$ (0,02);

б) при напорном конденсатопроводе $p_2 = p_3/0{,}95$, где p_3 – давление в конденсатопроводе после отопительного прибора.

При наличии конденсатоотводчиков $p_2 = p_4/0{,}4$, однако оно должно быть не менее 0,035 МПа, где p_4 – давление в конденсатопроводе после конденсатоотводчика.

Давление пара, МПа (кгс/см^2), перед расчетным теплообменником до вентиля в системах отопления высокого давления принимают $p_2 = p_4/0{,}7$.

Максимальные значения температуры пара, допускаемые в системах отопления в зависимости от назначения и характера отапливаемых помещений, приведены в п. 7.2, предельные скорости пара в системах отопления – в табл. 11.1.

ТАБЛИЦА 11.1

ПРЕДЕЛЬНЫЕ СКОРОСТИ ПАРА В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ

Диаметры трубопроводов (условные), мм	Предельные скорости пара, м/с, при давлении на вводе, МПа (кгс/см^2)		
	до 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2) при движении пара и конденсата		более 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2) при попутном движении пара и конденсата
	попутном	встречном	
15	14	10	25
20	18	12	40
25	22	14	50
32	23	15	55
40	25	17	60
50	30	20	70
Более 50	30	20	80

Примечание. Предельные скорости движения пара в системах с давлением на вводе более 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2) при встречном движении пара и конденсата следует принимать с коэффициентом 0,7 от значений, приведенных в таблице для попутного движения

Скорость движения пара в подъемных стояках, где он перемещается против потока конденсата, не должна превышать 0,1–0,14 м/с.

Потери давления, Па (кгс/см^2), в паропроводах определяют по формуле

$$\Delta p = k\Sigma(Rl + z), \qquad (11.2)$$

где R – удельные потери давления на трение (на 1 м длины участка паропровода), Па; l – длина участка расчетной ветви паропровода, м; z – потери давления на местные сопротивления, Па; $k = 1$ – при определении потерь давления в единицах системы СИ и $k = 0{,}1$ – в единицах системы МКГСС.

В системах отопления высокого давления потери давления на местные сопротивления могут быть заменены потерей давления на трение в трубе эквивалентной длины $l_{экв}$, м (см. табл. II.7 прил. II). Тогда

$$\Delta p = k\Sigma[R(l + l_{экв})] = k\Sigma(Rl_{прив}). \qquad (11.3)$$

За длину расчетной ветви считают длину паропровода от ввода или котла до наиболее удаленного отопительного прибора (теплообменника).

Значения коэффициентов местных сопротивлений приведены в табл. II.10–II.21.

Потери давления на местные сопротивления ориентировочно принимают в зависимости от общих потерь давления в расчетной ветви паропровода: 35% – в системах отопления низкого давления, 20% – в системах отопления высокого давления. Удельные потери давления на трение рекомендуется принимать: для труб начальных участков – выше $R_{ср}$, для труб конечных стояков – ниже $R_{ср}$.

Невязка расчетных потерь давления в системах парового отопления не должна превышать 15% для паропроводов и 10% для конденсатопроводов. Для преодоления сопротивлений, не учтенных расчетом, необходимо оставлять запас давления до 10% расчетного.

11.4.2. Расчет паропроводов систем отопления низкого давления

Ориентировочную среднюю удельную потерю давления на трение на 1 м длины паропровода, Па/м (для расчета по табл. II.4), определяют по формуле

$$R_{ср} = \frac{0{,}9p_1 - p_2}{k\Sigma l}\,\frac{100 - \eta}{100}, \qquad (11.4)$$

где p_1 и p_2 – давление пара в начале и конце паропровода, Па (кгс/м^2); Σl – длина паропровода, м; 0,9 – коэффициент, учитывающий ориентировочный запас в принятом располагаемом давлении; $k = 1$ – при определении давления пара в единицах системы СИ и $k = 0{,}1$ – в единицах системы МКГСС; η – доля потерь на местные сопротивления, %.

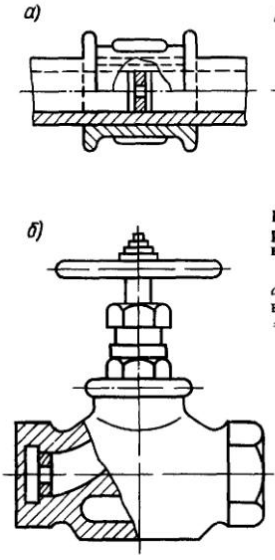


Рис. 11.6. Установка дросселирующих шайб в системах парового отопления низкого давления

а – шайба в муфте, *б* – шайба в вентиле; *в* – эскиз шайбы; δ = = 1,5 – 2 мм – толщина шайбы

Потери давления на местные сопротивления принимают по табл. II.5, потери на трение – по табл. II.4.

Примечание. Паропроводы с начальным давлением в системе $p_1 > 0{,}02$ МПа (0,2 кгс/см^2) рассчитывают по методу и таблицам высокого давления.

Для уравнивания потерь давления в паропроводах устанавливают дросселирующие шайбы (рис. 11.6):

а) на стояках – по одной для всех приборов данного стояка;

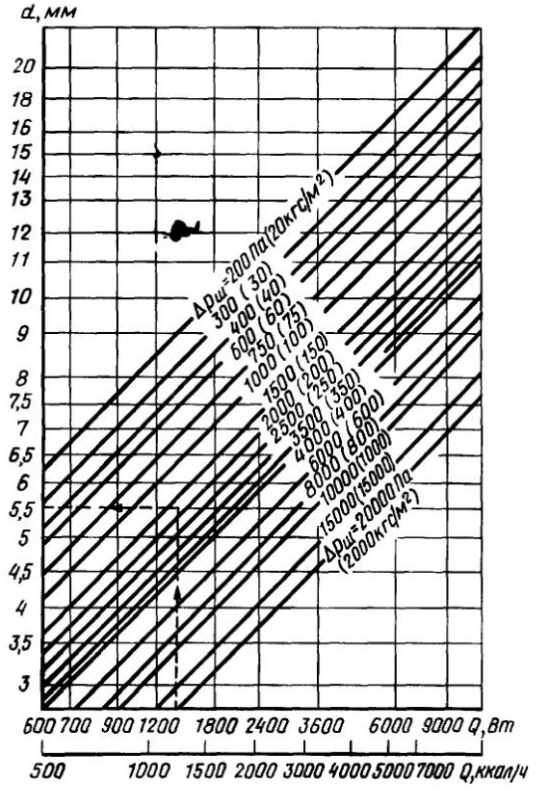


Рис. 11.8. Система парового отопления низкого давления
(к примеру расчета 11 1)

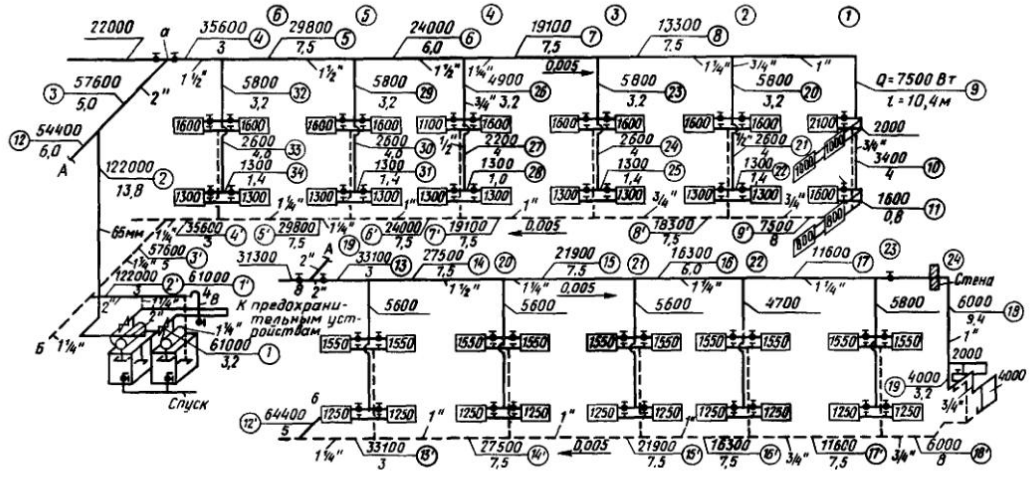


Рис. 11.7. Номограмма для определения диаметров отверстий шайб в зависимости от количества теплоты Q, проходящей по паропроводу

б) на ответвлениях к приборам, если разница в потере давления приборами данного стояка превышает 500 Па (50 кгс/м^2). Диаметр дросселирующих шайб определяют по номограмме (рис. 11.7), но принимают не менее 4 мм, излишнее давление дросселируют вентилем.

Пример 11.1. Произвести гидравлический расчет ветвей системы парового отопления с увязкой потерь давления с помощью дросселирующих шайб. Расчетная схема этой системы изображена на рис. 11.8. Конденсат в котлы возвращается самотеком. Длина участков рассчитываемого паропровода $\Sigma l = 68{,}7$ м.

Решение. Ориентировочную среднюю удельную потерю давления на трение определяют по формуле (11.4)

$$R_{ср} = \frac{0{,}9 \cdot 10000 - 2000}{68{,}7} \cdot \frac{100 - 35}{100} = 66{,}3 \text{ Па/м}.$$

Ориентируясь на это значение $R_{ср}$, по тепловым нагрузкам на отдельных участках паропровода Q по табл. II.4 находим диаметр паропровода, скорость пара и потери на трение на 1 м длины каждого участка паропровода. Потерю давления на местные сопротивления определяем по табл. II.5. Расчет паропровода сведен в табл. 11.2.

Пример подбора шайб показан на номограмме (см. рис. 11.7) при $Q = 1370$ Вт и $\Delta p_ш = 1500$ Па.

ТАБЛИЦА 11.2

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПАРОПРОВОДОВ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ (РАСЧЕТНЫЙ БЛАНК)

		Намечено						Изменено							Разность в потерях давления по сравнению с первоначально намеченными, Па	
№ участка	Тепловая нагрузка Q, Вт	длина участка l, м	условный диаметр d_y, мм	скорость движения пара v, м/с	удельная потеря давления на трение R, Па/м	потеря давления на трение Rl Па	сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z, Па	условный диаметр d_y, мм	скорость движения пара v, м/с	удельная потеря давления на трение R, Па/м	потеря давления на трение Rl, Па	сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z, Па	Rl	z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ветвь 1-я через стояк 1																
1	61000	3,2	50	19,6	70	224	4,8	584,7								
2	122000	13,8	65	21,9	60	828	1	152,1								
3	57600	5	50	18,1	60	300	6,3	654,3								
4	35600	3	40	18,8	90	270	14,3	1602,0								
5	29800	7,5	40	15,9	65	488	1	80,1								
6	24000	6	40	13,1	45	270	1	54,3								
7	19100	7,5	32	13,3	55	413	1	56,0								
8	13300	7,5	32	9,35	28	266	1	27,7								
9	7500	10,4	25	9,04	38	395	2	51,8								
10	3400	4	20	6 92	32	128	4	89,9								
11	1600	0,8	15	5.92	36	29	9,3	104,0								
		68,7				3611		3474,9								
$\Delta p = 3611 + 3475 + 2000 = 9086$ Па (запас ~ 9%)																
Ветвь 2-я через стояк 24																
12	64400	6	50	20,4	75	450	6,3	830,9								
13	33100	3	50	10,7	21	63	14,3	518,9								
14	27500	7,5	40	14,6	55	413	1	67,5								
15	21900	7,5	40	11,7	36	270	1	43,4	32	15,6	75	563	1	78	+ 293	+ 34,6
16	16300	6	32	11,3	40	240	1	40,4								
17	11600	7,5	32	8,22	21	158	1	21,4								
18	6000	9,4	25	7,37	26	244	11,0									
19	4000	3,2	20	7,8	40	128	7	135,4								
		50,1				1966		1847,2								

Продолжение табл. 11.2

№ участка	Тепловая нагрузка Q, Вт	Намечено: длина участка l, м	условный диаметр d_y, мм	скорость движения пара v, м/с	удельная потеря давления на трение R, Па/м	потеря давления на трение Rl, Па	сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z, Па	Изменено: условный диаметр d_y, мм	скорость движения пара v, м/с	удельная потеря давления на трение R, Па/м	потеря давления на трение Rl, Па	сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z, Па	Разность в потерях давления по сравнению с первоначально намеченными, Па: Rl	z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

$p_{12-19} = 1966 + 1847 = 3913$ Па;

$p_{3-11} = 2559 + 2738 = 5297$ Па (избыток давления).

Вносим изменения в расчетные данные участка *15*, тогда

$p_{12-19} = 3913 + 327{,}6 = 4240$ Па 5297 Па.

Стояк *4* $p_{7-11} = 1560{,}4$ Па

26	4900	3,2	20	10	65	208	1,5	47,5								
27	2200	4	15	8,13	65	260	5	105,0								
28	1300	1	15	4,74	24	24	7,8	55,5								
		8,2				492		208,0								

$\Delta p = 1560{,}4 - (492 + 208) = 850{,}4$ Па (избыток давления).

Диаметр отверстия дроссельной шайбы $d = 12$ мм (см. рис. 11.7).

11.4.3. Расчет паропроводов систем отопления высокого давления

При расчете паропроводов первоначально рассчитывают конденсатопровод и определяют давление в начале конденсатопровода, а затем давление перед теплообменником, необходимое как минимальное. Теплообменник и конденсатоотводчик экономически целесообразно выбирать по давлению сверх минимального, однако это вызывает увеличение диаметров паро- и конденсатопроводов. Если давление пара перед теплообменником задано, в первую очередь рассчитывают паропровод.

При расчете паропроводов потери теплоты, Вт (ккал/ч), неизолированным паропроводом вычисляют по формуле [1]

$$Q_{\text{пот}} = 5{,}82 d_{\text{н}} l \qquad (11.5)$$

$$(Q_{\text{пот}} = 5 d_{\text{н}} l),$$

где $d_{\text{н}}$ – наружный диаметр паропровода, мм; l – длина паропровода, м.

Средняя удельная потеря давления на трение, Па/м, для расчета по табл. II.4 составит:

$$R_{\text{ср}} = \frac{(0{,}9p_1 - p_2)\rho_{\text{ср}}}{\Sigma l} \cdot \frac{100 - \eta}{100} \qquad (11.6)$$

$$\left(R_{\text{ср}} = \frac{(0{,}9p_1 - p_2)\gamma_{\text{ср}}}{0{,}1\Sigma l} \cdot \frac{100 - \eta}{100}\right),$$

где p_1 и p_2 – давление пара в начале и конце паропровода, Па (кгс/м^2); $\rho_{\text{ср}}$ – плотность пара, кг/м^3, соответствующая среднему давлению пара $(p_1 + p_2)/2$, Па; η – доля потерь на местные сопротивления, %; Σl – длина паропровода, м; $\gamma_{\text{ср}}$ – удельный вес пара, кг/м^3, соответствующий среднему давлению пара $(p_1 + p_2)/2$, (кгс/м^2).

Потери давления на трение принимают по табл. II.6.

Длину трубопровода, эквивалентную потерям давления на местные сопротивления, определяют по табл. II.7.

Пример 11.2. Рассчитать паропровод для схемы системы отопления, приведенной на рис. 11.9.

Давление пара в начале паропровода $p_1 = 0{,}5$ МПа, перед теплообменником не менее $p_2 = 0{,}2$ МПа.

Длина паропровода в расчетной ветви $\Sigma l = 230$ м (паропровод не изолирован).

Решение Среднее давление пара (при $\rho_{\text{ср}} = 2{,}37$ кг/м^3 и $r_{\text{ср}} = 2124$ кДж/кг)

$$p_{\text{ср}} = \frac{0{,}5 + 0{,}2}{2} = 0{,}35 \text{ МПа}.$$

Среднее условное удельное падение давления на трение на 1 м

[1] Могут быть также определены по табл. II.23.

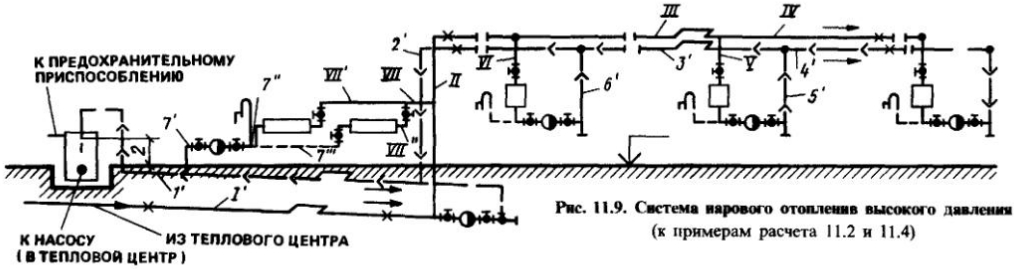


Рис. 11.9. Система парового отопления высокого давления (к примерам расчета 11.2 и 11.4)

$$R_{ср} = \frac{(0{,}9 \cdot 0{,}5 - 0{,}2)2{,}37}{230} \cdot \frac{100 - 20}{100} =$$

$$= 0{,}00206 \text{ МПа} = 2060 \text{ Па}.$$

Потери давления на местные сопротивления приняты равными 20%.

Ориентируясь на среднее условное удельное падение давления 2060 Па и расход пара G, кг/ч, на отдельных участках паропровода, находим по табл II.6 диаметр паропровода, скорость пара и потери давления на трение для каждого участка паропровода

Далее определяем истинные значения скорости пара и потерь давления на участках, разделив их найденные условные значения на величину $\rho_{ср}$ участков. Расчет паропровода сведен в табл. 11.3.

Участок IV. Первая строка – IV пр (предварительный расчет). В качестве первого приближения в графе 7 принято $p_{ср} = 0{,}35$ МПа, определенное для всего паропровода, так как p_1 на участке IV первоначально неизвестно

$G_{кон}$ (графа *3*) определяется по величине $r_{ср} = 2124$ кДж/кг. Значения d_y (графа *11*) и R' (графа *10*) принимают, ориентируясь на $R_{ср} = 2060$ Па $Q_{пот}$ (графа *12*) рассчитывают по l и $d_н$, соответствующему d_y (на участке IV $Q_{пот} = 5{,}82 \cdot 76 \cdot 45 = 19800$ Вт).

Значения $l_{экв}$ (графа *16*) определяют по d_y (графа *11*) и $\Sigma\zeta$ (графа *15*); R (графа *18*) – по R' (графа *10*) и $\rho_{ср}$ (графа 8).

Вторая строка – IV пр (предварительный расчет). В

ТАБЛИЦА 11.3

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПАРОПРОВОДОВ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ (РАСЧЕТНЫЙ БЛАНК)

№ участка	Тепловая нагрузка конечного участка (с учетом потерь теплоты на последующих участках) $Q_{кон}$, Вт	Расход пара в конце участка $G_{кон} = (Q_{кон} \cdot 3{,}6)/r_{ср}$, кг/ч	Длина участка l, м	Давление, МПа			Плотность пара $\rho_{ср}$, кг/м³	Теплота испарения r, кДж/кг	Потеря на трение на 1 м при $p = 0{,}08$ МПа R^1, Па
				в конце участка p_2	в начале участка p_1	среднее $p_{ср}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IVпр	523400	890	45	–	–	0,35	2,37	2124	750
IVпр	523400	870	45	0,2	0,219	0,21	1,67	2164	700
IVок	523400	870	45	0,2	0,226	0,213	1,69	2163	700
IIIпр	1070900	1820	45	–	–	0,35	2,37	2124	3000
IIIпр	1070900	1800	45	0,226	0,293	0,26	1,92	2149	3000
IIIок	1070900	1800	45	0,226	0,309	0,268	1,96	2147	3000
IIпр	1617500	2740	30	–	–	0,35	2,37	2124	2850
IIпр	1617500	2740	30	0,309	0,352	0,331	2,27	2130	2850
IIок	1617500	2740	30	0,309	0,354	0,332	2,28	2129	2850
Iпр	1812700	3070	110	–	–	0,35	2,37	2124	1200
Iпр	1812700	3090	110	0,354	0,432	0,393	2,58	2115	1230
Iок	1812700	3090	110	0,354	0,427	0,391	2,57	2115	1230
$\Sigma l = 230$		Запас $[(0{,}5 - 0{,}427) : 5]\ 100 = 14{,}6\%$							
Vпр	523400	870	10	0,2	0,226	0,213	1,69	2163	700
Vок	523400	870	10	0,215	0,226	0,221	1,73	2161	700
VIпр	523400	880	10	0,2	0,309	0,255	1,9	2150	3500
VIок	523400	880	10	0,27	0,309	0,29	2,07	2141	3500
VIIпр	178900	300	5	0,2	0,375	0,288	2,06	2141	4000
VIIок	178900	300	5	0,361	0,375	0,368	2,46	2120	4000
VII′пр	87200	147	19	0,2	0,361	0,281	2,03	2143	2650
VII′ок	87200	148	19	0,328	0,361	0,344	2,34	2126	2700
VII″пр	87200	147	5	0,2	0,361	0,281	2,03	2143	2650
VII″ок	87200	148	5	0,347	0,361	0,354	2,39	2124	2700

Продолжение табл. 11.3

№ участка	$d_н$ или $d_у$, мм	Теплопотери паропровода $Q_{пот} = 5{,}82 d_н l$, Вт	Расчетная тепловая нагрузка на участке $Q_р = Q_{кон} + 0{,}5 Q_{пот}$, Вт	Расчетное количество пара на участке $G = (Q_р = 3{,}6) r_{ср}$, кг/ч	Сумма местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	Длина трубопровода, эквивалентная местным сопротивлениям $l_{экв}$, м	$l_{прив} = l + l_{экв}$, м	Истинная потеря давления на трение, Па		Скорость пара, м/с	
								на 1 м $R = R' \rho_{ср}$	общая на весь участок $Rl_{прив}$	v' при $p = 0{,}08$ МПа	истинная $v = v'/\rho_{ср}$
1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
IVпр	65	19800	533300	905	6	16,4	61,4	316	19430		
IVпр	65	19800	533300	890	6	16,4	61,4	419	25700	–	–
IVок	65	19800	533300	890	6	16,4	61,4	414	25400	61,6	36,4
IIIпр	65	19800	1080800	1832	3,1	8,2	53,2	1266	67340		–
IIIпр	65	19800	1080800	1811	3,1	8,2	53,2	1563	83130		–
IIIок	65	19800	1080800	1812	3,1	8,2	53,2	1531	81430	127	64,8
IIпр	80	15500	1625300	2755	1,8	6,1	36,1	1203	43410	–	
IIпр	80	15500	1625300	2750	1,8	6,1	36,1	1256	45320	–	–
IIок	80	15500	1625300	2750	1,8	6,1	36,1	1250	45130	138	60,5
Iпр	100	69000	1847200	3130	10	44,1	154,1	506	78030	–	–
Iпр	100	69000	1847200	3150	10	44,1	154,1	476	73500		–
Iок	100	69000	1847200	3150	10	44,1	154,1	479	73750	103	40,1
Vпр	65	4400	525600	875	6	16,4	26,4	414	10930	–	–
Vок	65	4400	525600	875	6	16,4	26,4	405	10670	61,6	36,4
VIпр	50	3300	525100	880	6	11,1	21,1	1842	38870	–	
VIок	50	3300	525100	885	6	11,1	21,1	1691	35680	113	54,6
VIIпр	32	1100	179500	300	2	2,1	7,1	1942	13790	–	–
VIIок	32	1100	179500	305	2	2,1	7,1	1630	11545	91,9	37,4
VII′пр	25	3500	88950	150	8	6,6	25,6	1305	33420		–
VII′ок	25	3500	88950	151	8	6,6	25,6	1154	29540	66,5	28,4
VII″пр	25	930	87670	147	7	5,8	10,8	1305	14094	–	–
VII″ок	25	930	87670	149	7	5,8	10,8	1130	12200	66,5	28,4

графе *5* дано минимально необходимое давление в конце участка. В графе *6* указано давление, требуемое в начале участка (с учетом $Rl_{прив} = 19430$ Па по строке *1*).

В графах *8* и *9* приведены $\rho_{ср}$ и $r_{ср}$, соответствующие среднему давлению 0,21 МПа (графа *7*).

$Q_{кон}$ (графа *3*) и $Q_р$ (графа *14*) уточняются по $r_{ср}$ (графа *9*) R (графа *18*) определяется с учетом $\rho_{ср}$ (графа *8*).

Третья строка – IV ок (окончательный расчет).

В графе *6* указывается давление, которое (с учетом $Rl_{прив} = 257$ Па по строке *2*) требуется в начале участка для обеспечения в конце участка давления 0,2 МПа.

Участки III, II, I рассчитывают аналогично, но количество теплоты в конце каждого участка принимается с учетом потерь теплоты на последующих участках.

Участок V (расчет ответвлений от магистрали). В графе *5* строки *1* указывается минимальное необходимое давление 0,2 МПа. Затем аналогично указанному выше находят истинную общую потерю давления на участке 10930 Па. Учитывая давление в начале участка 0,226 МПа, получим фактическое давление в конце данного участка 0,215 МПа, которое принимаем как исходное для расчета теплообменника.

Аналогично рассчитывают участки VI, VII, VII′ и VII″. Если давление, полученное в конце какого-либо участка, окажется при расчете теплообменника чрезмерно большим, его снижают дросселирующей шайбой.

Примечание. Для расчетов, не требующих особой точности, можно пренебречь потерей теплоты трубопроводами, в этом случае не нужно заполнять графы *12*, *13*, *14* и изменять величины $Q_{кон}$ в графе *2* и $Q_{кон}$ в графе *3*.

Если эти потери составляют более 5% теплопотерь помещения, в котором проходят трубопроводы, то учет их в тепловом балансе помещений обязателен.

11.5. Расчет конденсатопроводов

При возврате конденсата через напорный конденсатопровод, общий для систем парового отопления различного давления, необходимо соблюдать следующие условия:

1) в месте слияния конденсата обеспечивать одинаковое давление, передаваемое из различных систем отопления;

2) в местах слияния конденсата на конденсатопроводах устанавливать клапаны, регулирующие давление «после себя»;

3) для замера давлений после клапанов необходимо устанавливать штуцера для присоединения подводящих трубок от манометров;

4) при расчете напорных и двухфазных конденсатопроводов ориентировочные потери давления на местные сопротивления принимать равными 20% общих потерь в конденсатопроводе.

Потери давления на местные сопротивления в напорных и двухфазных конденсатопроводах рекомендуется определять, заменяя их эквивалентными (по потере давления) длинами трубопровода по табл. II.9. При расчете этих конденсатопроводов следует предусматривать запас давления в расчетной ветви наиболее удаленного теплообменника до 30%.

11.5.1. Сухие и мокрые безнапорные конденсатопроводы

Диаметры безнапорных конденсатопроводов систем парового отопления низкого давления определяют по табл. 11.4.

ТАБЛИЦА 11.4

ДИАМЕТРЫ СУХИХ И МОКРЫХ БЕЗНАПОРНЫХ КОНДЕНСАТОПРОВОДОВ СИСТЕМ ПАРОВОГО ОТОПЛЕНИЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Условный диаметр труб D_y, мм	Тепловой поток, кВт, выделенный при конденсации пара на участках конденсатопровода				
	сухого		мокрого горизонтального или вертикального при общей длине участков, м		
	горизонтального	вертикального	до 50	50–100	более 100
15	4,65	6,98	32,56	20,93	9,30
20	17,45	25,59	81,41	52,34	29,08
25	32,56	48,85	145,88	93,04	46,52
32	79,08	116,30	314,01	203,53	98,86
40	120,95	180,27	436,13	290,75	133,75
50	250,05	372,16	755,95	465,20	250,05
60	581,50	872,25	1744,50	1221,15	581,50
80	872,25	1302,56	2616,75	1744,50	872,25
100	1453,75	2151,55	4070,50	2674,90	1453,75

Диаметры горизонтальных участков сухого конденсатопровода системы парового отопления низкого давления применительно к примеру 11.1 приведены в табл. 11.5.

ТАБЛИЦА 11.5

ДИАМЕТРЫ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ СУХОГО КОНДЕНСАТОПРОВОДА

№ участка	Тепловая нагрузка, Вт	Диаметр конденсатопровода, мм	№ участка	Тепловая нагрузка, Вт	Диаметр конденсатопровода, мм
9′	7500	20	1′	61000	32
8′	13300	20	18′	6000	20
7′	19100	25	17′	11600	20
6′	24000	25	16	16300	25
5′	29800	32	15	21900	25
4′	35600	32	14′	27500	25
3′	57600	32	13′	33100	32
2′	12000	40	12′	64400	32

При определении диаметров безнапорных конденсатопроводов систем парового отопления низкого давления принимают не геометрическую длину участков трубопровода, а расчетную их длину $l_р$, м, рассчитываемую по формуле

$$l_р = Kl, \qquad (11.7)$$

где K – коэффициент, учитывающий местные сопротивления: для участков магистралей $K = 1{,}1$, для прочих участков $K = 1{,}5$; l – геометрическая длина участка конденсатопровода, м.

11.5.2. Напорные конденсатопроводы

Расчетный объем конденсата, л/ч, для каждого участка конденсатопроводов определяют по формуле

$$V_к = \frac{4{,}5Q_{нач}}{r_{ср}\rho_к} \qquad (11.8)$$

$$\left(V_к = \frac{1{,}25Q_{нач}}{r_{ср}\gamma_к}\right),$$

где $Q_{нач}$ – тепловая нагрузка в начале соответствующего участка паропровода, Вт (ккал/ч); $r_{ср}$ – теплота испарения при среднем давлении на соответствующем участке паропровода, кДж/кг (ккал/кг) (см. табл. I.3); $\rho_к$ – плотность конденсата, принимаемая равной 1 кг/л; $\gamma_к$ – удельный вес конденсата, принимаемый равным 1 кг/л; 4,5 (1,25) – коэффициент, учитывающий увеличение количества конденсата в период прогрева системы.

Тепловая нагрузка, Вт (ккал/ч), в начале паропровода находят по формуле

$$Q_{нач} = Q_{кон} + Q_{пот}, \qquad (11.9)$$

где $Q_{кон}$ – тепловая нагрузка конечного участка паропровода, Вт (ккал/ч); $Q_{пот}$ – потеря теплоты на участке неизолированного паропровода, Вт (ккал/ч).

При расчете конденсатопроводов, выполняемом до расчета паропроводов, принимают:

а) потери теплоты на участках неизолированного паропровода:

d, мм	15–20	25–50	> 50
$Q_{пот}$, Вт (ккал/ч)	$0{,}1Q_{кон}$	$0{,}03Q_{кон}$	$0{,}02Q_{кон}$

б) теплоту испарения:

при паре низкого давления $r_{ср} = 2268$ кДж/кг (540 ккал/кг);
при паре высокого давления $r_{ср} = 2142$ кДж/кг (510 ккал/кг).

Давление, МПа (кгс/см^2), в расширительном бачке (см. рис. 11.4) определяют по формуле

$$p_5 = p_6 + 0{,}01\Delta h + \Delta p \qquad (11.10)$$

$$(p_5 = p_6 + 0{,}1\Delta h + \Delta p),$$

где p_6 – давление в конце конденсатопровода, МПа

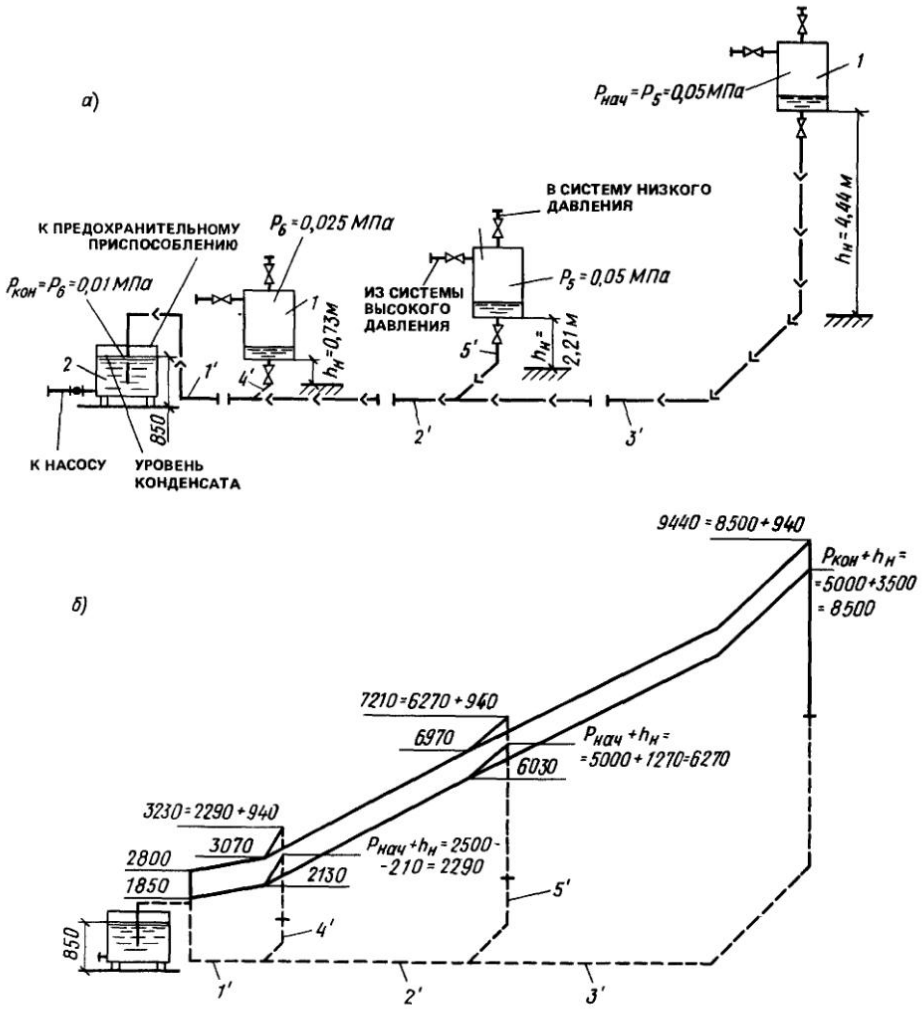


Рис. 11.10. Схема напорного конденсатопровода (*а*) от параллельно работающих расширительных бачков и пьезометрический график (*б*)

1 расширительный бачок, *2* – конденсатный бак

(кгс/см^2), при возврате конденсата в открытый конденсатный бак $p_б = 0$; Δh – разность отметок конца и начала конденсатопровода, м (со знаками плюс или минус в зависимости от соотношения величин отметок), Δp – потеря давления на трение и местные сопротивления в конденсатопроводе (от расширительного бачка до конденсатного бака), МПа (кгс/см^2)

Давление в расширительном бачке принимают не более 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2).

Давление в начале каждого рассчитываемого участка конденсатопровода определяют по формуле (11.10), считая, что входящие в нее величины относятся не ко всему конденсатопроводу, а к данному участку.

Диаметры напорных конденсатопроводов следует определять по табл. II.8 Скорости движения конденсата в напорных конденсатопроводах принимают максимально возможными по располагаемому напору.

Пример 11.3. Рассчитать напорный конденсатопровод для схемы, показанной на рис 11 10

Для всех участков конденсатопровода заданы значения $V_к$ и l, которые приведены в графах 2 и 8 табл 11 6, а для участка $1'$, кроме того, давление в конденсатном баке $p_б = p_{кон}$, указанное в графе 13 табл 11 6

ТАБЛИЦА 11.6

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАПОРНЫХ КОНДЕНСАТОПРОВОДОВ (РАСЧЕТНЫЙ БЛАНК)

№ участка	$V_к = \frac{4{,}5\,Q_{нач}}{r_{ср}\,\rho_к}$, л/ч	$D_у$, мм	v, м/с	R, Па/м	$\Sigma\zeta$	$l_{экв}$, м	l, м	$l_{прив}$, м	$\Delta p = R\,l_{прив}$, МПа	$\Delta h = h_к - h_н$, мм	$\Delta h \times 10^{-5}$, МПа	p_6 ($p_{кон}$), МПа	p_5 ($p_{нач}$), МПа	Запас давления
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Расчет магистрального конденсатопровода														
1′	4320	40	0,945	425	1,5	1,52	5	6,52	0,0028	850	0,0085	0,01	0,0213	Показан на пьезометрах 9400 − 8500 = = 940 мм $\frac{940}{9440}100 =$ = 10%
2	2870	32	0,913	512	1,5	1,18	75	76,18	0,0390	0	0	0,0213	0,0603	
3′	1320	25	0,623	310	8,0	4,82	75	79,82	0,0247	− 3500	− 0,0350	0,0603	0,500	
									0,0665		− 0,0265	0,01	0,0500	
Расчет ответвлений														
4′	1450	25	0,68	370	4,0	2,41	2	4,41	0,0016	+ 210	+ 0,0021	0,0213	0,025	
5′	1550	25	0,729	425	4,5	2,71	3	5,71	0,0024	− 1270	0,0127	0,0603	0,050	

Примечания: 1 Расчеты конденсатоотводчиков до расширительного бачка, а также систем, использующих пар вторичного вскипания и пролетный пар из расширительных бачков, в данном примере не рассматриваются

2 Длины $l_{экв}$, эквивалентные потерям в местных сопротивлениях, принимают по табл II 9

Давления в расширительных бачках приняты: на участках *3'* и *5'* (в целях возможно более низкой их установки) – предельно допустимые $p_5 = p_{нач} = 0{,}05$ МПа; на участке *4'* (при заданной по конструктивным соображениям высоте расположения бачка $h_н = 0{,}73$ м) $p_5 = p_{нач} = 0{,}025$ МПа. На участке *1'* $h_н = 850$ мм. Конденсатопровод расположен непосредственно над полом.

Решение. Результаты расчета конденсатопровода сводят в бланк (табл. 11.6).

Высоты расположения расширительных бачков должны быть:

на участке *3'*: $h_н = 2470 + 6030 - 5000 = 3500$ мм; для запаса устанавливают бачок на высоте 4440 мм (запас 940 мм);

на участке *5'*: $h_н = 240 + 6060 - 5000 = 1270$ мм; для запаса устанавливают бачок на высоте 2210 мм (запас 940 мм);

на участке *4'*: $h_н = 160 + 2430 - 2500 = -210$ мм; для запаса устанавливают бачок на высоте 730 мм [запас $730 - (-210) = 940$ мм].

Высоту установки бачков условно вычислили от поверхности пола до их днища, учитывая, что бачки могут быть заполнены конденсатом на 20% объема. Это компенсирует превышение оси конденсатопровода над полом.

11.5.3. Двухфазные конденсатопроводы

Расчетный объем конденсата, л/ч, для каждого участка конденсатопровода определяют по формуле

$$V_к = \frac{Q_{нач} \cdot 3{,}6}{r_{ср}\rho_к} \qquad (11.11)$$

$$\left(V_к = \frac{Q_{нач}}{r_{ср}\gamma_к}\right).$$

Условные обозначения те же, что и в формуле (11.8).

Начальное давление, МПа (кгс/см^2), после конденсатоотводчика или подпорной шайбы, устанавливаемых за теплообменником, определяют по формуле

$$p_4 = p_5 + 0{,}01\Delta h + \Delta p \qquad (11.12)$$

$$(p_4 = p_5 + 0{,}1\Delta h + \Delta p),$$

где p_5 – давление в конце конденсатопровода или в расширительном бачке (либо в цеховом конденсатном баке, обозначаемое в этом случае p_6), МПа (кгс/см^2).

Давление в начале каждого рассчитываемого участка конденсатопровода определяют по формуле (11.12), считая, что входящие в нее величины относятся не ко всему конденсатопроводу, а к данному участку. При этом вместо p_4 указывают $p_{нач}$, а вместо p_5 (или p_6) – $p_{кон}$.

Диаметры двухфазных конденсатопроводов определяют так же, как и диаметры напорных конденсатопроводов, с пересчетом по формуле

$$d_{см} = \mu d_к, \qquad (11.13)$$

где $d_к$ – диаметр конденсатопровода, принимаемый по табл. II.8 прил. II; μ – поправочный коэффициент, принимаемый по табл. 11.7.

ТАБЛИЦА 11.7

ЗНАЧЕНИЯ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА

Давление пара перед теплообменником p_2, МПа	Значения μ при давлении в конце расчетного участка конденсатопровода p_4, МПа												
	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,15	0,2
0,01	1,4												
0,02	1,6	1,4											
0,03	1,7	1,6	1,3										
0,04	1,8	1,7	1,5	1,3									
0,05	1,9	1,8	1,6	1,5	1,3								
0,06	1,9	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3							
0,07	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,4	1,2						
0,08	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2					
0,09	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2				
0,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2			
0,15	2,25	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6		
0,2	2,3	2,25	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1	1,5	
0,25	2,4	2,3	2,25	2,25	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,6	1,4
0,3	2,5	2,4	2,3	2,25	2,25	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6
0,35	2,5	2,5	2,4	2,3	2,25	2,25	2,25	2,2	2,1	2,1	2,0	1,8	1,7
0,4	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3	2,25	2,25	2,5	2,2	2,1	2,1	1,9	1,8
0,5	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,25	2,25	2,25	2,0	1,9

При использовании формулы (11.13) потери давления, подсчитанные для случая перемещения конденсата, остаются неизменными и при перемещении двухфазной смеси.

При ориентировочных расчетах, когда не требуется увязка давлений в местах слияния двухфазной смеси, диаметры конденсатопроводов систем парового отопления высокого давления принимают по табл. 11.4, как для мокрых безнапорных конденсатопроводов.

Максимальную высоту подъема конденсата после конденсатоотводчиков принимают не более 8 м.

Пример 11.4. Рассчитать двухфазный конденсатопровод для закрытой схемы системы отопления (см. рис. 11 9).

Тепловая нагрузка $Q_{нач} = Q_{кон} + Q_{пот}$, Вт Теплоту испарения по участкам конденсатопровода и давление перед теплообменниками p_2 принимают по табл. 11.3 Давление в конденсатном баке $p_{кон} = 0{,}025$ МПа.

Решение. Результаты расчета конденсатопровода сводят в бланк (табл 11.8). Расчет начинают с участка с наибольшей тепловой нагрузкой. Величину $p_{нач}$ определяют как сумму величин, указанных в графах *13*, *14* и *16*·

$$p_{нач} = \Sigma R_{общ} + p_{кон} + \Sigma(h_к - h_н)0{,}01 =$$

$$= 0{,}1079 + 0{,}025 - 0{,}601 = 0{,}1229 \text{ МПа}.$$

Величина $p_{нач}$ представляет собой давление, которое должно быть предусмотрено после конденсатоотводчика в начале участка *4′*.

При $p_{нач} = 0{,}1229$ МПа давление перед теплообменником $p_2 = 0{,}1229 : 0{,}7 = 0{,}176$ МПа (минимально необходимое). Согласно расчету паропровода, фактически располагаемое в конце участка IV давление $p_2 = 0{,}2$ МПа.

В графе *18* перед чертой приведены минимально требуемые давления, за чертой – располагаемые давления (по расчету паропроводов).

Коэффициенты μ (графа *19*) для участков *1′ – 4′* определены при $p = 0{,}2$ МПа и $p_{кон}$ на участках. По коэффициентам μ определены $d_{см}$ (графа 20).

ТАБЛИЦА 11.8

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДВУХФАЗНЫХ КОНДЕНСАТОПРОВОДОВ (РАСЧЕТНЫЙ БЛАНК)

№ участка	$Q_{нач} = Q_{кон} + Q_{пот}$, Вт	$r_{ср}$, кДж/кг	$G_к = 3{,}6 \times Q_{нач}/(r_{ср} \times \rho_к)$, кг/ч	$d_к$, мм	v, м/с	R, Па/м	$\Sigma\zeta$	$L_{экм}$, м	l, м	$l_{прив} = l_{экв} + l$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1′	1881734	2117	3210	32	1,02	640	3	2,35	47	49,35
2′	1632619	2129	2770	32	0,88	475	5	3,92	70	73,92
3′	1090661	2150	1830	32	0,585	210	4	3,14	45	48,14
4′	543121	2171	903	20	0,753	675	15	6,06	40	46,06
5′	527769	2167	880	20	0,733	640	10	4,04	12	16,04
6′	526839	2142	888	20	0,739	650	10	4,04	12	16,04
7′	180032	2125	305	15	0,576	700	9	2,05	10	12,05
7″	90714	2134	154	15	0,291	185	9	2,05	3	5,05
7‴	88155	2129	149	15	0,281	162	9	2,05	17	19,05

Продолжение табл. 11.8

№ участка	$\Delta p = R l_{прив}$, Па	$\Delta p = R l_{прив}$, МПа	$p_{кон}$, МПа	$\Delta h = h_к - h_н$, м	$0{,}01\Delta h$, МПа	$p_{нач}$, МПа	Давление перед теплообменником требуемое (располагаемое), МПа	μ	$d_{см}$, мм
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1′	31584	0,0316	0,025	2	0,02	0,0766	0,176(0,2)	2,15	70
2′	35112	0,0351	0,0766	– 6	– 0,06	0,0517	0,176(0,2)	1,83	60
3′	10109	0,0101	0,0517	–	–	0,0618	0,176(0,2)	1,98	60
4′	31091	0,0311	0,0618	3	0,03	0,1229	0,176(0,2)	1,90	40
		0,1079	0,025		– 0,01	0,1229			
5′	10266	0,0103	0,0618	3	0,03	0,1021	0,146(0,215)	1,93	40
6′	10426	0,0104	0,0517	3	0,03	0,0921	0,132(0,270)	2,15	40
7′	8435	0,0084	0,0766	– 1	– 0,01	0,0750	0,107(0,361)	2,15	32
7″	934	0,0009	0,0750	– 1	– 0,01	0,0659	0,094(0,328)	2,10	20
7‴	3086	0,0031	0,0750	– 1	– 0,01	0,0681	0,097(0,347)	2,15	20

Аналогично определены диаметры труб на участках $5' - 7'$.

Ввиду того что на участках $7'$, $7''$ и $7'''$ при $d_к = 15$ мм получены малые скорости, соответствующие диаметры $d_{см}$ приняты с некоторым уменьшением.

11.6. Указания по выбору и расчету оборудования систем парового отопления

Указания по выбору, размещению и расчету отопительных приборов даны в гл. 9

11.6.1. Устройства для удаления конденсата

Для удаления конденсата от потребителей пара применяются термодинамические и поплавковые конденсатоотводчики (см. прил. IX), гидравлические затворы (рис. 11.11), а также подпорные шайбы (рис. 11.12). Рекомендуется использовать преимущественно термодинамические конденсатоотводчики, которые устойчиво работают при начальном давлении свыше 0,1 МПа (1 кгс/см^2) и противодавлении до 50% начального давления. При установке термодинамических конденсатоотводчиков следует предусматривать надежное удаление воздуха из системы, так как попадание его под тарелку снижает работоспособность конденсатоотводчика.

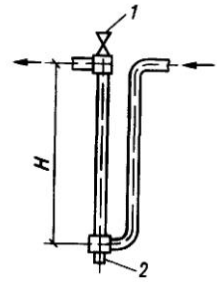


Рис. 11.11. Гидравлический затвор
1 – кран для продувки, *2* – пробка для спуска грязи

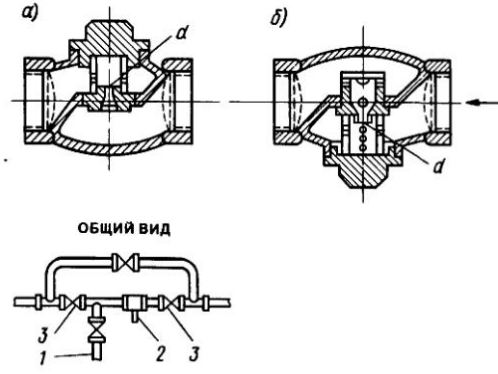


Рис. 11.12. Установка подпорных шайб без обратного клапана (*а*), с обратным клапаном (*б*)
1 – контрольный штуцер $d_у = 15$ мм, *2* – подпорная шайба, *3* – вентили

При начальном давлении менее 0,1 МПа (1 кгс/см^2) рекомендуется устанавливать конденсатоотводчики с опрокинутым поплавком (конденсационные горшки), которые надежно работают при перепаде давлений более 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2) при постоянном и переменном режимах расходования пара.

Конденсатоотводчики подбирают, как правило, по условной пропускной способности $K_{ву}$, т/ч, которая определяется в зависимости от расчетного расхода жидкости через конденсатоотводчик и перепада давления на нем.

При подборе всех типов конденсатоотводчиков расчетное количество «горячего» конденсата следует принимать:

а) после теплопотребляющих аппаратов $G = 1{,}2\ G_{макс\ р}$, где $G_{макс\ р}$ – максимальный расчетный расход пара, т/ч;

б) для дренажа паропроводов $G = 2G_{макс\ к}$, где $G_{макс\ к}$ – максимальное количество конденсирующегося пара на дренируемом участке паропровода, т/ч.

Давление пара перед конденсатоотводчиком p_3, МПа (кгс/см^2), как правило, следует принимать равным 95% давления пара перед теплопотребляющим аппаратом p_2, за которым устанавливается конденсатоотводчик, т е $p_3 = 0{,}95p_2$.

При определении давления пара перед конденсатоотводчиками, установленными в отдалении от теплопотребляющих аппаратов, следует учитывать потери давления в трубопроводе на участке между аппаратом и конденсатоотводчиком.

После конденсатоотводчика давление p_4 в трубопроводе принимается:

а) при выдавливании конденсата – не более 50% давления пара после теплопотребляющего аппарата, за которым установлен конденсатоотводчик, $p_4 = 0{,}5p_3$;

б) при свободном сливе конденсата на выходе из трубопровода $p_4 = 0{,}01$ МПа (0,1 кгс/см^2);

в) при сливе конденсата в открытый бак $p_4 = 0{,}02$ МПа (0,2 кгс/см^2).

Условная пропускная способность $K_{ву}$, т/ч,

конденсатоотводчиков определяется по формулам:

а) для термодинамических конденсатоотводчиков

$$K_{vy} = \frac{10\,G}{A\sqrt{\Delta p\,\rho_к}} \qquad (11.14)$$

$$\left(K_{vy} = \frac{G}{A\sqrt{\Delta p\,\gamma_к}}\right),$$

где G – расчетный расход «горячего» конденсата, т/ч; Δp – перепад давлений на конденсатоотводчике, МПа (кгс/см^2); $\rho_к$ – плотность конденсата, протекающего через конденсатоотводчик при температуре конденсата $t_к$, кг/м^3; $\gamma_к$ – удельный вес конденсата, (г/см^3); A – коэффициент, учитывающий температуру конденсата и перепад давлений на конденсатоотводчике, принимаемый по рис. 11.13;

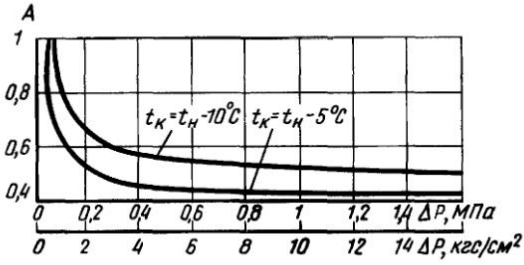


Рис. 11.13. Зависимость коэффициента A от перепада давлений на конденсатоотводчике при температуре конденсата $t_к$ на 5 и 10°С ниже температуры насыщения пара $t_н$

б) для конденсатоотводчиков с опрокинутым поплавком при $t_к/t_н = 0{,}85 \div 1$

$$K_{vy} = \frac{20\,G}{\sqrt{\Delta p\,\rho_к}} \qquad (11.15)$$

$$\left(K_{vy} = \frac{2\,G}{\sqrt{\Delta p\,\gamma_к}}\right),$$

где $t_н$ – температура насыщенного пара, °С;

в) для конденсатоотводчиков с опрокинутым поплавком при $t_к/t_н < 0{,}85$

$$K_{vy} = \frac{10\,G}{\sqrt{\Delta p\,\rho_к}} \qquad (11.16)$$

$$\left(K_{vy} = \frac{G}{\sqrt{\Delta p\,\gamma_к}}\right)$$

Рассчитанный K_{vy} не должен превышать максимального значения, указанного в технических данных конденсатоотводчиков.

Конденсатоотводчики с открытым поплавком подбирают по их предельной производительности G, кг/ч, определяемой по формуле

$$G = \frac{3{,}2\,d^2\sqrt{\Delta p\,\rho_к}}{k} \qquad (11.17)$$

$$\left(G = \frac{32\,d^2\sqrt{\Delta p\,\gamma_к}}{k}\right),$$

где d – диаметр клапанного отверстия, принимаемого по техническим характеристикам, мм; k – поправочный коэффициент: $k = 3{,}5$ при перепаде давлений до 0,2 МПа и $k = 4$ при перепаде давлений свыше 0,2 МПа (2 кгс/см^2).

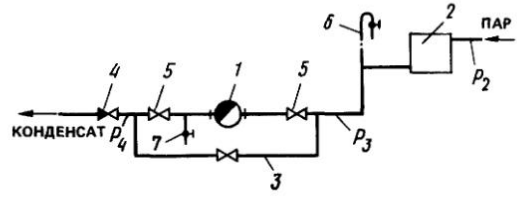


Рис. 11.14. Схема установки конденсатоотводчика

1 конденсатоотводчик; *2* – теплообменный аппарат; *3* – обводной трубопровод, *4* – обратный клапан, устанавливаемый при подъеме конденсата; *5* – вентиль; *6* воздушная труба; *7* – контрольный спускник

Конденсатоотводчики следует размещать после теплопотребляющих аппаратов ниже точек отбора конденсата и соединять с ними вертикальными или горизонтальными трубопроводами с уклоном не менее 0,01 в сторону конденсатоотводчика (рис. 11.14).

Диаметры вентилей в обвязке конденсатоотводчика должны соответствовать диаметру входного отверстия конденсатоотводчика. Обратный клапан после обвязки конденсатоотводчика предусматривается при сбросе конденсата в общий конденсатопровод, когда в трубопроводе сброса конденсата имеется противодавление, или при подаче конденсата в паропровод более низкого давления.

Гидравлические затворы изготовляют из труб. Они предназначены для отвода конденсата из паропроводов систем парового отопления низкого давления при давлении пара до 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2).

Высота защитного столба конденсата в гидрозатворе $h_г$ должна приниматься в зависимости от давления в точке присоединения гидрозатвора p:

p, МПа . . .	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
$h_г$, м	1,2	2,25	3,3	4,4	5,5

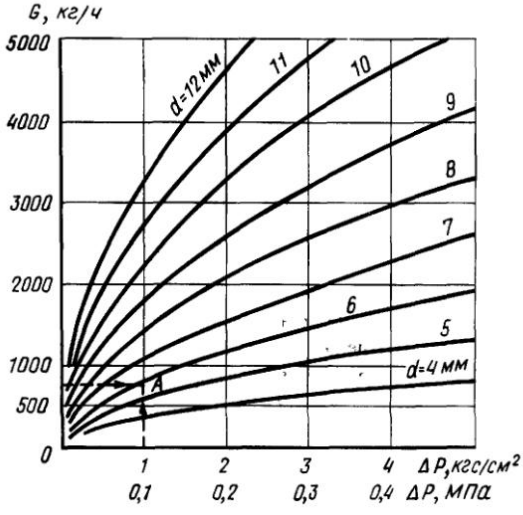


Рис. 11.15. Номограмма для определения диаметра отверстия d подпорной шайбы

Диаметр труб гидрозатвора d, мм, принимают исходя из условия пропуска максимального количества конденсата со скоростью 0,2–0,3 м/с, а при свободном сливе конденсата определяют по формуле

$$d = 25\sqrt{G}, \qquad (11.18)$$

где G – расчетный расход конденсата, т/ч.

В отдельных случаях для отвода конденсата от теплообменных аппаратов при давлении после них до 0,6 МПа (6 кгс/см^2), когда колебание расхода пара не превышает 30%, допускается применять подпорные шайбы. Подпорные шайбы не применяются для дренирования конденсата из паропроводов и если при уменьшении тепловой нагрузки сокращается площадь теплоотдающей поверхности теплообменного аппарата.

Диаметр отверстия $d_ш$, мм, подпорной шайбы для конденсата с $\rho = 1000$ кг/м^3 определяют по номограмме (рис. 11.15) или по формуле

$$d_ш = 0{,}12\sqrt[4]{\frac{G^2}{\Delta p}} \qquad (11.19)$$

$$\left(d_ш = 0{,}21\sqrt[4]{\frac{G^2}{\Delta p}}\right),$$

где G – расход конденсата, кг/ч; Δp – разность давлений до и после шайбы, МПа (кгс/см^2): $\Delta p = p_3 - p_4$.

Схема установки подпорной шайбы приведена на рис 11.12.

Пример 11.5. Подобрать конденсатоотводчик для системы парового отопления при следующих условиях: максимальное расчетное количество пара $G_{макс\ р} = 0{,}60$ т/ч, давление пара перед отопительными приборами $p_2 = 0{,}4$ МПа, конденсат после конденсатоотводчика поступает в конденсатопровод с противодавлением $p_4 = 0{,}16$ МПа, $t_к = 108{,}7$°С, $\rho_к = 953$ кг/м^3.

Решение. Принимаем расчетное количество конденсата $G = 1{,}2\,G_{макс\ р} = 1{,}2 \cdot 0{,}60 = 0{,}70$ т/ч.

Давление пара перед конденсатоотводчиком $p_3 = 0{,}95 p_2 = 0{,}95 \cdot 0{,}4 = 0{,}38$ МПа.

Перепад давления до и после конденсатоотводчика

$$\Delta p = p_3 - p_4 = 0{,}38 - 0{,}16 = 0{,}22 \text{ МПа}.$$

При заданных условиях может быть использован термодинамический конденсатоотводчик, для которого условная пропускная способность равна

$$K_{vy} = \frac{10\,G}{A\sqrt{\Delta p\,\rho_к}} = \frac{10 \cdot 0{,}72}{0{,}52\sqrt{0{,}22 \cdot 953}} = 0{,}956 \text{ т/ч}.$$

Принимаем к установке термодинамический конденсатоотводчик типа 40ч12нж с условным проходом 20 мм, имеющий $K_{vy} = 1$.

11.6.2. Редукционные и предохранительные клапаны

Снижение давления пара в системах парового отопления может производиться с помощью редукционных клапанов типа 18ч26бк* и регуляторов давления прямого действия «после себя» типов 21Б4бк и 21ч5бк.

Редукционный клапан подбирается по площади проходного сечения f, см^2, рассчитываемой по формуле

$$f = G/0{,}6\,g, \qquad (11.20)$$

где G – расход пара, кг/ч; g – расход пара через 1 см^2 проходного сечения редукционного клапана, кг/(ч × × см^2), определяемый по рис. 11.16.

При подборе редукционного клапана необходимо учитывать, что одним клапаном можно снизить давление не более чем в 5 раз, т.е. $p_1/p_2 \leqslant 5$. При большем перепаде следует устанавливать два клапана последовательно.

На паропроводе редукционный клапан размещают между двумя запорными вентилями. За клапаном устанавливают предохранительный клапан и манометр для контроля давления в паропроводе.

Пример 11.6. Определить площадь проходного сечения редукционного клапана при $p_1 = 0{,}45$ МПа, $p_2 = 0{,}25$ МПа и $G = 450$ кг/ч. Пар насыщенный.

Решение. По номограмме из точки A (соответствующей

* В настоящее время не выпускаются.

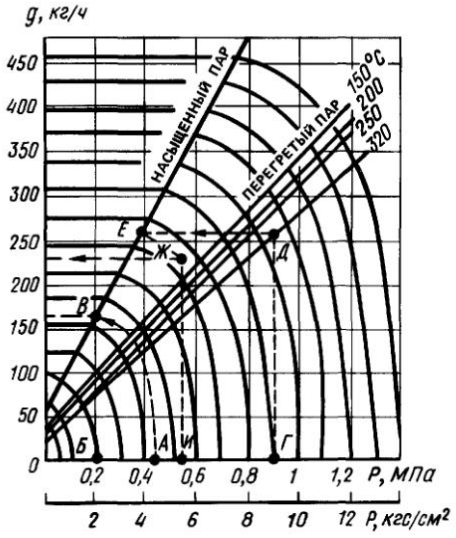


Рис. 11.16. Номограмма для подбора редукционных клапанов типа 18ч26к

$p_1 = 0{,}45$ МПа) проводим кривую до пересечения с прямой, проведенной из точки *Б* (соответствующей $p_2 = 0{,}25$ МПа). Полученную точку *В* сносим влево и находим расход пара $g = 168$ кг/(ч·см²). Сечение клапана должно быть

$$f = \frac{G}{0{,}6\,g} = \frac{450}{0{,}6 \cdot 168} = 4{,}5 \text{ см}^2,$$

Пример 11.7. Определить площадь проходного сечения редукционного клапана при $p_1 = 0{,}9$ МПа, $p_2 = 0{,}55$ МПа и $G = 2000$ кг/ч. Температура перегретого пара 320°С.

Решение. По номограмме из точки *Г* (соответствующей $p_1 = 0{,}9$ МПа) проводим кривую *ГДЕ* до пересечения с прямой, проведенной из точки *И* (соответствующей $p_2 = 0{,}55$ МПа) Полученную точку *Ж* сносим влево и находим $g = 230$ кг/(ч·см²). Сечение клапана должно быть не менее

$$f = \frac{2000}{0{,}6 \cdot 230} = 14{,}5 \text{ см}^2.$$

Регуляторы давления следует подбирать в соответствии с указаниями ГОСТ 16443–70 «Устройства исполнительные. Методы расчета пропускной способности, выбора условного прохода и пропускной характеристики».

Для предотвращения повышения давления сверх допустимого применяют, как правило, пружинные и рычажно-грузовые предохранительные клапаны. При давлении пара до 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) в качестве предохранительных устройств допускается использовать гидрозатворы.

Диаметр прохода предохранительного клапана d, см, определяют по формуле

$$d = \frac{0{,}0006\,G}{h(p + 0{,}1)} \quad \left(d = \frac{0{,}006\,G}{h(p+1)}\right), \tag{11.21}$$

где G – наибольший расход пара, кг/ч; $h = 0{,}05$ – высота подъема клапана, см; p – давление пара, МПа (кгс/см²).

Диаметр предохранительного клапана должен быть не менее 40 мм, диаметр выкидной трубы – не менее диаметра самого клапана. Не разрешается устанавливать запорную арматуру на выкидной трубе.

11.6.3. Расширительные бачки и конденсатные баки

Уровень конденсата в расширительных бачках (баках-сепараторах) не должен быть выше 5 м от отметки пола помещения. При этом объем конденсата должен занимать не более 20% общего объема бачка.

Давление пара в расширительных бачках принимают в пределах 0,05 МПа (0,5 кгс/см²). Расширительные бачки должны быть оборудованы предохранительными клапанами.

Объем расширительного бачка, м³, определяют по формуле

$$V = 0{,}0005\,vGxk, \tag{11.22}$$

где v – удельный объем пара при соответствующем давлении в баке, м³/кг; G – расход конденсата во всех подключенных конденсатопроводах, кг/ч; x – массовое паросодержание конденсата в долях единицы; $x = (i_1 - i_2)/r_2$; i_1, i_2 – теплосодержание конденсата соответственно при давлении пара перед конденсатоотводчиком и в расширительном бачке (энтальпия воды на линии насыщения), кДж/кг (ккал/кг); r_2 – скрытая теплота парообразования при давлении в расширительном бачке, кДж/кг (ккал/кг); $k = 1{,}02 - 1{,}05$ – коэффициент, учитывающий наличие пролетного пара.

Объем конденсатных баков для сбора конденсата от местных систем отопления и перекачки его на тепловой пункт принимают равным: 15-минутному расходу при автоматическом управлении насосами и 30-минутному – при ручном управлении.

Давление паровой подушки в местных конденсатных баках принимают 0,005–0,015 МПа (0,05–0,15 кгс/см²). Водяная часть в баке должна составлять не более 80% объема бака.

11.6.4. Насосы для перекачки конденсата

Для перекачки конденсата из отдельных конденсатных баков на тепловой пункт на общем конденсатопроводе устанавливают параллельно работающие насосы (по два на каждый конденсатный бак). Подачу каждого насоса принимают равной часовому расходу конденсата.

Для перекачки конденсата из конденсатного бака в паровой котел систем отопления низкого давления устанавливают один насос подачей, равной 2-часовому расходу конденсата. Давление, МПа (кгс/см^2), создаваемое насосом при перекачке конденсата в котел систем низкого давления, определяют по формуле

$$p = p_к + 0{,}01\Delta h + 0{,}1 + \Delta p \qquad (11.23)$$

$$(p = p_к + 0{,}1\Delta h + 1 + \Delta p),$$

где $p_к$ – давление в котле, МПа (кгс/см^2); Δh – разность отметок нижнего уровня воды в конденсатном баке и уровня воды в котле или высшей точке питательного трубопровода, м; Δp – потери давления в питательном трубопроводе, МПа (кгс/см^2).

Разность высот, м, между низшим уровнем конденсата в баке и осью насоса для предупреждения кавитации должна соответствовать

$$H \geqslant \frac{p_н + \Delta p + (p_t - p_н) - p_{к.б}}{\rho_к g} \qquad (11.24)$$

$$\left(H \geqslant \frac{p_н + \Delta p + (p_t - p_н) - p_{к.б}}{\gamma_к}\right),$$

где $p_н$ – давление насыщенного пара, соответствующее температуре перекачиваемого конденсата, Па (кгс/м^2) (см. прил. I); Δp – потери давления во всасывающем трубопроводе, Па (кгс/м^2); p_t – давление насыщенного пара, соответствующее температуре конденсата, увеличенной на 5°, Па (кгс/м^2); $p_{к.б}$ – давление над поверхностью в конденсатном баке, Па (кгс/м^2); $\rho_к$ – плотность конденсата, кг/м^3; $\gamma_к$ – удельный вес конденсата, кг/м^3; $g = 9{,}81$ м/с^2 – ускорение свободного падения.

Если при этом величина H получится отрицательной, следовательно, для нормальной работы насоса подпор не требуется и возможна работа насоса на всасывание. Глубину всасывания в этом случае можно принимать меньшей или равной H, но не превышающей вакуумметрическую высоту всасывания, указанную в каталоге насосов.

ГЛАВА 12. ВОЗДУШНОЕ ОТОПЛЕНИЕ

12.1. Общие сведения

Воздушное отопление рекомендуется применять в производственных, общественных и административно-бытовых помещениях при рециркуляции воздуха или совмещении с системами общеобменной приточной вентиляции и кондиционирования воздуха. В помещениях категорий *А* и *Б* следует проектировать воздушное отопление без рециркуляции.

Отопление может осуществляться децентрализованными или центральными системами воздушного отопления. В децентрализованных системах воздушного отопления нагрев внутреннего воздуха и циркуляция его в помещении обеспечиваются воздушно-отопительными агрегатами (см. прил. XI). В отапливаемом помещении следует устанавливать не менее двух агрегатов. Отопление агрегатами используется в тех случаях, когда отсутствует приточная вентиляция или расход приточного воздуха незначителен и не может обеспечить эффективного воздухораспределения в режиме воздушного отопления.

Воздушно-отопительные агрегаты предназначены для отопления помещений категорий *В*, *Г* и *Д*. При этом необходимо соблюдать требования СНиП 2.04.05–86 о возможности рециркуляции воздуха в зависимости от вида вредностей, поступающих в воздух помещений.

Основные расчетные показатели воздушно-отопительных агрегатов приведены в табл. 12.1.

Воздушное отопление агрегатами целесообразно осуществлять по одной из двух схем: путем подачи воздуха сверху наклонными струями в направлении рабочей зоны (рис. 12.1, *а*) или путем подачи воздуха выше рабочей зоны горизонтальными струями («сосредоточенная подача»), когда рабочие места находятся в зоне обратного потока воздуха (рис. 12.1, *б*). Рекомендуется применять наклонную подачу воздуха, при которой более эффективно используется номинальная теплопроизводительность агрегатов. При этом воздух следует подавать под углом 35° к горизонту, что обеспечивает максимальную дальнобойность струи и, следовательно, обусловливает установку минималь-

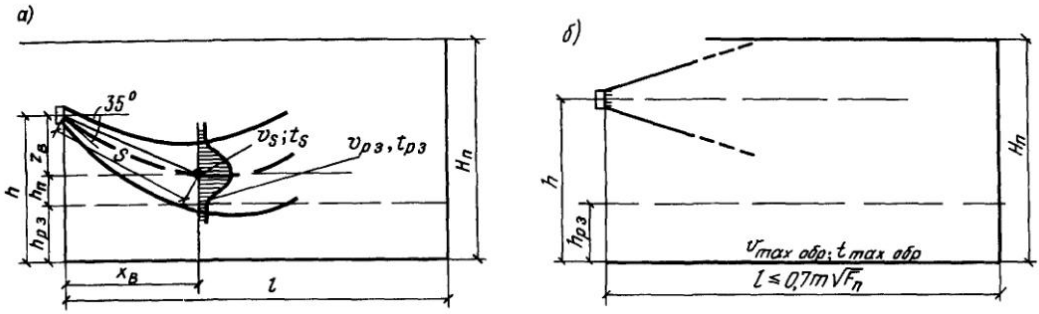


Рис. 12.1. Схемы подачи воздуха наклонными (*а*) и горизонтальными струями (*б*)

ного числа агрегатов в отапливаемом помещении

Сосредоточенная подача применяется в тех случаях, когда при наклонной подаче не удается обеспечить нормируемые параметры воздуха рабочей зоны или когда номинальная теплопроизводительность агрегатов при наклонной подаче используется меньше, чём при сосредоточенной.

Центральные системы воздушного отопле-

ТАБЛИЦА 12.1

ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Обозначение агрегатов (индекс)	Производительность по воздуху L_0 $м^3/ч$	Теплопроизводительность $Q_{ном}$ Вт(ккал/ч), при обогреве		Избыточная температура подаваемого воздуха $\Delta t_{0\,ном}$ °С	Скорость воздуха на выходе из агрегата v_0, м/с	Расчетная площадь воздухораспределительного устройства F_0, $м^2$
		паром	водой			
А02-4-01У3	4000	–	47700(41100)	35,8	4,4	0,25
А02-6,3-01У3	6300		74000(63700)	35,3	5,3	0,33
А02-10-01У3	10000		117000(100500)	34,8	5,8	0,48
А0Д2-4-01У3	4000		44600(38400)	33,3	4,4	0,25
А0Д2-6,3-01У3	6300		67600(58300)	32,1	5,2	0,34
А0Д-10-01У3	10000		107500(92700)	31,4	6,3	0,44
А0У2-4-01У3	3200	–	40700(35000)	40,2	3,5	0,25
А0У2-6,3-01У3	5100	–	63800(55000)	39,1	4,3	0,33
А0У2-10-01У3	8500		107500(92700)	37,8	5	0,55
СТД-100-01 У3 (теплоноситель пар)	8770	116300(100000)	–	39	8	0,3
СТД-100-02-У3 (теплоноситель – вода)	8490	–	112800(97000)	39	7,7	0,3
СТД-300М-01У3	28200	344000(296000)	–	34	11,7	0,67
СТД-300П	24600		349000(300000)	44	10,2	0,67
АПВС 50-30	3300	46500–58200	34900(30000)	41,3 – 50,7 / 31	4,15	0,22
АПВС 70-40	3900	58200 79700 (50000–68500)	45400(39000)	43,8 – 60 / 34,1	2,82	0,38
АПВС 110-80	6900	116300–128000 (100000 110000)	93000(80000)	49,5 – 54,4 / 39,6	3,13	0,61
АПВ 200-140	13900	163300 232600	162800(140000)	34,4 – 49,3 / 34,4	4,95	0,78
АПВ 280-190	18800	221000–325600 (190000–280000)	221000(190000)	34,5 – 50,8 / 34,5	4,03 / 5,11	1,3 / 1

Примечания: 1 Агрегаты А0Д2 и А0У2 в настоящее время не выпускаются 2 Агрегаты СТД-100-02-У3 и АПВС намечено заменить воздушно-отопительными агрегатами А02 3 Для агрегатов АПВС и АПВ приведена избыточная температура воздуха при обогреве паром (в числителе), при обогреве водой (в знаменателе) 4 Для агрегатов АПВ 280-190 в числителе приведены скорость воздуха на выходе из агрегата и расчетная площадь воздухораспределительных устройств, изготовляемых предприятием УВД Днепропетровской обл , в знаменателе – изготовляемых в Псковской обл

ния или системы общеобменной приточной вентиляции, совмещенные с воздушным отоплением, следует проектировать с резервным вентилятором и электродвигателем, автоматически включающимися при остановке основного, либо предусматривать не менее двух систем, объединенных воздуховодом или коллектором.

Системы нужно рассчитывать так, чтобы при выходе из строя основного вентилятора или одной из систем теплопроизводительность оставшихся систем обеспечивала температуру воздуха в помещении, принятую для проектирования дежурного отопления, а производительность по воздуху оставшихся в работе систем приточной вентиляции, используемых для воздушного отопления, обеспечивала бы не менее 50% требуемого расхода приточного воздуха.

В центральных системах воздушного отопления воздух по воздуховодам поступает в приточные воздухораспределительные устройства, через которые выпускается в отапливаемое помещение. Воздух в помещение рекомендуется подавать одной или несколькими прямоточными горизонтальными компактными струями. Конструкция воздухораспределителя должна обеспечивать изменение угла подачи струи в вертикальной плоскости. Для установки минимального числа воздухораспределительных устройств следует применять воздухораспределители с большими значениями скоростных коэффициентов m (табл. 12.2), располагая их выше рабочей зоны помещения так, чтобы обеспечивать движение обратного потока воздуха через рабочую зону. Места выпуска воздуха нужно назначать с таким расчетом, чтобы воздушные струи не встречали на своем пути массивных строительных конструкций или оборудования.

Выпуск воздуха при сосредоточенной подаче рекомендуется осуществлять при высоте помещения менее 8 м – настилающимися струями, при высоте помещения более 8 м – ненастилающимися струями на высоте не менее (см. рис. 12.1)

$$h = h_{р.з} + 0{,}3\sqrt{F_п},$$

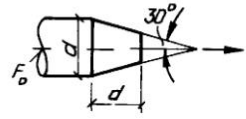
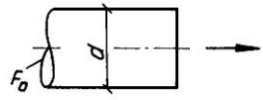
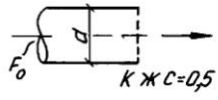
где h – расстояние от пола до места выпуска воздуха по вертикали, м; $h_{р.з}$ – высота рабочей зоны, м; $F_п$ – площадь поперечного сечения помещения, приходящаяся на одну струю, м^2.

Струя настилается на потолок при выпуске воздуха на расстоянии от пола $h > 0{,}85\,H_п$ (где $H_п$ – высота помещения, м). Ненастилающаяся струя образуется при $h = (0{,}35–0{,}65)\,H_п$.

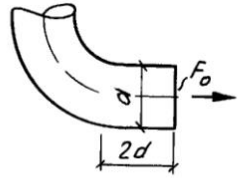
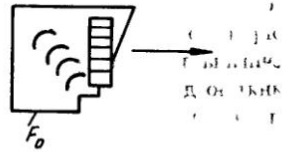
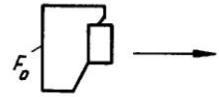
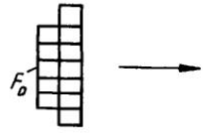
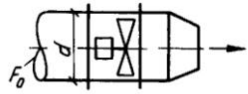
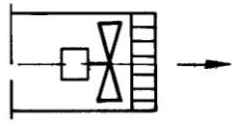
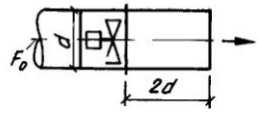
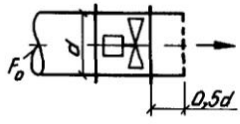
Расстояние в плане между агрегатами или воздухораспределительными устройствами при установке их в ряд принимается не более трех высот помещения. При многорядной установке

ТАБЛИЦА 12.2

СКОРОСТНЫЕ И ТЕМПЕРАТУРНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ

Тип воздухораспределителя	Схема	m	n
Цилиндрическая труба с конфузором		7,7	5,8
Цилиндрическая труба		6,8	4,8
То же, с сеткой		6	4,5

Продолжение табл. 12.2

Тип воздухораспределителя	Схема	m	n
То же с отводом		5,4	4,1
Воздухораспределитель для подачи воздуха компактной струей типа ВГК (серия 4.904-68)		6,2	5,1
Воздухораспределитель для сосредоточенной подачи воздуха прямоструйный типа ВСП (серия 5.904-18)		5,7	3,8
Решетка воздухоприточная регулируемая типа РР (серия 1.494-8)		4,5	3,2
Решетки и сетки при коэффициенте живого сечения 0,8–0,5 *		6	4,2
Конфузор за осевым вентилятором (площадь выхода 0,7 начальной)		6	4,2
Спрямляющая решетка непосредственно за осевым вентилятором		4,5	3,8
Патрубок за осевым вентилятором		3,9	2,9
Редкая сетка за осевым вентилятором в коротком патрубке		2,8	1,7

* За расчетную площадь принимается площадь сечения решетки

целесообразно применять встречную подачу воздуха.

Воздух на рециркуляцию или вытяжку рекомендуется забирать из рабочей зоны со стороны мест выпуска. Удаление воздуха или забор его на рециркуляцию из верхней зоны помещения может приводить к повышению расхода теплоты на отопление.

Как правило, системы общеобменной приточной вентиляции и кондиционирования воздуха следует совмещать с воздушным отоплением и применять их в тех случаях, когда в соответствии с обязательным приложением 10 СНиП 2.04.05–86 допускается воздушное отопление. Для помещений, работа в которых производится 8 ч и менее в сутки, совмещение указанных систем с воздушным отоплением должно быть обосновано.

Расчет совмещенных систем воздушного отопления, когда выбор схемы подачи воздуха и типоразмер воздухораспределителя обусловлены требованиями вентиляции или кондиционирования воздуха, следует проводить по данным справочника проектировщика, приведенным в главе «Организация воздухообмена и распределение воздуха в помещениях». При этом необходимо проверять расчетом соблюдение требуемых ГОСТ 12.1.005–76 и СНиП 2.04.05–86 скоростей движения воздуха и температур, когда системы работают в режиме воздушного отопления, и обеспечивать расход воздуха L_0 не менее требуемого для воздушного отопления, т. е.:

а) для вертикальной подачи воздуха вниз должно соблюдаться условие $h - h_{р.з} < 0{,}45\,H$, где H – геометрическая характеристика приточной струи [см. формулу (12.1)]. Следовательно,

$$L_0 \geqslant \frac{100\,(n\Delta t_0)^2}{v_0^3}\left(\frac{h - h_{р.з}}{m}\right)^4;$$

б) для наклонной подачи воздуха в направлении рабочей зоны $h - h_{р.з} < 0{,}67\,H\sqrt{\sin^3\alpha}$, где α – угол подачи воздуха к горизонту. Следовательно,

$$L_0 \geqslant \frac{20}{v_0^3}\left(\frac{n\Delta t_0}{\sin^3\alpha}\right)^2\left(\frac{h - h_{р.з}}{m}\right)^4,$$

но не менее требуемого для вертикальной подачи воздуха вниз;

в) для сосредоточенной горизонтальной подачи воздуха

$$L_0 \geqslant \frac{0{,}002\,(mnF_п\,\Delta t_0)^2}{v_0^3}.$$

12.2. Расчет систем воздушного отопления*

Наклонная подача нагретого воздуха под углом 35° к горизонту рассчитывается в следующем порядке:

1) определяют геометрическую характеристику приточной струи

$$H = 5{,}45\frac{mv_0\sqrt[4]{F_0}}{\sqrt{n\Delta t_0}}, \qquad (12.1)$$

где m и n – скоростной и температурный коэффициенты воздухораспределителя; v_0 – начальная скорость движения воздуха, отнесенная к расчетной площади воздухораспределительного устройства F_0; $\Delta t_0 = t_0 - t_{р.з}$ – избыточная температура подаваемого воздуха;

2) вычисляют координаты вершины приточной струи

$$X_в = 0{,}635\,H; \qquad Z_в = 0{,}307\,H; \qquad (12.2)$$

3) рассчитывают длину помещения, на которой одной приточной струей обеспечивается эффективное воздухораспределение (из условия $X_в/l = 0{,}3 \div 0{,}5$)

$$l = 1{,}58H;$$

4) определяют путь струи от места истечения до вершины

$$S = 0{,}7\,H;$$

5) рассчитывают максимальную скорость и избыточную температуру воздуха на вершине приточной струи

$$v_s = \frac{mv_0\sqrt{F_0}}{S}; \qquad (12.3)$$

$$\Delta t_s = \frac{n\Delta t_0\sqrt{F_0}}{S}; \qquad (12.4)$$

6) сопоставляют полученные значения v_s и Δt_s с нормируемыми величинами скорости и температуры воздуха рабочей зоны. Если $v_{норм} < v_s$ или $\Delta t_{норм} < \Delta t_s$, то определяют необходимое значение превышения $h_п$ вершины струи над уровнем рабочей зоны:

$$v_{норм} = v_s e^{-74{,}4\,(h_п/s)^2}; \qquad (12.5)$$

$$\Delta t_{норм} = \Delta t_s e^{-37{,}2\,(h_п/s)^2}; \qquad (12.6)$$

---

* По данным ЦНИИпромзданий и институтов охраны труда ВЦСПС.

7) принимают большее из полученных значений $h_п$ (но не более $h_п = 2$ м) и определяют высоту выпуска воздуха над уровнем пола

$$h = h_{р.з} + h_п + Z_в. \qquad (12.7)$$

Сосредоточенную подачу воздуха рассчитывают по следующим зависимостям:

1) допустимая избыточная температура подаваемого воздуха

$$\Delta t_0 = 1300 \frac{v_0^2 \sqrt{F_0}}{mn F_п}; \qquad (12.8)$$

2) максимальная скорость движения воздуха в рабочей зоне (обратном потоке)

$$v_{макс\ обр} = K v_0 \sqrt{\frac{F_0}{F_п}}, \qquad (12.9)$$

где K – коэффициент, принимаемый в зависимости от числа воздухораспределителей (агрегатов), устанавливаемых в один ряд

Число воздухораспределителей в ряду	1	2	4	6	8	10	12	14	16 и более
K	1,3	1,15	1,05	1,0	0,95	0,9	0,8	0,7	0,65

3) максимальная избыточная температура воздуха в рабочей зоне (обратном потоке)

$$\Delta t_{макс\ обр} = 1{,}4\, \Delta t_0 \sqrt{\frac{F_0}{F_п}}. \qquad (12.10)$$

Скоростные и температурные коэффициенты для всех типов агрегатов (кроме СТД-300М) рекомендуется принимать равными $m = 4{,}5$; $n = 3{,}8$, для агрегатов СТД-300М $m = 6$, $n = 4{,}5$.

Для расчета необходимы следующие исходные данные.

а) размеры отапливаемого помещения (длина $L_п$, ширина $B_п$ и высота $H_п$);

б) удельная тепловая характеристика помещения q, рассчитанная из условия возмещения расхода теплоты, согласно СНиП 2.04.05–86, с введением дополнительного коэффициента 1,1 при сосредоточенной подаче всех агрегатов, кроме СТД-300М. При расчете централизованных систем воздушного отопления и сосредоточенной подаче воздуха коэффициент принимают равным 1,1 при заборе воздуха из верхней зоны помещения,

в) температура и скорость движения воздуха в рабочей зоне $t_{р.з}$ и $v_{норм}$ в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005–76;

г) температура наружного воздуха $t_н$ согласно СНиП 2.04.05–86.

12.2.1. Подбор воздушно-отопительных агрегатов

Рекомендуемые области применения и высота установки агрегатов приведены в табл 12.3 и 12.4. Области применения агрегатов установлены исходя из условия полного использования их номинальной теплопроизводительности на основе расчетов воздухораспределения по серии АЗ-840 «Рекомендации по выбору отопительно-рециркуляционных агрегатов» – М., 1981.

ТАБЛИЦА 12.3

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АГРЕГАТОВ ПРИ НАКЛОННОЙ ПОДАЧЕ ВОЗДУХА

l м	h м	Обозначение агрегата	Максимальные параметры воздуха в рабочей зоне	
			Δt °С	v м/с
6–9	4,1	А0У2-4-01У3	5	0,2
	4,4 4,2	АПВС 50-30 (пар)	6	0,25 0,15
	3,9–3,8	АПВС 70-40 (пар)	6	0,1 0,05
	3,9	АПВС 70-40 (вода)	6	0,15
	4,3 4,2	АПВС 100-80 (пар)	6	0,05
	4,5	АПВС 110-80 (вода)	6	0,1
9 12	4,7	А02-4-01У3	6	0,4
	4,7	А0Д2-4-01У3	6	0,4
	4,8	А0У2-6,3-01У3	6	0,25
	4,6	АПВС 50-30 (вода)	6	0,5
	5,3	АПВ 280-190 (пар) *	11	2,8
12 15	5,4	А02-6,3-01У3	6	0,5
	5,5	А0Д2-6,3-01У3	6	0,6
	5,3	А0У2-10-01У3	11	1,1
	5,1	АПВ 200-140 (пар)	11	1,7
	5,7	АПВ 280-190 (вода) *	11	0,7
	5,7	АПВ 280-190 (пар) **	11	0,6
15–18	5,4	А02-10-01У3	6	0,7
	5,8	АПВ 200-140 (вода)	11	1,3
	6,1	АПВ 280-190 (вода) **	11	1,2
18 24	5,1	А0Д2-10-01У3	11	2,6
	5,2	СТД-100-01У3	11	2,7
	5,2	СТД-100-02У3	11	2,6
	7,3	СТД-300П	11	3,1
36–60	6,9	СТД-300М-01У3	11	5

Примечания: 1 Таблица составлена при $h_п = 1$ м из условия обеспечения скорости движения воздуха в рабочей зоне не более 0,7 м/с и нормируемой разности температур $\Delta t = 6$ °С При $\Delta t = 11$ °С постоянные рабочие места следует располагать вне зоны действия агрегата (на расстоянии не ближе ± 1,5 м от вершины приточной струи в плане, т е $X_в = 0{,}535H$), а скорость движения воздуха не регламентируется 2 Отмеченные * агрегаты АПВ 280-190 изготовляются предприятиями УВД Днепропетровской обл , отмеченные ** Псковской обл

ТАБЛИЦА 12.4

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АГРЕГАТОВ ПРИ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ ПОДАЧЕ ВОЗДУХА

l, м	h, м	$F_{п}$, м²	Обозначение агрегата	Максимальные параметры воздуха в рабочей зоне	
				Δt, °С	v, м/с
12–15	3,4	21	А02-4-01У3	5,5	0,6–0,3
	3,4	15	А0Д2-4-01У3	5	0,6–0,3
	3,3	20	АПВС 50-30	4,5	0,6–0,3
18–24	3,8	35	А02-6,3-01У3	4,8	0,7–0,35
	4,1	51	А02-01-01У3	4,7	0,75–0,35
	3,8	37	А0Д2-6,3-01У3	4,3	0,65–0,3
24–36	4,4	64	А0Д2-10-01У3	3,6	0,7–0,35
	4,5	68	СТД-100-01У3	3,6	0,7–0,35
	4,4	64	СТД-100-02У3	3,7	0,7–0,35
36 40	5,8	160	СТД-300М-01У3	3,1	1 0,5
	5,6	150	СТД-300П	4,1	0,9–0,45

Примечания: 1. Большее значение скорости движения воздуха соответствует максимальному значению K (см. стр. 143), меньшее – минимальному значению в зависимости от числа агрегатов, устанавливаемых в один ряд; 2. Агрегат АПВС 50-30 обеспечивает нормируемую разность температур не более 6 °С только при обогреве водой ($Q_{ном}$ = 34900 Вт).

Подбор агрегатов производят следующим образом:

1) назначают длину зоны обслуживания агрегатом l, исходя из размеров помещения, требуемых параметров воздуха в рабочей зоне, руководствуясь табл. 12.3 и 12.4;

2) принимают предварительно ширину зоны обслуживания $b = l$ при наклонной подаче или при сосредоточенной подаче $b = \frac{2}{H_{п}}\left(\frac{l}{m}\right)^2$, но не более $b = 3H_{п}$ для обеих схем подачи воздуха;

3) определяют объем ячейки помещения, обслуживаемой одним агрегатом, $V = lbH_{п}$;

4) находят требуемую теплопроизводительность агрегата Q по известным V, q, $t_{р.з}$ и $t_{н}$ по формуле

$$Q = qV(t_{р.з} - t_{н})$$

и принимают по ее величине предварительно тип агрегата;

5) сопоставляют требуемую теплопроизводительность с теплопроизводительностью агрегатов, рекомендуемых к применению для ячейки заданной длины по табл. 12.3 и 12.4, и принимают окончательно тип агрегата;

6) уточняют ширину зоны обслуживания по формуле

$$b_1 = \frac{Q_{ном}}{Q} b;$$

7) определяют необходимое количество агрегатов $N = \frac{L_{п} B_{п}}{lb_1}$ и, приняв ближайшее большее целое число агрегатов, корректируют ширину b. Допустимый диапазон изменения величины b при наклонной подаче $b = (0,5 - 2)\ l$;

8) делают окончательный расчет требуемой теплопроизводительности агрегата и температуры подаваемого агрегатом воздуха:

$$Q = \frac{qV_{п}(t_{р.з} - t_{н})}{N};$$

$$t_0 = t_{р.з} + \Delta t_{о.ном}\frac{Q}{Q_{ном}},$$

где $V_{п}$ – объем отапливаемого помещения, м³.

Лучшим считается решение, при котором число агрегатов будет наименьшим, но не менее двух. Окончательный выбор следует обосновывать сопоставлением решений по приведенным затратам.

12.2.2. Расчет централизованных систем воздушного отопления

Расчет ведется для сосредоточенной подачи воздуха при условии обеспечения скорости движения воздуха в рабочей зоне не более нормируемой $v_{норм}$ и максимально допустимой температуры подаваемого воздуха.

Последовательность расчета:

1) находят требуемую площадь поперечного сечения помещения, приходящуюся на один воздухораспределитель, по формуле

$$F_{п}^{тр} = \left[\frac{A}{lmnq(t_{р.з} - t_{н})}\left(\frac{v_{норм}}{K}\right)^3\right]^2,$$

где $A = 1{,}57 \cdot 10^6$ при q в Вт/(м³ · °С) или $A = 1{,}35 \cdot 10^6$ при q в ккал/(ч · м³ · °С); l – длина зоны, обслуживаемой одним воздухораспределителем, м, которая принимается не более $l = 0{,}7m\sqrt{F_{п}}$;

2) рассчитывают предварительно ширину зоны обслуживания одного воздухораспределителя, т. е. шаг установки воздухораспределителей

$$b = F_{п}/H_{п}$$

при соблюдении условия $b \leqslant 3H_{п}$;

3) определяют необходимое количество воздухораспределителей

$$N = \frac{L_п B_п}{lb}$$

и, приняв ближайшее большее целое число воздухораспределителей, корректируют размеры b и $F_п = b H_п$;

4) находят требуемую расчетную площадь воздухораспределителя

$$F_0^{тр} = F_п \left(\frac{v_{норм}}{v_0 K} \right)^2,$$

где v_0 принимают исходя из акустических требований к данному помещению, но не более 15 м/с. К установке следует принимать воздухораспределитель ближайшего большего типоразмера;

5) по принятым величинам F_0 и v_0 рассчитывают расход воздуха на один воздухораспределитель

$$L_0 = 3600 F_0 v_0;$$

6) находят температуру подаваемого воздуха

$$t_0 = t_{р.з} + \frac{AqV_п (t_{р.з} - t_н)}{BL_0 N},$$

где $A = 3{,}6$ $[A = 1]$; $B = 1{,}2$ кДж/(м$^3 \cdot$°C) $[B = 0{,}29$ ккал/(м$^3 \cdot$°C)] – переводные коэффициенты.

12.3. Примеры расчета систем воздушного отопления

Пример 12.1. В цехе размером 84 × 36 × 12 м ($V_п = 36288$ м^3) требуется осуществить отопление агрегатами. Категория работ – тяжелая, т. е. нормируемая скорость движения воздуха в рабочей зоне должна быть не более $v_{норм} = 0{,}7$ м/с, а температура $t_{р.з} = 13$°C. Температура наружного воздуха $t_н = -33$°C. Удельная тепловая характеристика помещения $q = 0{,}79$ Вт/(м$^3 \cdot$°C).

Решение. Назначают длину зоны обслуживания помещения одним агрегатом $l = 12$ м.

Принимают предварительно наклонную подачу воздуха и назначают ширину зоны обслуживания $b = l = 12$ м.

Определяют объем обслуживаемой ячейки $V = 12 \cdot 12 \cdot 12 = 1728$ м^3.

Находят требуемую теплопроизводительность агрегата

$$Q = 0{,}79 \cdot 1728 (13 + 33) = 62800 \text{ Вт}.$$

По табл. 12.3 при $l = 12$ м выбирают агрегаты А02-6,3-01У3, номинальная теплопроизводительность которых 74000 Вт (см. табл. 12.1).

Уточняют ширину зоны обслуживания

$$b_1 = \frac{74000}{62800} 12 = 14{,}1 \text{ м}.$$

Определяют необходимое число агрегатов

$$N = \frac{84 \cdot 36}{12 \cdot 14{,}1} = 17{,}9 \simeq 18 \text{ шт}.$$

Принимают 18 агрегатов типа А02-6,3-01У3, высота установки которых по табл. 12.3 равна $h = 5{,}4$ мм. Ширина зоны обслуживания $b = 84/6 = 14$ м (рис. 12.2). Требуемая теплопроизводительность агрегата

$$Q = \frac{0{,}79 \cdot 36288 (13 + 33)}{18} = 73300 \text{ Вт}.$$

Температура подаваемого воздуха

$$t_0 = 13 + 35{,}3 \frac{73300}{74000} = 48°\text{C}.$$

Рассмотрим решение при сосредоточенной подаче воздуха. Назначим максимальную возможную длину зоны обслуживания $l = 36$ м. Исходя из условия обеспечения максимального значения $F_п$, по табл. 12.3 принимаем агрегат типа СТД-300П. Так как в этом случае получается однорядная установка агрегатов, то их число определяем по формуле

$$N = \frac{L_п H_п}{F_п} = \frac{84 \cdot 12}{150} = 6{,}7 \simeq 7 \text{ шт}.$$

Ширина зоны обслуживания составит $b = L_п / N = 84/7 = 12$ м (рис. 12.3, *а*).

Объем ячейки, обслуживаемой одним агрегатом, $V = 36 \cdot 12 \cdot 12 = 5184$ м^3.

Высота установки агрегатов должна быть не менее $h = 2 + 0{,}3\sqrt{12 \cdot 12} = 5{,}6$ м.

Требуемая теплопроизводительность агрегата при $q = 0{,}79 \cdot 1{,}1 = 0{,}87$ Вт/(м$^3 \cdot$°C) равна

$$Q = 0{,}87 \cdot 5184 (13 + 33) = 207460 \text{ Вт}.$$

Следовательно, коэффициент использования номинальной производительности каждого агрегата составляет

$$\eta = Q/Q_{ном} = 207460/349000 = 0{,}59.$$

Сопоставляя результаты, можно сделать вывод, что наклонная подача более эффективна для отопления данного цеха. При наклонной подаче меньше расход теплоты, но требуется

установка большего числа агрегатов меньшей номинальной теплопроизводительности при большем коэффициенте использования их номинальной теплопроизводительности

$$\eta = Q/Q_{\text{ном}} = 73300/74000 = 0{,}99.$$

Пример 12.2. Рассчитать для условий примера 12.1 центральную систему воздушного отопления. Воздух на рециркуляцию забирается из рабочей зоны. Начальная скорость движения воздуха не более 12 м/с.

Решение. Принимаем, что воздухораспределители типа ВГК устанавливают вдоль продольной стены цеха ($l = 36$ м).

Требуемая площадь поперечного сечения помещения, приходящаяся на один воздухораспределитель (рис. 12.3, *б*),

$$F_{\text{п}}^{\text{тр}} = \left[\frac{1{,}57\cdot 10^6}{36\cdot 6{,}2\cdot 5{,}1\cdot 0{,}79\,(13+33)}\left(\frac{0{,}7}{1}\right)^3\right]^2 = 168{,}6\ \text{м}^2,$$

где $m = 6{,}2$; $n = 5{,}1$ (см. табл. 12.2); $K = 1$ (см. стр. 143) при предварительно принятых шести воздухораспределителях в ряду.

Рассчитаем шаг установки воздухораспределителей

$$b = 168{,}6/12 = 14{,}05\ \text{м}.$$

Определим необходимое количество воздухораспределителей

$$N = \frac{84\cdot 36}{36\cdot 14{,}05} = 6\ \text{шт}.$$

Корректируем шаг установки $b = 84/6 = 14$ м

и площадь поперечного сечения помещения, приходящуюся на один воздухораспределитель $F_{\text{п}} = 12\cdot 14 = 168\ \text{м}^2$.

Находим требуемую расчетную площадь воздухораспределителя

$$F_0^{\text{тр}} = 168\left(\frac{0{,}7}{12\cdot 1}\right)^2 = 0{,}57\ \text{м}^2.$$

Принимаем к установке воздухораспределители ВГК-2 ($F_0 = 0{,}64$ м^2) по типовым чертежам серии 4.904-68 (рис. 12.3, *б*). При этом высота установки воздухораспределителей должна быть не менее $h = 2 + 0{,}3\sqrt{168} = 5{,}9$ м, а скорость выпуска воздуха составит

$$v_0 = \frac{0{,}7}{1}\sqrt{\frac{168}{0{,}64}} = 11{,}3\ \text{м/с}.$$

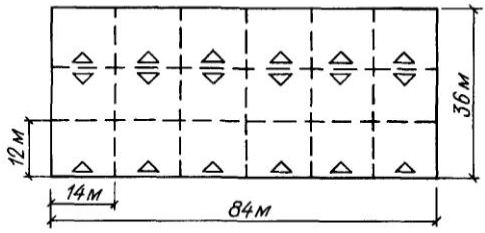


Рис. 12.2. План производственного цеха. Схема наклонной подачи воздуха агрегатами А02-6,3 01У3

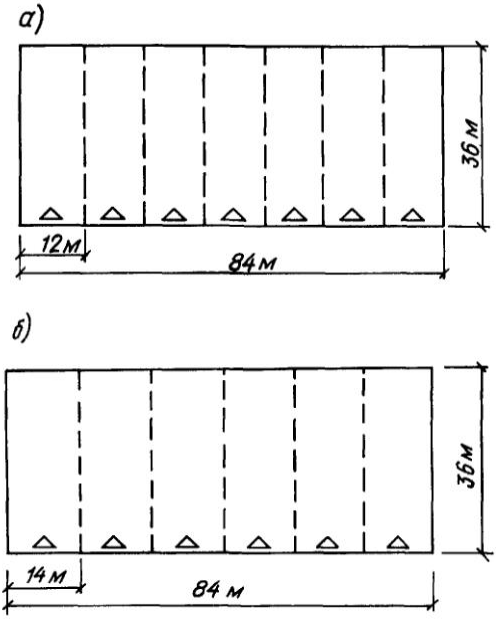


Рис. 12.3. Схемы сосредоточенной подачи воздуха агрегатами СТД-300П (*а*) и воздухораспределителями ВГК-2 (*б*)

Расход воздуха, подаваемого одним воздухораспределителем,

$$L_0 = 3600\cdot 0{,}64\cdot 11{,}3 = 26130\ \text{м}^3/\text{ч}.$$

Температура подаваемого воздуха будет равна

$$t_0 = 13 + \frac{3{,}6\cdot 0{,}79\cdot 36288\,(13+33)}{1{,}2\cdot 26130\cdot 6} = 38{,}2^{\circ}\text{C}.$$

ГЛАВА 13. ПАНЕЛЬНО-ЛУЧИСТОЕ ОТОПЛЕНИЕ

13.1. Общие сведения

При панельно-лучистом отоплении средняя температура поверхностей в обслуживаемом помещении (включая температуру поверхности нагревательных приборов) выше, чем температура воздуха.

Панельно-лучистое отопление осуществляется с помощью встроенных, пристроенных или подвесных излучающих панелей. Встроенные и пристроенные излучающие панели представляют собой бетонные плиты, в массиве которых заделаны нагревательные элементы, как правило, металлические трубы. Можно также использовать полиэтиленовые трубы (из полиэтилена повышенной термопрочности), трубы из других материалов, каналы в панелях перекрытий и т. п. Бетонные отопительные панели часто совмещают с бетонными ограждающими конструкциями зданий из трехслойных плит.

Совмещение нагревательных элементов с ограждающими конструкциями повышает индустриальную готовность систем панельно-лучистого отопления с бетонными панелями, снижает металлоемкость, стоимость и трудовые затраты на их монтаж, обеспечивает повышенные санитарно-гигиенические показатели систем. Выбор способа обогрева помещений и схемы отопления с бетонными панелями зависит от конструктивно-планировочных решений зданий и технологии изготовления их элементов.

К недостаткам систем панельного отопления с нагревательными элементами в конструкциях относятся большая теплоемкость, затрудняющая индивидуальное регулирование теплоотдачи панелей, а также сложность ремонта и замены отдельных элементов системы.

В качестве теплоносителя при панельном отоплении, как правило, используется нагретая вода; можно использовать нагретый воздух в случае применения в качестве теплоотдающих плит перекрытий с пустотами. Водяные системы панельного отопления следует присоединять к источникам теплоснабжения с умягченной и деаэрированной водой, что необходимо для уменьшения внутренней коррозии труб и обеспечения длительного срока эксплуатации. Системы отопления с бетонными панелями, как правило, применяют в жилых и общественных зданиях, в промышленных зданиях – только в случае повышенных требований к чистоте воздуха в помещениях.

Подвесные излучающие панели состоят из греющих труб, экрана и тепловой изоляции. Экран крепится к трубам прижимным или сварным способом. Системы лучистого отопления с подвесными панелями обеспечивают равномерное распределение температуры воздуха в помещении, небольшую его подвижность, сокращающую перенос пыли и других вредностей. Система бесшумна в работе, не занимает полезной площади в рабочей или обслуживаемой зоне помещений, имеет срок службы более 15 лет.

Расход теплоты в системах лучистого отопления с подвесными излучающими панелями в среднем меньше, чем в других системах за счет равномерного распределения и снижения температуры воздуха в помещении на 2–3°С без ухудшения теплового состояния человека. Экономия теплоты до 20%.

К недостаткам систем следует отнести повышенную по сравнению с воздушным отоплением металлоемкость (до 2,5 раза), возможность ухудшения естественного освещения помещений с верхним светом вследствие затенения световых проемов панелями, невозможность обеспечения одинаковых санитарно-гигиенических условий на рабочих местах, расположенных на разных уровнях либо затененных конструкциями или оборудованием.

В качестве теплоносителя при отоплении подвесными излучающими панелями, как правило, используется вода с температурой до 150°С; можно использовать также пар, нагретый воздух или продукты сгорания.

Системы отопления с подвесными излучающими панелями, как правило, целесообразно применять в производственных помещениях высотой до 30 м и в помещениях общественных зданий (спортивные залы, выставочные павильоны) как вновь строящихся, так и реконструируемых.

13.2. Конструкции отопительных панелей и схемы систем

В зависимости от конструктивных особенностей и способа установки различают бетон-

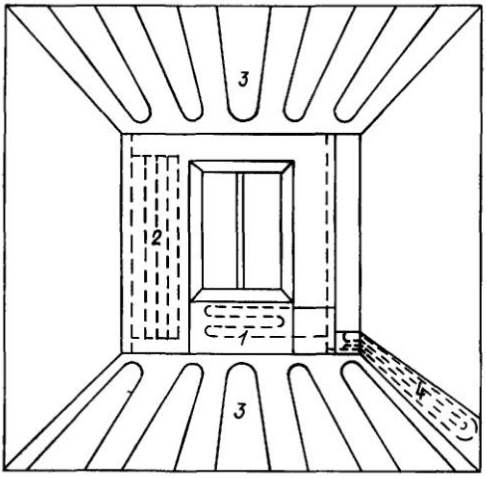


Рис. 13.1. Типы бетонных отопительных панелей
1 – подоконная, *2* – стеновая, *3* – потолочно-напольная, *4* – плинтусная

ные панели следующих типов (рис. 13.1): стеновые (подоконные и плинтусные), потолочные, напольные. В многоэтажных зданиях панели, размещаемые в междуэтажных перекрытиях, являются потолочно-напольными

Нагревательные элементы в бетонных отопительных панелях могут быть выполнены в виде змеевика или регистра (рис. 13.2). Змеевики обладают высоким гидравлическим сопротивлением и применяются в том случае, если имеется достаточное располагаемое давление. Для уменьшения сопротивления применяют змеевики с параллельными участками. В этом случае гидравлическая характеристика параллельных участков не должна отличаться более чем на 40% при движении воды сверху вниз и на 15% при движении воды снизу вверх и в горизонтальных системах. При горизонтальной укладке змеевика скорость теплоносителя должна быть не менее 0,25 м/с, чтобы исключить возможность образования воздушных пробок

Наибольшее распространение в жилищном строительстве получили стеновые совмещенные (рис. 13.3) и приставные подоконные панели (рис. 13.4). Плинтусные приставные панели (рис. 13.5) применяются в основном для отопления детских учреждений. Напольные панели используются для обогрева лестничных площадок, полов вестибюлей, реже в жилых помещениях Трубы, заделываемые в бетон, не должны иметь признаков коррозии. Нагревательные

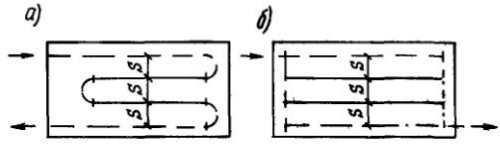


Рис. 13.2. Нагревательные элементы в отопительных панелях
а змеевиковый, *б* – регистровый

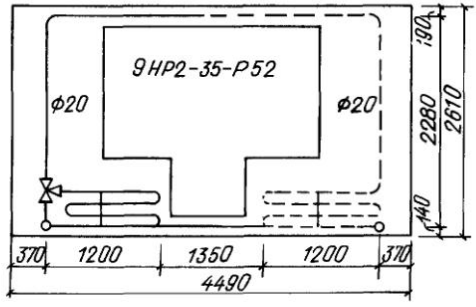


Рис. 13.3. Стеновая совмещенная панель конструкции Челябинскгражданпроекта

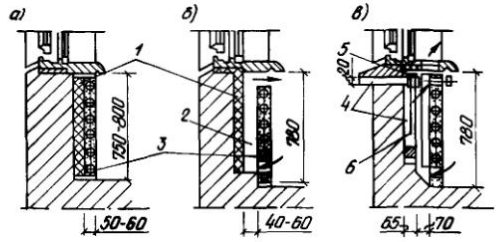


Рис. 13.4. Подоконные приставные бетонные панели
а – с односторонней теплоотдачей, *б* с двусторонней теплоотдачей, *в* – с двусторонней теплоотдачей и каналом для подачи подогретого наружного воздуха, *1* – тепловая изоляция, *2* – конвективный канал, *3* – отопительная панель, *4* – приточный канал, *5* – запорный клапан, *6* – металлический экран

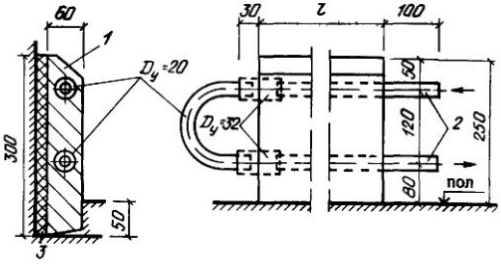


Рис. 13.5. Плинтусная приставная бетонная панель
1 – бетон, *2* концы стальных труб для присоединения к стояку, *3* тепловая изоляция

элементы необходимо испытывать на гидравлическую плотность давлением 1,5 МПа (15 кгс/см^2) в течение 10 мин. при этом максимальное гидростатическое давление в системе панельного отопления не должно превышать 1 МПа (10 кгс/см^2).

Системы отопления со стеновыми и подоконными панелями могут быть одно- и двухтрубными. Применение стеновых панелей в однотрубной системе с П-образными стояками позволяет унифицировать нагревательные элементы по этажам.

Потолочно-напольные системы рекомендуется устраивать двухтрубными с нижней разводкой и опрокинутой циркуляцией, что обеспечивает свободное удаление воздуха. У каждого нагревательного элемента (змеевика или регистра), как правило, следует устанавливать регулировочные краны для обеспечения монтажной регулировки и возможности отключения не менее 30% поверхности нагрева. Плинтусные панели чаще всего соединяют в горизонтальные цепочки, которые подсоединяют к двухтрубным стоякам.

Средняя температура $\tau_{ср}$, °С, на поверхности бетонных отопительных панелей не должна превышать:

для полов	
детских яслей-садов	24
жилых зданий	24
производственных помещений	26
помещений с временным пребыванием людей	30
для потолков при высоте помещения, м:	
2,5–2,8	28
2,9–3,0	30
3,1–3,4	33
3,5–6	36
для стен на высоте от поверхности пола:	
до 1 м	95
более 1 до 3,5 м	45

Температура на обогреваемой поверхности стен, расположенной выше 3,5 м от уровня пола, не нормируется.

Перепад температуры теплоносителя в однотрубных водяных системах со стеновыми или подоконными панелями составляет 105–70°, в двухтрубных 95–70°С. В потолочно-напольных системах, как правило, при меньших значениях начальной температуры и перепада температур эти параметры определяются из условия обеспечения допустимой температуры поверхности панелей и скорости движения воды в горизонтальных участках.

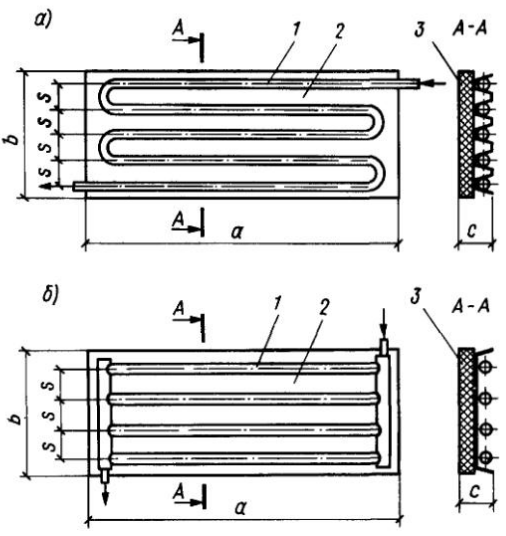


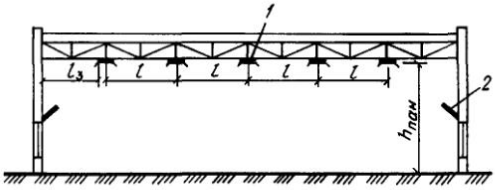
Рис. 13.6. Подвесные излучающие панели с гофрированным (*а*) и плоским экраном (*б*)

1 – труба; *2* – экран; *3* – тепловая изоляция

Подвесные излучающие панели состоят из труб в виде змеевиков или регистров, экрана (как правило, металлического) и тепловой изоляции (рис. 13.6). В водяных системах отопления с подвесными панелями диаметр греющих труб обычно принимается $d_y = 15 \div 20$ мм, шаг труб $s = 50 \div 200$ мм. Экран выполняется из стального листа толщиной 0,2–1,0 мм или алюминия толщиной 0,1–0,5 мм.

Греющие трубы и экран панели следует окрашивать в темный цвет (степень черноты поверхности труб и экрана $\varepsilon \geqslant 0{,}8$), например, грунтом ГФ-020. Целесообразно применять гофрированные экраны с высотой гофров $h = 20 \div 70$ мм. В качестве теплоизоляции используются прошивные маты из минеральной ваты толщиной 0,05–0,1 м, перлитопластбетон толщиной 0,03–0,07 м и другие материалы.

Подвесные излучающие панели разработаны ЦНИИпромзданий, Гипронииавиапромом и ГПИ Сантехпроект. По расположению входного и выходного патрубков панели делятся на правые и левые. Подвесные панели устанавливают под перекрытием (горизонтальные панели), на стенах и колоннах (наклонные панели). Панели соединяют в ленты на сварке, чередуя правые и левые. Крепятся панели к фермам, покрытию, стенам, колоннам с помощью специально предусмотренных в конструкции эле-



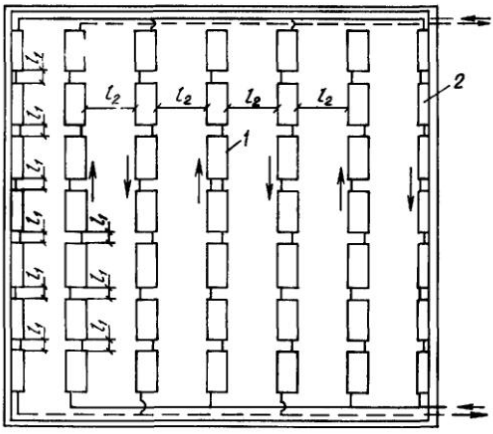


Рис. 13.7. Размещение подвесных излучающих потолочных (*1*) и настенных (*2*) панелей в помещении

ментов. Способ крепления выбирается в зависимости от конкретных условий.

Компенсацию теплового удлинения трубопроводов в системах со змеевиковыми панелями обеспечивает соединение греющих труб; в системах с панелями в виде регистров – устройства, рассмотренные в гл. 10.

Выбор возможных вариантов размещения подвесных панелей в помещении обусловлен требованиями по равномерности облучения рабочей зоны и равномерного распределения температуры воздуха по высоте, позволяющей уменьшить теплопотери через стены и покрытие помещения.

Панели, устанавливаемые на наружных стенах (колоннах), размещают равномерно по периметру рабочей зоны в один ряд на высоте 3–4 м от пола под углом 45° на расстоянии до 2 м между краями.

Горизонтальные панели размещают равномерно выше мостовых кранов. Расстояние между панелями в ленте и между лентами устанавливается из условия соблюдения соотношения $l_{1,2}/h_{пан} < 1{,}0$ (рис. 13.7). Расстояние между крайними горизонтальными панелями и стеной помещения определяют по рис. 13.8.

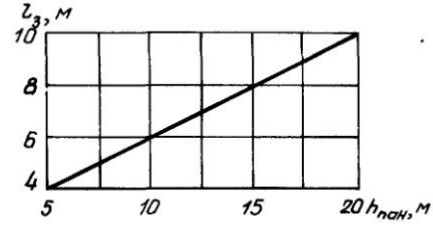


Рис. 13.8. Зависимость расстояния от крайних подвесных излучающих панелей до стен l_3 от высоты их подвески $h_{пан}$

Системы отопления с подвесными излучающими панелями обычно устраивают горизонтальными однотрубными со встречным движением теплоносителя в соседних ветвях (см. рис. 13.7). В качестве теплоносителя используется высокотемпературная вода (150–70°С). Максимально допустимая температура поверхности панелей определяется расчетом.

13.3. Тепловой расчет панельно-лучистого отопления

После определения теплопотерь каждого помещения Q, Вт (ккал/ч) (расчет теплопотерь помещений с подвесными излучающими панелями проводят без учета повышения температуры внутреннего воздуха по высоте), намечают схемы размещения теплоотдающих поверхностей и нагревательных элементов. Теплоотдачу отопительных панелей, теплотехнические характеристики которых известны, определяют по расчетной разности температур $\Delta t = t_{ср} - t_{в}$.

Теплоотдача бетонных панелей, совмещенных с ограждающими конструкциями, определяется расчетом.

13.3.1. Расчет вертикальных отопительных панелей с односторонней теплоотдачей

Вертикальные бетонные отопительные панели с односторонней теплоотдачей в помещение в большинстве случаев представляют собой панели наружных стен, во внутренний слой тяжелого бетона которых замоноличены нагревательные элементы: участки стояков, змеевики или регистры, размещаемые в подоконной части наружных стен (рис. 13.9).

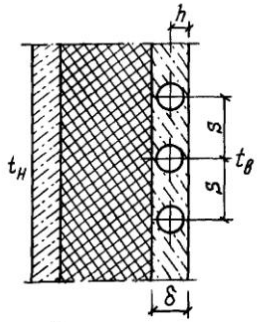


Рис. 13.9. Размещение нагревательных элементов в наружной стеновой панели

Теплоотдача в помещение (лицевая теплоотдача) 1 м трубы в бетоне $q_{лиц i}$, Вт/м [(ккал/(ч·м)], определяется по формуле

$$q_{лиц i} = q_{\delta i} K_G K_\lambda K_\delta, \qquad (13.1)$$

где $q_{\delta i}$ – теплоотдача 1 м трубы нагревательного элемента, определяемая по табл. 13.1 или по формуле

$$q_{\delta i} = 1{,}16\,[0{,}96\,(t_{ср} - t_в) - 4{,}8] \times \times \left(1{,}13 - 0{,}13\frac{h}{d_н}\right) e^{a\,(S-0{,}1)/S^{0{,}954}}; \qquad (13.2)$$

K_G, K_λ и K_δ – поправочные коэффициенты, учитывающие расход теплоносителя через трубы нагревательного элемента G, кг/с (кг/ч), коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·°С) [ккал/(ч·м·°С)] и толщину слоя бетона δ, м, в который замоноличены трубы; $t_{ср}$ – средняя температура теплоносителя, °С; $t_в$ – температура воздуха в помещении, °С; h – расстояние от оси замоноличенной трубы до внутренней поверхности стены, м; $d_н$ – наружный диаметр замоноличенной трубы, м; a – коэффициент, принимаемый в зависимости от диаметра труб нагревательного элемента: при $d_у = 10$, 15 и 20 мм коэффициент a соответственно равен 0,78; 0,9 и 0,95; S – расчетная ширина поверхности теплоотдачи (шага) участка трубы нагревательного элемента, м, зависящая от расстояния C от оси рассчитываемого участка трубы нагревательного элемента до границы поверхности теплоотдачи.

Для определения границ поверхности теплоотдачи различают следующие случаи расположения нагревательных элементов.

1. Рассматриваемая труба находится между двумя другими трубами (рис. 13.10, *а*). В этом случае значение C принимается равным половине среднего (с учетом уклонов) расстояния между осями двух смежных труб.

2. С одной или обеих сторон рассматриваемой трубы отсутствуют другие трубы (рис. 13.10, *б*). Значение C равно расстоянию от оси трубы до соответствующего торца наружной стеновой панели с учетом четвертей и ширины оконных (балконных) откосов от поверхности стены до оконных (балконных) коробок. Оконные откосы, изолированные деревянными подоконными досками, при определении C не учитываются.

3. Рассматриваемая труба находится в замыкающих участках П-образных контуров (рис. 13.10, *в*). Значение C внутри контура принимается равным 0,1 м.

Калачи змеевиков, отводы или отогнутые под прямым углом трубы нагревательных элементов (при условии, что длина этих труб не превышает 0,4 м) рассчитывают совместно с ближайшими участками нагревательного элемента (с одинаковым значением C, определенным для участка большей длины).

Максимальное значение C принимается равным 0,2 м, расстояние свыше 0,2 м не учитывается. При $C_1 = C_2$; $S = C_1 + C_2$; если C_1 и $C_2 \geqslant 0{,}2$ м (даже при $C_1 \neq C_2$) значение S принимается равным 0,4 м.

ТАБЛИЦА 13.1

ТЕПЛООТДАЧА ТРУБ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

$t_{ср} - t_в$, °С	h/d	Теплоотдача, Вт/м, 1 м труб диаметром, мм							
		15				20			
		при ширине поверхности S, мм							
		100	200	300	400	100	200	300	400
64,5	1	66,4	100,9	116,9	126,9	66,4	102,9	119,1	129,3
	1,5	62,1	94,4	109,3	118,6	62,1	97,7	113	122,7
	2	57,8	87,8	101,6	110,4	57,8	91,1	105,4	114,4
69,5	1	81,3	123,5	143	155,3	81,3	125,9	145,7	158,3
	1,5	76,1	115,6	133,9	145,3	76,1	119,6	138,4	150,1
	2	70,7	107,5	124,4	135,1	70,7	11,4	129	140

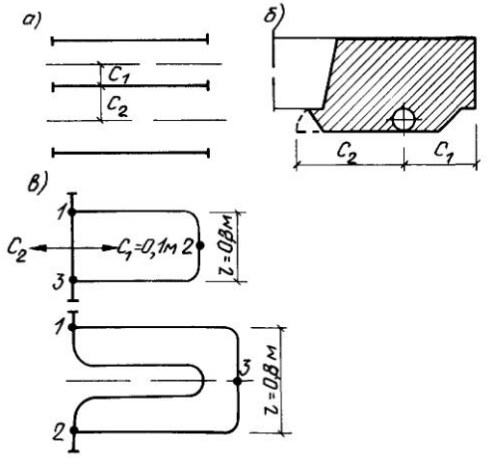


Рис. 13.10. Расчетные схемы нагревательного элемента для определения границ поверхности теплоотдачи

1-2, 2-3; 1-3 – расчетные участки

ТАБЛИЦА 13.2

ЗНАЧЕНИЯ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА K_δ НА ТОЛЩИНУ СЛОЯ БЕТОНА

S, мм	$h/d_н$	Значения K_δ при трубах $d_у$, мм						
		15				20		
		при толщине слоя бетона δ, мм						
		90–70	60	50	40	90–70	60	50
100	1	1	0,99	0,98	0,97	1	0,99	0,98
	1,5	1	0,99	0,98	–	1	–	–
	2	1	–	–	–	1	–	–
200	1	1	0,98	0,97	0,96	1	0,97	0,95
	1,5	1	0,91	0,90	–	1	–	–
	2	1		–	–	1	–	–
300	1	0,99	0,97	0,95	0,95	0,98	0,96	0,94
	1,5	0,99	0,91	0,89	–	0,98	–	–
	2	0,98		–	–	0,97	–	–
400	1	0,97	0,95	0,92	0,91	0,97	0,94	0,91
	1,5	0,97	0,87	0,86	–	0,96	–	–
	2	0,96	–	–	–	0,96	–	–

Если труба расположена несимметрично относительно границ поверхности теплоотдачи (причем $C_1 \neq C_2$, а C_1 или $C_2 < 0{,}2$ м), значение $q_{лищі}$, Вт/м [ккал/(ч·м)], определяется по формуле

$$q_{лищі} = (q_{s_1} + q_{s_2})/2, \qquad (13.3)$$

где q_{s_1} и q_{s_2} – теплоотдача, Вт/м [ккал/(ч·м)], условных симметрично расположенных нагревательных элементов при $S_1 = 2C_1$ и $S_2 = 2C_2$.

Значения поправочных коэффициентов K_G, K_δ и K_λ определяют по рис. 13.11, 13.12 и по табл. 13.2.

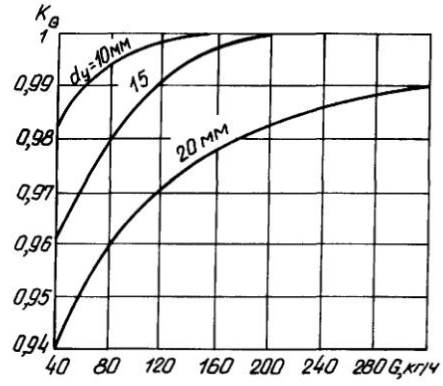


Рис. 13.11. Зависимость поправочного коэффициента K_G от расхода воды G при различных диаметрах труб нагревательных элементов

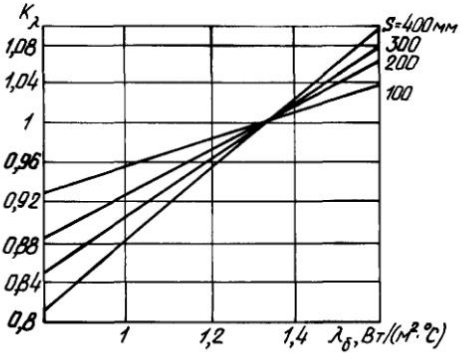


Рис. 13.12. Зависимость поправочного коэффициента K_λ от теплопроводности бетона $\lambda_б$ при различных расстояниях между трубами S

Общая полезная теплоотдача $q_{пол}$, Вт/м [ккал/(ч·м)], замоноличенного в наружную стену нагревательного элемента, определяется по формуле

$$q_{полі} = q_{лищі} + q_{тпі}, \qquad (13.4)$$

где $q_{тпі}$ – расчетные теплопотери части наружной стены, прогреваемой 1 м нагревательного элемента, Вт/м [ккал/(ч·м)],

$$q_{тпі} = K_{ст} S (t_в - t_н); \qquad (13.5)$$

$K_{ст}$ – коэффициент теплопередачи участка наружной стены, в который замоноличены трубы, Вт/(м²·°С) [ккал/(ч·м²·°С)]; $t_н$ – расчетная температура наружного воздуха, °С.

Суммарный расход теплоты $q_{общ}$, Вт/м [ккал/(ч·м)], с учетом бесполезных потерь теплоты в сторону наружного воздуха составляет

$$q_{общі} = (1 - \bar{q}) q_{пол}, \qquad (13.6)$$

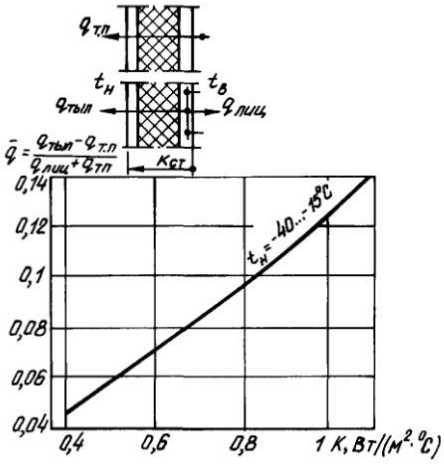


Рис. 13.13. Зависимость относительных дополнительных потерь тепла $\bar{q}$ от коэффициента теплопередачи наружной стены $K_{ст}$

где $\bar{q}$ – относительная величина дополнительных потерь теплоты

$$\bar{q} = \frac{q_{тыл\,i} - q_{тп\,i}}{q_{пол\,i}}; \qquad (13.7)$$

$q_{тыл\,i}$ – теплоотдача 1 м нагревательного элемента в сторону наружного воздуха, Вт/м [ккал/(ч·м)].

Значение $\bar{q}$ при применении трехслойных наружных панелей определяют по рис. 13.13; оно, как правило, не должно превышать 0,1.

Общая полезная теплоотдача всех нагревательных элементов, замоноличенных в наружную стену, $Q_{пол}$, Вт/[ккал/(ч·м)], составляет

$$Q_{пол} = \sum_{1}^{n} q_{пол\,i} l_{эл\,i}, \qquad (13.8)$$

где $l_{эл\,i}$ – общая длина i-го нагревательного элемента, м.

13.3.2. Расчет горизонтальных отопительных панелей с двусторонней теплоотдачей

Горизонтальные бетонные отопительные панели с двусторонней теплоотдачей в большинстве случаев представляют собой панели перекрытий с замоноличенными в массив или уложенными в слой бетона над или под панелью нагревательными элементами – трубными змеевиками или регистрами.

Расчетная схема горизонтальной панели показана на рис. 13.14. Шаг труб (расчетную поверхность теплоотдачи) S, м, в зависимости

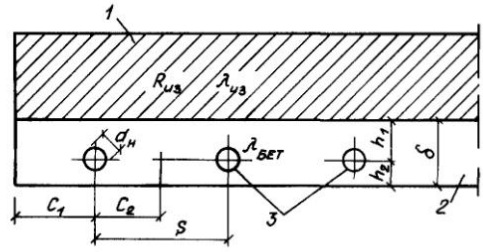


Рис. 13.14. Расчетная схема размещения нагревательных элементов в конструкции перекрытия (сплошная плита)

1 – конструкция пола; *2* – тяжелый бетон; *3* – нагревательные элементы

от расстояния C от оси рассчитываемого участка трубы определяют так же, как и при расчете вертикальных отопительных панелей. Для плит перекрытий максимальное значение $C = 0{,}4$ м, для плит покрытий $C = 0{,}3$ м. При определении длины труб П-образных контуров нагревательных элементов из длины каждого участка такого контура вычитается 0,125 $(C_1 + C_2)$ предыдущего по ходу теплоносителя участка.

Теплоотдача 1 м трубы с поверхности потолков $q^{пт}$, Вт/м [ккал/(ч·м)], составляет

$$q^{пт} = q^{пт}_{баз} K^{пт}_{\delta} K^{пт}_{\lambda} K^{пт}_{смещ} K_R K_d K_G K_r, \qquad (13.9)$$

где $q^{пт}_{баз}$ – теплоотдача 1 м трубы с поверхности потолка базисной конструкции, Вт/м [ккал/(ч·м)] (рис. 13.15).

Значения поправочных коэффициентов $K^{пт}_{\delta}$ определяют по табл. 13.3, коэффициентов $K^{пт}_{\lambda}$, $K^{пт}_{смещ}$, K_R, K_d, K_G, K_r (только для плит покрытий) – по табл. 13.4.

Теплоотдача 1 м трубы с поверхности пола $q^{пл}$, Вт/м [ккал/(ч·м)], составляет

$$q^{пл} = \frac{K^{пл}_{\delta} K^{пл}_{\lambda} K^{пл}_{смещ}}{K^{пт}_{\delta} K^{пт}_{\lambda} K^{пт}_{смещ}} (q_{общ} - q_{пт}), \qquad (13.10)$$

где $q_{общ}$ – суммарная теплоотдача 1 м трубы с поверхности потолка и пола, Вт/м [ккал/(ч·м)]

$$q_{общ} = \frac{q^{пт}}{0{,}813 R^{0{,}195}_{из}}; \qquad (13.11)$$

$K^{пл}_{\delta}$; $K^{пл}_{\lambda}$; $K^{пл}_{смещ}$ – поправочные коэффициенты, определяемые по табл. 13.4 и 13.5.

Если вместо плит перекрытий используются пустотелые настилы толщиной 0,22 м, то нагревательные элементы замоноличивают в специальный слой тяжелого бетона, размещаемого поверх настила (рис. 13.16, *а*) или под ним (рис. 13.16, *б*). Теплоотдача плит перекрытий в этих случаях вычисляется по формулам

ТАБЛИЦА 13.3

ЗНАЧЕНИЯ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА $K_\delta^{пт}$

S м	Значения $K_\delta^{пт}$ при толщине слоя бетона δ, мм					
	50		100	160		
	при d_y, мм					
	15	20	15, 20 и 25	15	20	25
0,2	0,98	0,98	1	0,93	0,93	0,93
0,4	0,92	0,96	1	1	1	0,99
0,5	0,89	0,92	1	1,02	1	0,99
0,6	0,88	0,9	1	1,03	1	0,99
0,7	0,87	0,89	1	1,04	1	1
0,8	0,86	0,89	1	1,04	1,02	1,01

ТАБЛИЦА 13.4

ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПРАВОЧНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Формулы для определения поправочного коэффициента	Пределы применения формул
$K_2^{пт} = 0{,}48\ \lambda_{бет} + 0{,}51$	$0{,}7 \leqslant \lambda_{бет} \leqslant 1{,}9$
$K_2^{пл} = 0{,}21\ \lambda_{бет} + 0{,}78$	$0{,}7 \leqslant \lambda_{бет} \leqslant 1{,}9$
$K_R = 0{,}12\ R_{из} + 0{,}86$	$0{,}2 \leqslant R_{из} \leqslant 0{,}9$
$K_d = 0{,}64\ d_н^{0{,}147}$	$17 \leqslant d_н \leqslant 33{,}5$
$K_G = 4{,}57\ 10^{-4}\ G + 0{,}92$	$20 \leqslant G \leqslant 140$
$K_G = 2{,}44\ 10^{-5}\ G + 0{,}98$	$140 \leqslant G \leqslant 820$
$K_G = 1$	$G > 820$
$K_r = 1 - 3{,}5\ 10^{-3}\ \frac{t_в - t_н}{R_{констр}}$	$0 \leqslant \frac{t_в - t_н}{R_{констр}} \leqslant 35$
$K_{смещ}^{пт} = 0{,}852 + 0{,}214\,S + \left(\frac{h_1}{h_2} - 0{,}25\right)\left(0{,}51 - 0{,}635\,S\right)$	$0{,}25 \leqslant \frac{h_1}{h_2} \leqslant 0{,}5$
$K_{смещ}^{пт} = 1{,}11 - 0{,}11\ \frac{h_2}{h_1}$	$0{,}5 \leqslant \frac{h_1}{h_2} \leqslant 1$
$K_{смещ}^{пл} = 0{,}17\,S + 0{,}93$	$\frac{h_1}{h_2} = 0{,}25$
$K_{смещ}^{пл} = 1$	$h_1 \leqslant h_2$

ТАБЛИЦА 13.5

ЗНАЧЕНИЯ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА $K_\delta^{пл}$

$R_{из}$ м² × °С/Вт	Значения $K_\delta^{пл}$ при толщине слоя бетона δ, мм									
	50				100		160			
	при шаге S м									
	0,2	0,4	0,6	0,8	0,2	0,8	0,2	0,4	0,6	0,8
0,22	1	0,95	0,91	0,9	1		1	1,04	1,05	1,05
0,56	1	0,95	0,88	0,8	1		1,01	1,06	1,08	1,08
0,86	0,96	0,88	0,79	0,79	1		1,01	1,1	1,14	1,14

(13 9) и (13 10) с учетом поправочных коэффициентов $K_{пуст}$, определяемых по табл. 13 6.

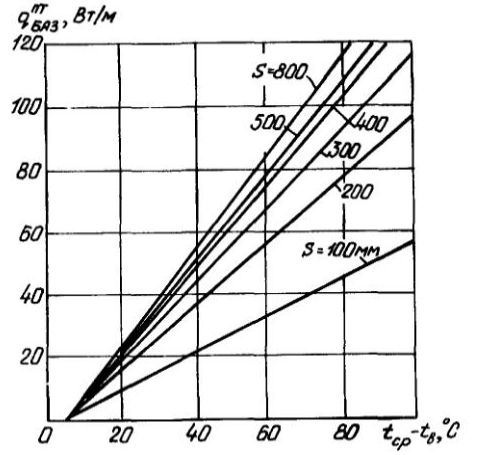


Рис. 13.15. Зависимость теплоотдачи базисной конструкции плиты перекрытия $q_{баз}^{пт}$ от разности $t_{ср} - t_в$

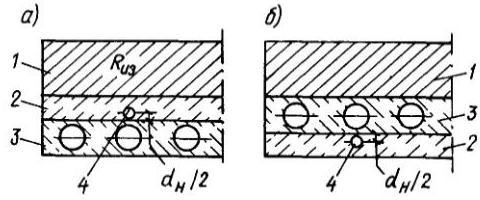


Рис. 13.16. Расчетные схемы размещения нагревательных элементов поверх перекрытия (*а*) и под перекрытием (*б*)

1 – конструкция пола, *2* – дополнительный слой тяжелого бетона, *3* – пустотная плита перекрытия, *4* – нагревательные элементы

ТАБЛИЦА 13.6

ЗНАЧЕНИЯ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА $K_{пуст}$

Конструкция	Значения $K_{пуст}$	
	потолка	пола
Слой тяжелого бетона, в который замоноличены трубы, размещаемый поверх пустотного настила	0,63	1,05
То же, под пустотным настилом	1,08	0,83

При размещении нагревательных элементов в плитах покрытий (чердачных или бесчердачных) происходят дополнительные потери теплоты в сторону наружного воздуха, относительная величина которых определяется по формуле

$$\tilde{q} = 0{,}31 R_{констр}^{-1{,}15}, \qquad (13\ 12)$$

где $R_{констр}$ – термическое сопротивление слоев конструкции покрытия, м²·°С/Вт (м²·ч·°С/ккал).

Расход теплоносителя, подаваемого в нагревательные элементы покрытия, $G_т$, кг/ч, равен

$$G_т = \frac{3{,}6Q_{тп}(1+\bar{q})}{c_р \Delta t_в}, \qquad (13.13)$$

$\Delta t_в$ – перепад температуры теплоносителя, принятый для нагревательных элементов покрытия, °С, $Q_{тп}$ – теплопотери, возмещаемые нагревательными элементами в плитах покрытия, Вт (ккал/ч); $c_р$ – теплоемкость теплоносителя, кДж/(кг·°С) [ккал/(кг·°С)]; для воды $c_р = 4{,}19$ кДж/(кг·°С).

Среднюю температуру поверхности потолка $\tau_{ср}^{пт}$ и пола $\tau_{ср}^{пл}$, °С, значение которой не должно превышать нормируемых, определяют по формулам:

$$\tau_{ср}^{пт} = t_в + \frac{q_{пт}}{\alpha_{пт}}; \qquad (13.14)$$

$$\tau_{ср}^{пл} = t_в + \frac{q_{пл}}{\alpha_{пл}}, \qquad (13.15)$$

где $q_{пт}$ и $q_{пл}$ – теплоотдача обогреваемой поверхности потолка и пола, Вт/м² [ккал/(м²·ч)]

$$q_{пт} = q^{пт}/S; \qquad (13.16)$$

$$q_{пл} = q^{пл}/S; \qquad (13.17)$$

$\alpha_{пт}$ и $\alpha_{пл}$ – коэффициенты теплоотдачи поверхности потолка и пола, Вт/(м²·°С) [ккал/(ч м²·°С)]

$$\alpha_{пт} = C_{пр}b + 1{,}16(\tau_{ср}^{пт} - t_в)^{0{,}33}; \qquad (13.18)$$

$$\alpha_{пл} = C_{пр}b + 2{,}16(\tau_{ср}^{пт} - t_в)^{0{,}33}; \qquad (13.19)$$

$C_{пр} \approx 5{,}0$ – приведенный коэффициент излучения, Вт/м² (К/100) [ккал/м²·ч (К/100)], b – температурный фактор

$$b \approx 0{,}81 + 0{,}005(\tau_{ср} + \tau_{ср}^{в.п}); \qquad (13.20)$$

$\tau_{ср}$ – средняя температура теплоотдающей поверхности, °С; $\tau_{ср}^{в.п}$ – средняя температура внутренних поверхностей ограждений помещения, °С.

Для средней температуры коэффициенты теплоотдачи, а также теплоотдача поверхностей ограждений в помещении могут быть приняты по табл. 13.7. Зная теплоотдачу поверхности потолка $q_{пт}$ или пола $q_{пл}$, по табл. 13.7 находят соответствующую теплоотдачу и разность температур $\Delta t = \tau_п - t_в$ теплоотдающей поверхности $\tau_п$ и воздуха в помещении $t_в$.

Средняя температура теплоотдающей поверхности

$$\tau_{ср} = \tau_п = t_в + \Delta t. \qquad (13.21)$$

ТАБЛИЦА 13.7

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛООТДАЧИ α, Вт/(м² °С), И ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА q, Вт/м², ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОТОЛКА, ПОЛА И СТЕНЫ

$\Delta t = \tau_п - t_в$	$\alpha_{пт}$	$q_{пт}$	$\alpha_{пл}$	$q_{пл}$	$\alpha_{ст}$	$q_{ст}$
2	6,4	12,8	7,65	15,4	7,02	14,1
4	6,83	27,3	8,42	34	7,63	30,5
6	7,15	43	8,98	53	8,06	49
8	7,42	59	9,42	74	8,42	67
10	7,65	77	9,8	98	8,73	87
12	7,85	94	10,13	121	9	108
14	8,04	113	10,44	147	9,23	129
16	8,21	131	10,73	172	9,47	152
18	8,37	150	10,99	198	9,69	174
20	8,56	171	11,27	226	9,9	198
22	8,7	192	11,51	254	10,11	222
24	8,84	212	11,72	281	10,32	248
26	9,02	235	12	312	10,53	273
28	9,21	258	12,25	343	10,73	300
30	9,35	280	12,48	374	10,91	327

Учитывая достаточно низкие значения нормируемой температуры поверхности пола и потолка, в ряде случаев приходится решать обратную задачу – по заданному конструктивному решению заделки труб находить среднюю температуру теплоносителя $t_{ср}$, при которой значения температуры поверхности $\tau_{ср}$ не превышают нормируемых. В этом случае из формулы (13.9) находят $q_{баз}^{пт}$, а затем определяют $t_{ср}$, °С

$$t_{ср} = \frac{q_{баз}^{пт}}{0{,}45e^{1{,}12(S-0{,}1)/S}} + t_в + 5. \qquad (13.22)$$

По средней температуре теплоносителя $t_{ср}$, расходу G, кг/ч, и скорости воды в горизонтальных участках труб не менее 0,25 м/с определяют:

перепад температуры теплоносителя Δt, °С:

$$\Delta t = t_г - t_0 = \frac{3{,}6q^{пт}l}{c_p G}; \qquad (13.23)$$

начальную температуру теплоносителя $t_г$, °С:

$$t_г = t_{ср} + \frac{1{,}8q^{пт}l}{c_p G}; \qquad (13.24)$$

конечную температуру теплоносителя t_0, °С:

$$t_0 = t_г - \frac{3{,}6q^{пт}l}{c_p G}; \qquad (13.25)$$

где l – длина труб, м, $q^{пт}$ – теплоотдача 1 м трубы с поверхности потолка, Вт/м [ккал/(ч м)].

ТАБЛИЦА 13.8

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДВЕСНЫХ ИЗЛУЧАЮЩИХ ПАНЕЛЕЙ

Показатели	Тип излучающей панели с экраном			
	плоским длиной		гофрированным длиной	
	2 м *	4 м *	2 м *	ПЛО-11,5-5 **
Габариты $a \times b \times c$, м	1,89 × 0,727 × 0,18	3,89 × 0,727 × 0,18	2,0 × 1,0 × 0,125	2,3 × 0,6 × 0,1
Масса панели (без воды), кг	39	76,54	57,3	24
Диаметр греющих труб d_y, мм	25 × 2	25 × 2	25 × 2	15
Общая теплоотдача горизонтальной панели (при $t_т = 150 - 70$ °С) $Q_п$, Вт	1140	2250	1560	1080
Доля лучистой составляющей теплоотдачи Ψ панелей				
горизонтальных	0,63	0,63	0,63	0,63
наклонных	0,45	0,45	0,45	0,45
Приведенный коэффициент гидравлического сопротивления ζ ***	7,2 ****	8,5 ****	42,8	43
Средняя относительная избыточная температура поверхности панели $\bar{\theta} = t_п - t_{вн}/t_т - t_{вн}$	0,68	0,68	0,77	0,77

* Разработаны ЦНИИпромзданий и ГПИ Сантехпроект

** Разработана ЦНИИпромзданий и Гипроиниавиапром

*** Коэффициент ζ учитывает потери на трение и в местных сопротивлениях

**** Коэффициенты отнесены к $d_y = 32$ мм (диаметр штуцера).

13.3.3. Расчет подвесных излучающих панелей

Характеристики подвесных излучающих панелей приведены в табл. 13.8.

При расчете определяют число настенных и потолочных панелей в помещении и проверяют выполнение требований равномерности распределения температуры воздуха по высоте и допустимого облучения человека потолочными панелями. Общую теплоотдачу подвесных излучающих панелей $Q_{пн}$, Вт (ккал/ч), вычисляют по формуле

$$Q_{пн} = K_1 K_2 Q_{тп}, \qquad (13.26)$$

где $Q_{тп}$ – расчетная потребность помещения в теплоте, Вт (ккал/ч); K_1 и K_2 – коэффициенты, значения которых определяют по табл. 13.9 и 13.10.

ТАБЛИЦА 13.9

ЗНАЧЕНИЯ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА K_1

Отношение ширины помещения к высоте подвески панелей, A/H	Значения K_1 при кратности инфильтрационного воздухообмена K, 1/ч		
	0	0,25	0,5
2	0,90	0,88	0,86
3	0,88	0,85	0,83
5	0,86	0,83	0,80
10	0,86	0,82	0,78

ТАБЛИЦА 13.10

ЗНАЧЕНИЯ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА K_2

Высота подвески панелей H, м	Значения K_2 при влагосодержании воздуха в помещении, г/кг сухого воздуха				
	2	4	6	8	10
3	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03
5	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04
10	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05
20	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06
30	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06

Расчетную теплоотдачу потолочной панели $q_{пт}$ в зависимости от разности средней температуры теплоносителя $(t_т - t_0)/2$ и температуры воздуха $t_в$ определяют по рис. 13.17.

В зависимости от схемы размещения панелей в помещении определяют число настенных панелей $n_{ст}$ и их суммарную теплоотдачу $Q_{ст}$, Вт (ккал/ч):

$$Q_{ст} = 1{,}4 n_{ст} q_{пт}. \qquad (13.27)$$

Число настенных панелей ограничивается исходя из условия, что их теплоотдача не должна превышать 40% общей теплоотдачи подвесных панелей

$$Q_{ст}/Q_{пн} < 0{,}4. \qquad (13.28)$$

Число потолочных излучающих панелей

$$n_{пт} = (Q_{пн} - Q_{ст})/q_{пт}. \quad (13.29)$$

Число потолочных панелей не должно превышать максимально допустимого $n_{пт}^{max}$, т.е.

$$n_{пт} \leqslant n_{пт}^{max}; \quad (13.30)$$

$$n_{пт}^{max} = \left(0{,}5 + \frac{0{,}6}{B/H}\right)\frac{Q_{в.з}}{(1-\psi)\,q_{пт}}, \quad (13.31)$$

где $Q_{в.з}$ – потери теплоты через ограждения помещения, расположенные выше уровня подвески панелей, Вт (ккал/ч); ψ – доля лучистой теплоотдачи панели от общей (см. табл. 13.8); B/H – ширина и высота помещения, м.

При невыполнении условия (13.30) следует увеличить число настенных панелей

$$n_{ст}^{доп} = (n_{пт} - n_{пт}^{max})/1{,}4, \quad (13.32)$$

если это возможно при соблюдении условия (13.29), либо отказаться от использования подвесных панелей для отопления.

Допустимая облученность человека потолочными панелями определяется выполнением условия

$$\varphi_{ч-п} \leqslant \varphi_{max}. \quad (13.33)$$

Максимально допустимый коэффициент облученности человека потолочными панелями φ_{max} определяют по рис. 13.18 в зависимости от средней температуры излучающих панелей $t_п^{ср}$, °С:

$$t_п^{ср} = t_в + \theta\left(\frac{t_г - t_0}{2} - t_в\right). \quad (13.34)$$

Действительный коэффициент облученности человека $\varphi_{ч-п}$ равен

$$\varphi_{ч-п} = 4\varphi_{ч-пт}\frac{n_{пт}F_п}{F_{пт}}, \quad (13.35)$$

где $\varphi_{ч-пт}$ – коэффициент облученности человека с площади поверхности потолка $F_{пт}$ (рис. 13.19); $F_п$ – площадь поверхности потолочной панели, м^2, определяемая по табл. 13.8.

Если условие (13.33) не выполняется, использовать подвесные панели не следует.

Пример 13.1. Определить лицевую, полезную и общую теплоотдачу стеновой бетонной отопительной панели (см. рис. 13.2) для следующих условий: $d_{ус} = 20$ мм; $\delta = 100$ мм; $h = 40$ мм; $\lambda = 1{,}1$ Вт/(м^2·°С); $K_{ст} = 0{,}75$ Вт/(м^2·°С); $t_{ср} = 64{,}5$°С; $\Delta t = t_в - t_н = 42$°С; $G = 80$ кг/ч.

Длина и шаг труб средних: $l_1 = 4{,}8$ м; $S_1 = 0{,}1$ м; крайних: $l_2 = 9{,}6$ м, $S_2 = 0{,}20$ м; одиночных: $l_3 = 9{,}2$ м; $S_3 = 0{,}35$ м.

Определим лицевую теплоотдачу нагревательных элементов панели по формуле (13.1):

по табл. 13.1 $q_{\delta_1} = 57{,}8$; $q_{\delta_2} = 91{,}1$; $q_{\delta_3} = \frac{105 + 114{,}4}{2} = 109{,}9$; по рис. 13.11 $K_G = 0{,}96$; по рис. 13.12 $K_{\lambda_1} = 0{,}97$; $K_{\lambda_2} = 0{,}94$; $K_{\lambda_3} = 0{,}93$; по табл. 13.2 (при $h/d = 2$) $K_{\delta_1} = 1$; $K_{\delta_2} = 1$; $K_{\delta_3} = 0{,}97$; $q_{лиц1} = 57{,}8 \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}97 \cdot 1 = 53{,}8$; $q_{лиц2} = 91{,}1 \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}94 \cdot 1 = 82{,}2$; $q_{лиц3} = 109{,}9 \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}93 \cdot 0{,}97 = 95{,}2$.

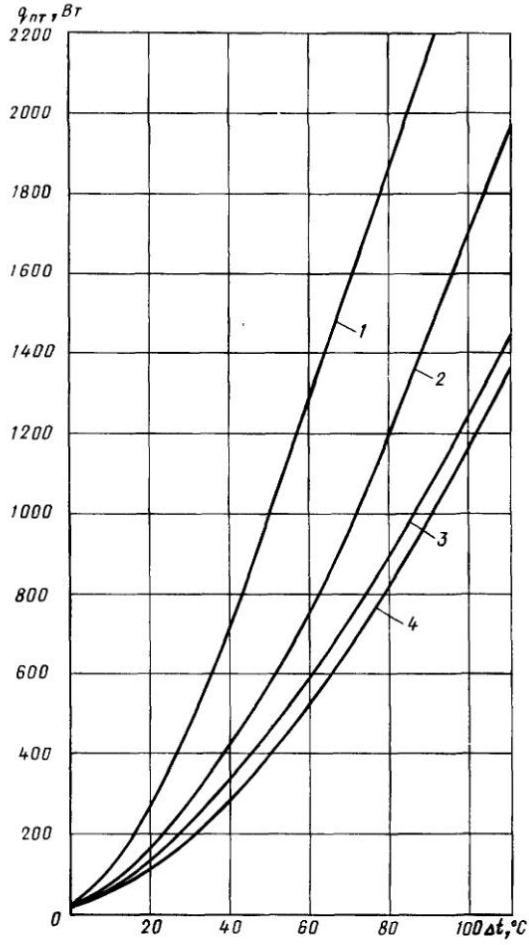


Рис. 13.17. График для определения теплоотдачи потолочных подвесных излучающих панелей $q_{пт}$

1 и *3* – с плоским экраном $F_п = 2{,}84$ и $1{,}38$ м^2; *2* – с гофрированным экраном $F_п = 2{,}0$ м^2; *4* – ПЛО-11,5-5, $F_п = 1{,}38$ м^2

Общая лицевая теплоотдача нагревательных элементов составит:

$$Q_{лиц1} = 53{,}8 \cdot 4{,}8 = 258{,}2;\ Q_{лиц2} = 82{,}2 \cdot 5{,}6 = 460{,}3;$$

$$Q_{лиц3} = 95{,}2 \cdot 9{,}2 = 875{,}8;\ Q_{лиц} = 1594{,}3 \text{ Вт}.$$

Определим полезную теплоотдачу нагревательных элементов панели по формуле (13.4):

$$q_{тп1} = 0{,}75 \cdot 0{,}1 \cdot 42 = 3{,}1;\ q_{тп2} = 0{,}75 \cdot 0{,}2 \cdot 42 = 6{,}2;$$

$$q_{тп3} = 0{,}75 \cdot 0{,}35 \cdot 42 = 11;$$

$$q_{пол1} = 53{,}8 + 3{,}1 = 56{,}9;\ q_{пол2} = 82{,}2 + 6{,}2 = 88{,}4;$$

$$q_{пол3} = 95{,}2 + 11 = 106{,}2.$$

Общая полезная теплоотдача нагревательных элементов составит:

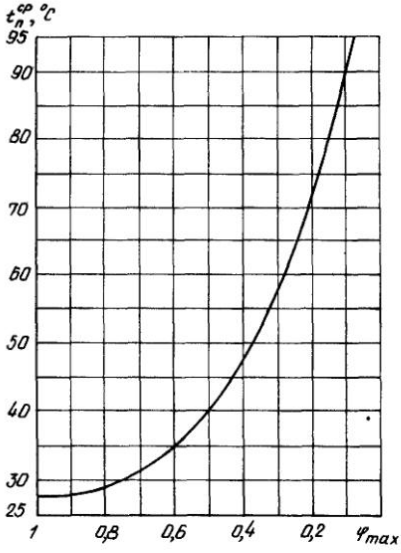


Рис. 13.18. Зависимость средней температуры поверхности $t_п^{ср}$ панели от максимального коэффициента облученности человека панелями φ_{max}

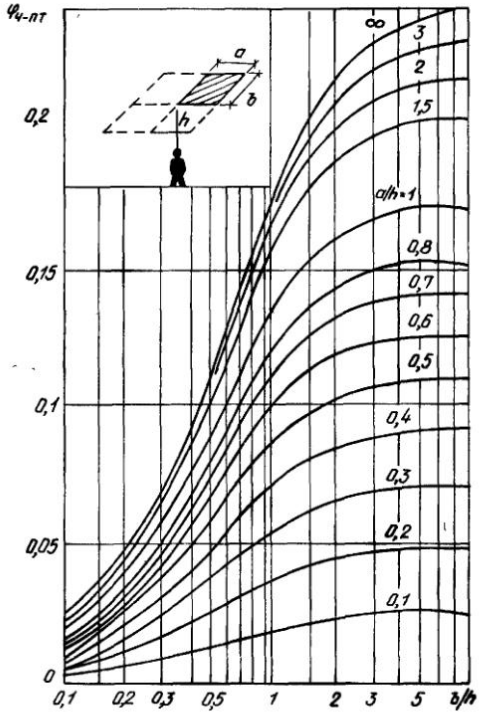


Рис. 13.19. Зависимость коэффициента облученности человека с поверхности потолка $\varphi_{ч-пт}$ от геометрии помещения

$$Q_{пол1} = 56{,}9 \cdot 4{,}8 = 273{,}1;\ Q_{пол2} = 88{,}4 \cdot 5{,}6 = 495;$$
$$Q_{пол3} = 106{,}2 \cdot 9{,}2 = 977;\ Q_{пол} = 1745\ \text{Вт}.$$

Общий расход теплоты определим по формуле (13.6) при $\tilde{q} = 0{,}08$ (см. рис. 13.13)

$$Q_{общ} = (1 + 0{,}08)\,1745 = 1885\ \text{Вт}.$$

Пример 13.2. Определить количество подвесных излучающих панелей для отопления помещения механосборочного цеха размером 15 × 20 × 7,4 м. Район застройки – Москва. Внутренних тепловыделений нет. Кратность инфильтрационного воздухообмена 0,5 1/ч. Влагосодержание воздуха в помещении 4 г/кг. Теплопотери помещения с учетом затрат на нагрев инфильтрационного воздуха 55750 Вт, в том числе теплопотери верхней зоны 12250 Вт. Высота подвески панелей 5,5 м от поверхности пола. Теплоноситель – вода с температурой 150–70°С.

По формуле (13.26), табл. 13.9 и 13.10 определим общую теплоотдачу панелей ПЛО-11,5-5

$$Q_{пн} = 55750 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}02 = 45490\ \text{Вт}.$$

Расчетная теплоотдача потолочной панели при разности средней температуры теплоносителя и температуры воздуха в помещении $\frac{150 + 70}{2} - 16 = 94$°С (см. рис. 13.17) $q_{вт} = 1080$ Вт.

С учетом схемы размещения панелей принимаем к установке 12 настенных панелей и по формуле (13.27) определяем их суммарную теплоотдачу:

$$Q_{ст} = 1{,}4 \cdot 12 \cdot 1080 = 18144\ \text{Вт}.$$

Проверяем число настенных панелей по условию (13.28)

$$\frac{Q_{ст}}{Q_{пн}} = \frac{18144}{45490} = 0{,}39 < 0{,}4.$$

По формуле (13.29) находим число потолочных излучающих панелей

$$n_{пт} = \frac{45490 - 18144}{1080} = 25.$$

По формуле (13.31) найдем максимально допустимое число потолочных панелей и проверим условие (13.30):

$$n_{пт}^{max} = \left(0{,}5 + \frac{0{,}6}{15/7{,}4}\right)\frac{12250}{(1 - 0{,}65)\,1080} = 26 > 25.$$

Вычислим среднюю температуру излучающих панелей по формуле (13.34)

$$t_п^{ср} = 16 + 0{,}77\left(\frac{150 + 70}{2} - 16\right) = 88{,}4°\text{C}.$$

По рис. 13.19 определим коэффициент облученности человека с поверхности потолка $\varphi_{ч-вт} = 0{,}18$.

Действительный коэффициент облученности человека панелями по формуле (13.35) будет равен

$$\varphi_{ч.п} = 4 \cdot 0{,}18\frac{25 \cdot 1{,}38}{15 \cdot 20} = 0{,}084.$$

По рис. 13.18 определяем максимально допустимый коэффициент облученности человека потолочными панелями и проверяем условие (13.33)

$$\varphi_{max} = 0{,}1 > \varphi_{ч.п} = 0{,}021.$$

ГЛАВА 14. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОТОПЛЕНИЕ

14.1. Классификация и область применения систем электрического отопления

Использование эффекта непосредственной трансформации электрической энергии в тепловую является весьма перспективным направлением в развитии систем отопления зданий. Электрическое отопление имеет следующие преимущества в сравнении с другими системами отопления:

а) отсутствие продуктов сгорания и загрязнения окружающей среды;

б) высокий коэффициент полезного действия;

в) простота и короткие сроки монтажа электропроводки и нагревательных устройств;

г) меньшие капитальные затраты;

д) компактность нагревательных устройств;

е) гибкость регулирования и простота автоматизации.

К числу недостатков электрического отопления следует отнести:

а) низкие гигиенические показатели устройств с открытыми высокотемпературными нагревательными элементами;

б) опасность в пожарном отношении;

в) высокая отпускная стоимость электроэнергии и ее дефицитность.

Использование электроэнергии для отопления зданий вследствие ее высокой стоимости и дефицитности допускается только при технико-экономическом обосновании и согласовании возможности отпуска энергии с энергоснабжающими организациями в установленном порядке. Электрические системы отопления рекомендуется предусматривать в районах с недефицитной электроэнергией и в местах, где отсутствуют другие источники тепловой энергии. Системы электрического отопления подразделяются на:

а) лучисто-конвективные (с применением электрорадиаторов, электроконвекторов и электронагревательных печей, а также греющего электрокабеля, заложенного в бетонный пол);

б) воздушные (с использованием электрокалориферов);

в) лучистые (с применением инфракрасных электроизлучателей).

Возможная область применения систем электрического отопления в зависимости от назначения зданий и помещений, а также характера производственного процесса приведена в п. 7.2. Электрическим системам следует отдавать предпочтение в случае эпизодического отопления помещений кратковременного использования и при необходимости обогрева локальных рабочих мест в неотапливаемых помещениях.

Применение электрических приборов отопления не допускается в помещениях:

а) детских дошкольных учреждений;

б) больниц и других медицинских стационаров (кроме психиатрических и наркологических);

в) бань, прачечных и душевых павильонов;

г) категорий *А* и *Б*;

д) категорий *В* с температурой на теплоотдающей поверхности более 110°С;

е) категорий *Г* и *Д* с повышенными требованиями к чистоте воздуха, с выделением горючих пылей и аэрозолей, со значительными влаговыделениями;

ж) зданий III, IIIа, IIIб, IV, IVа и V степеней огнестойкости с температурой на теплоотдающей поверхности более 110°С.

14.2. Лучисто-конвективное электроотопление

В качестве отопительных приборов промышленного производства в системах лучисто-конвективного отопления применяют маслонаполненные электрорадиаторы, электроконвекторы с открытыми нагревательными спиралями и печи электронагревательные с трубчатыми электронагревателями. Выпускаемые электрорадиаторы и электроконвекторы являются бытовыми приборами и предназначены для дополнительного обогрева жилых и служебных помещений только во время присутствия в помещении людей. Печи электронагревательные могут применяться для постоянного отопления помещений различного назначения с учетом максимальной температуры на теплоотдающей поверхности печи, указанной в паспортных данных.

Подбор электрорадиаторов, электроконв-

векторов и печей электронагревательных производится по теплопотерям помещения, определенным обычным методом (см. гл. 8), с использованием заводских паспортных данных электронагревателей и их технических характеристик.

Лучисто-конвективные системы с использованием греющего электрического кабеля, закладываемого в бетонную подготовку пола, могут применяться в основном для обогрева пола помещений над холодными проветриваемыми подпольями зданий, возводимых в районах с расчетной температурой наружного воздуха (по параметрам *Б*) минус 40°С и ниже. Электрические системы обогрева полов должны иметь регулирование и защиту кабеля от перегрева, перегрузок и коротких замыканий.

В помещениях, в которых возможно увлажнение или повреждение полов, греющий кабель следует защищать заземляемой или зануляемой металлической сеткой, предотвращающей появление электрического потенциала на поверхности пола.

Проектирование обогреваемых полов с помощью греющего электрического кабеля в зданиях и помещениях любого назначения рекомендуется производить по данным, приведенным в «Руководстве по проектированию и устройству обогреваемых полов жилых и общественных зданий, строящихся в Северной строительно-климатической зоне» (Красноярский ПромстройНИИпроект Минтяжстроя СССР, М.: Стройиздат, 1983).

14.3. Электровоздушное отопление

Электровоздушное отопление является частным случаем воздушного отопления и подчиняется общим правилам проектирования этих систем, изложенным в гл. 12.

В качестве устройств для нагрева воздуха в электровоздушных системах отопления используются электрокалориферы серии СФО-1Т-И2. Этими калориферами комплектуются также автоматизированные установки типа СФОЦ, предназначенные для применения главным образом в системах отопления и вентиляции сельскохозяйственных помещений и зданий промышленного назначения. Чертежи общих видов электрокалориферов и электрокалориферных установок и их технические характеристики приведены в прил. XII.

Нагрев воздуха в калориферах осуществляется с помощью оребренных трубчатых электронагревателей, установленных внутри кожуха. Нагреваемый воздух и воздух в помещении, где устанавливается электрокалорифер, не должен содержать взрыво- и пожароопасных веществ, токопроводящей пыли, газов и паров, способных разрушать материал кожуха, нагревателей и проводов.

Электрокалориферы СФО-1Т-И2 предназначены для применения в районах с умеренным и холодным климатом. Их следует устанавливать в закрытых помещениях при температуре не ниже 1°С и не выше 35°С, при относительной влажности воздуха не более 65% (при температуре воздуха 20°С).

Электрокалориферы могут быть укомплектованы аппаратурой управления, размещаемой в шкафу управления, с помощью которой возможно поддержание заданной температуры нагреваемого воздуха или воздуха в отапливаемом помещении путем последовательного включения и отключения трех ступеней электронагревателей установочной мощностью, составляющей 33,3; 66,7 и 100% полной.

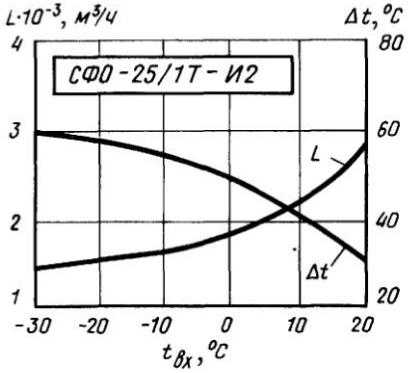
Минимально допустимую производительность электрокалорифера по воздуху и соответствующий ей перепад температур входящего и выходящего воздуха в зависимости от температуры входящего воздуха определяют по рис. 14.1.

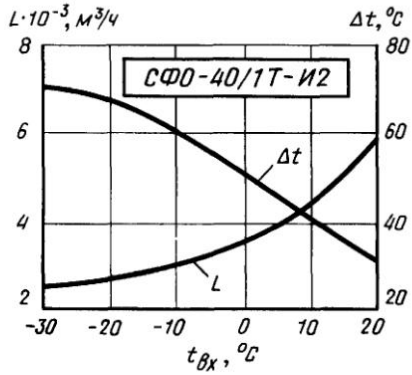
14.4. Инфракрасное электроотопление

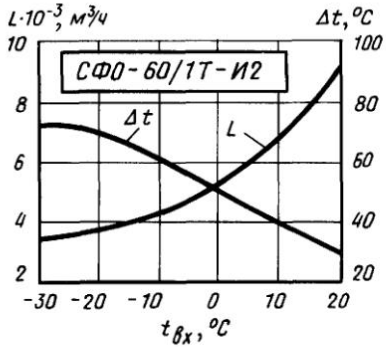
Системы лучистого отопления с применением инфракрасных электроизлучателей обеспечивают комфортные тепловые условия человеку при пониженных температурах окружающего воздуха.

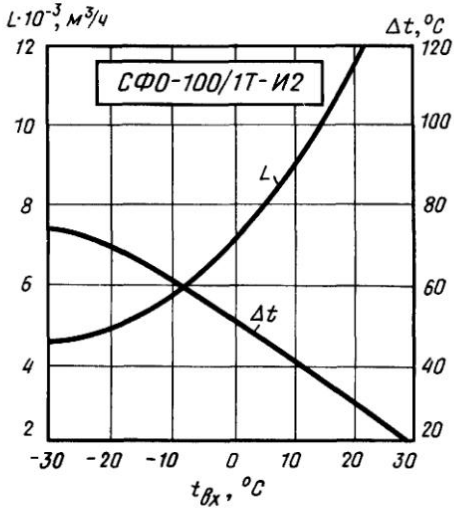
Инфракрасное излучение не поглощается воздухом и, попадая на тело человека, нагревает подкожные слои на значительную глубину, уменьшая или ликвидируя тем самым дефицит в тепловом балансе человека. Механизм поглощения теплового излучения телом человека обеспечивает ощущение теплового комфорта на длительное время даже после прекращения поступления потока лучистой энергии.

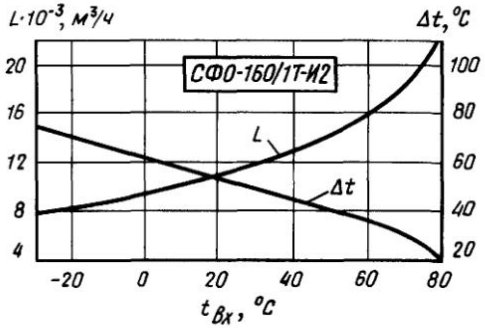
Тепловое ощущение человека в значительной степени зависит как от средней облученности тела человека, так и от облученности его отдельных участков. А это определяется схе-











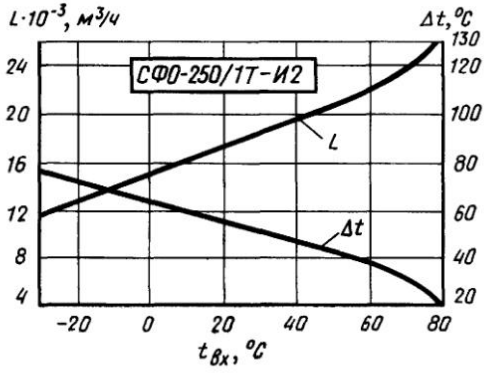


Рис. 14.1. Зависимости минимально допустимой производительности по воздуху L и перепада температур выходящего и входящего воздуха Δt от температуры входящего воздуха (при температуре выходящего воздуха до 50°С)

мой размещения инфракрасных излучателей относительно рабочей площадки и их техническими характеристиками.

В качестве инфракрасных излучателей в системах лучистого электроотопления применяются обогреватели типа ИЭТ-46-И1, представляющие собой протяженный отражатель из полированного алюминия, внутри которого смонтированы нагревательные элементы (рис. 14.2) Электрообогреватель снабжен поворотной скобой с фиксатором Его можно устанавливать на ограждающих конструкциях здания или крепить к стойкам передвижной тележки.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ ТИПА ИЭТ-46-И1

Номинальная мощность при номинальном напряжении, кВт	2,5
Номинальное напряжение питающей сети, В	220
Мощность нагревательного элемента при номинальном напряжении, Вт	833
Количество нагревательных элементов, шт	3
Система электропитания электрообогревателя	Однофазная с заземляющим проводом
Температура на поверхности, °С	
нагревательного элемента	800–850
отражателя (не более)	200
Ресурс работы нагревателя, ч	2500
Срок службы, лет	5
Масса, кг	3,75

Электрообогреватели (ЭО) рекомендуется размещать снаружи обогреваемой зоны на расстоянии не ближе 1 м от ее границ Предпочтительным является периметральное расположение ЭО Допускается размещение ЭО с трех или двух сторон площадки.

Электрообогреватели можно устанавливать как в горизонтальном, так и в вертикальном положении Высота размещения ЭО над поверхностью обогреваемой площадки 0,7 м при вертикальном положении ЭО и 2,5–5 м при их горизонтальном положении. Горизонтально расположенные ЭО следует наклонять вниз под углом 12–25° к вертикали

Задача теплового расчета систем инфракрасного электрообогрева состоит в определении числа ЭО и рациональной схемы их размещения при обеспечении требуемых параметров теплового комфорта человека, находящегося на обогреваемой площадке. Эта задача решается путем расчета требуемых параметров теплового комфорта в зависимости от характера производства, температуры и скорости движения воздуха в помещении или на открытой площадке, облученности частей тела человека со стороны технологического оборудования, наличия пылевыделений и сравнения этих параметров с фактическими, которые создаются на конкретной площадке при определенной расстановке необходимого количества обогревателей

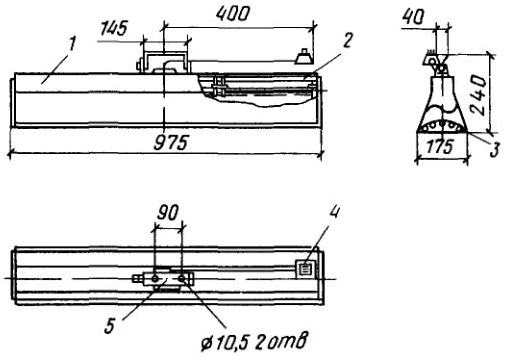


Рис. 14.2. Инфракрасный электрообогреватель ИЭТ 46 И1
1 отражатель, *2* – вставка, *3* решетка, *4* шнур, армированный вилкой, *5* – поворотная скоба

Средняя облученность человека на рабочей площадке $q_с$ от системы инфракрасного обогрева и производственных источников должна быть равна необходимой средней облученности человека $q_{н\,с}$ при данной температуре окружающего воздуха ($q_с = q_{н\,с}$) Относительная облученность головы $D_{(1)}$ и лица $D_{(2)}$ не должна превышать максимально допустимых значений облученности $D_{д(1)}$ и $D_{д(2)}$ ($D_{(1)} \leqslant D_{д(1)}$, $D_{(2)} \leqslant D_{д(2)}$) Относительная облученность ног $D_{(3)}$ не должна быть меньше минимально допустимой облученности $D_{д(3)}$ ($D_{(3)} \geqslant D_{д(3)}$). Неравномерность облучения человека δ в пределах рабочей площадки не должна превышать минимально допустимого значения $\delta_д$ при данной температуре ($\delta \leqslant \delta_д$).

Допустимые значения облученности и неравномерности облучения рассчитывают по формулам:

$$q_{н\,с} = \frac{q_н - q^п_{(о)}}{\beta}, \qquad (14\,1)$$

$$D_{д(1)} = \frac{1 + \Delta t/(t_н - t_в) - q^п_{(1)}/q_н}{1 - q^п_{(о)}/q_н}, \qquad (14\,2)$$

$$D_{д(2)} = \frac{1 + \Delta t/(t_н - t_в) - q^п_{(2)}/q_н}{1 - q^п_{(0)}/q_н}; \quad (14.3)$$

$$D_{д(3)} = \frac{1 - \Delta t/(t_н - t_в) - q^п_{(3)}/q_н}{1 - q^п_{(0)}/q_н}; \quad (14.4)$$

$$\delta_д = 2\frac{\Delta t/(t_н - t_в)}{1 - q^п_{(0)}/q_н}, \quad (14.5)$$

где $q_{н\,с}$ – необходимая средняя облученность человека на рабочей площадке от систем обогрева, Вт/м^2; $q_н$ – необходимая облученность тела человека; $q_н = 1{,}25\alpha_\Sigma(t_н - t_в)$ при коэффициенте суммарной теплоотдачи α_Σ, равном:

v, м/с	0,2	0,3	0,5	0,7	1	1,5	2
α_Σ, Вт/(м^2 °С)	8	10,5	12,8	14,3	16,9	20	22

$q^п_{(0)}$ – средняя облученность тела человека от производственных источников, Вт/м^2; β – коэффициент ослабления лучистого потока от электрообогревателей пылью, парами воды и т. п.; при запыленности 8–15 мг/м^3 принимается равным 0,86; Δt – допустимое отклонение температуры воздуха от нормируемой, принимаемое по ГОСТ 12.1.005–88, °С; $t_н$ – нормируемая температура воздуха, равная среднему значению нормируемого диапазона температуры воздуха, указанного в ГОСТ 12.1.005–88, °С; $t_в$ – минимальная температура воздуха в помещении, °С.

Фактические геометрические и теплотехнические параметры для различных вариантов площадок и схем размещения электрообогревателей указаны в табл. 14.1 и 14.2.

ТАБЛИЦА 14.2

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СХЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ

№ варианта	q_c, Вт/м^2	$D_{(1)}$	$D_{(2)}$	$D_{(3)}$	δ	$K_c \cdot 10^2$
1	300	0	0,82	0,95	0,08	3
2	450	0	0,82	0,95	0,07	3
3	465	0	0,76	0,75	0,4	4,7
4	153	0	1,12	0,84	0,41	6,1
5	135	0	1,06	0,64	0,48	10,8
6	215	0	0,81	0,91	0,11	4,1
7	235	0	1,16	0,79	0,6	7,5
8	210	0	1,09	0,82	0,63	12,2
9	121	2,2	1,65	0,35	0,13	4,8
10	265	0,6	0,93	0,61	0,58	10,6
11	146	2,4	1,93	0,3	0,33	11,8
12	270	0,6	0,92	0,78	0,44	9,6
13	243	1,8	1,7	0,5	0,39	15,5
14	141	3,5	1,51	0,51	0,63	9
15	134	2,6	1,39	0,59	0,53	8,6

Примечание. Коэффициент эффективности облучения системы обогрева K_c численно равен отношению произведения площади рабочей площадки и средней облученности человека к установочной мощности системы обогрева.

Если параметры приведенных схем размещения электрообогревателей не удовлетворяют условиям теплового комфорта или ограничения на размещение обогревателей не позволяют использовать данные схемы, то для подбора требуемой схемы размещения электрообогревателей и определения ее параметров рекомендуется использовать методику расчета, изложенную в СТП-5755235-215-87 «Расчет систем инфракрасного электрообогрева», утвержденном ВНИИЭТО 29.09.87 г.

Установочная мощность P, кВт, системы электроотопления с электрообогревателями

ТАБЛИЦА 14.1

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СХЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ (РИС. 14.3)

№ варианта	Тип схемы	Размеры рабочей площадки, м		Расстояние c, м	Шаг d, м	Угол поворота, град		Высота подвеса H, м	Количество электрообогревателей N, шт
		a	b			γ_a	$\gamma_в$		
1		1	1	1,5	1	12,5	–	0,7	4
2		1	1	1,5	0,5	12,5	–	0,7	6
3	Рис. 14.3,*а*	1	1	0	0	0	–	0,7	4
4		2	2	1,5	2	12,5	–	0,7	4
5		4	4	1,5	1,33	12,5	–	0,7	8
6		1	16	1,5	1	0	–	0,7	34
7		2	16	1,5	1	0	12,5	0,7	40
8	Рис. 14.3,*б*	4	16	1,5	1	0	12,5	0,7	44
9		2	2	1,5	1	55	–	2,5	4
10	Рис 14.3,*в*	2	16	1,5	1	45	–	2,5	32
11		4	4	1,5	1	63	–	2,5	8
12		2	16	1,5	1	45	25	2,5	36
13		4	16	1,5	1	55	25	2,5	40
14	Рис. 14.3,*г*	4	16	1,5	1	35	12	5	40
15		4	16	2,5	1	42	12	5	40

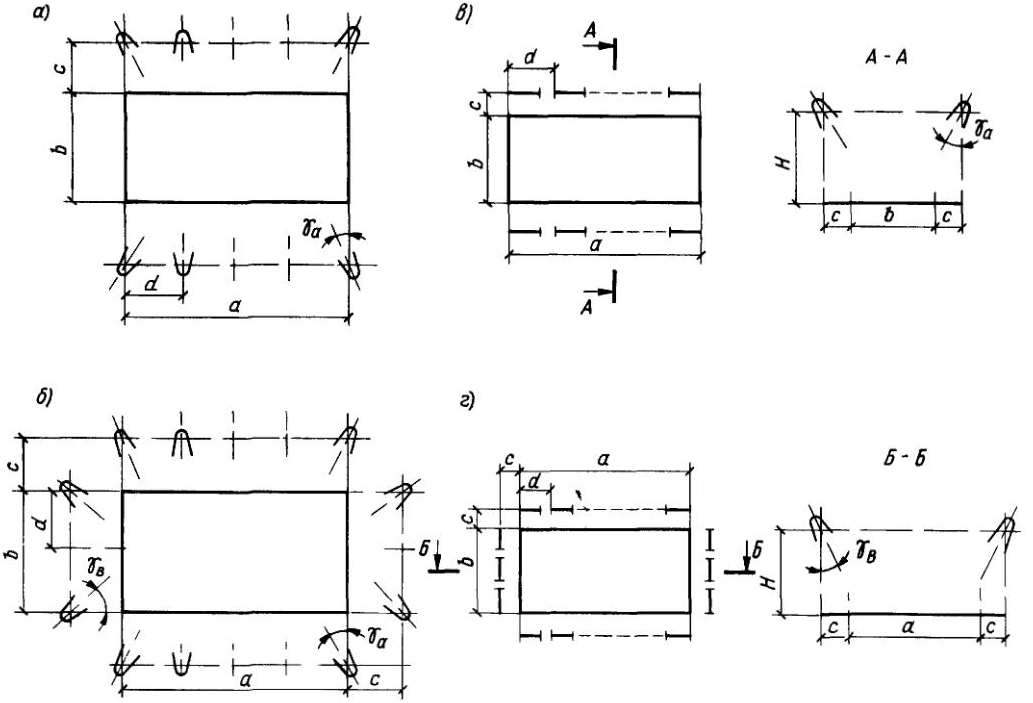


Рис. 14.3. Схемы размещения электрообогревателей системы инфракрасного обогрева при вертикальном положении их (*а*, *б*) и горизонтальном (*в*, *г*)

ИЭТ-46-И1 определяется по формуле

$$P = 2{,}5N. \qquad (14.6)$$

Пример. Рассчитать систему обогрева непостоянного рабочего места в неотапливаемом производственном помещении со средней запыленностью воздуха при работе средней тяжести

Исходные данные длина и ширина рабочей площадки 1 м Ограничения на расположение электрообогревателей обогреватели могут устанавливаться с двух сторон от площадки не ближе 1,5–2 м от границы площадки на высоте от 0 до 5 м Скорость движения воздуха 0,2 м/с Минимальная температура воздуха в помещении минус 25°С

Средняя облученность человека производственными источниками, Вт/м^2 $q^{\text{п}}_{(0)} = 200$, $q^{\text{п}}_{(1)} = 0$, $q^{\text{п}}_{(2)} = 200$, $q^{\text{п}}_{(3)} = 200$

Нормированная температура $t_{\text{н}} = 18{,}5$°С Полуразность между максимально и минимально допустимыми температурами воздуха $\Delta t = 5{,}5$°С

При $v = 0{,}2$ м/с коэффициент $\alpha_{\Sigma} = 8{,}0$ Вт/(м^2 °С)

1 Рассчитаем необходимость облученности тела человека

$$q_{\text{н}} = 1{,}25\ \ 8[18{,}5 - (-25)] = 435 \text{ Вт/м}^2$$

2 По формулам (14 1)–(14 5) определим требуемые показатели теплового комфорта $q_{\text{н с}}$, $D_{\text{д}(1)}$, $D_{\text{д}(2)}$, $D_{\text{д}(3)}$, $\delta_{\text{д}}$

$$q_{\text{н с}} = \frac{q_{\text{н}} - q^{\text{п}}_{(0)}}{\beta} = \frac{435 - 200}{0{,}86} = 273 \text{ Вт/м}^2;$$

$$D_{\text{д}(1)} = \frac{1 + 5{,}5/[18{,}5 - (-25)] - 0/435}{1 - 200/435} = 2{,}45,$$

$$D_{\text{д}(2)} = \frac{1 + 5{,}5/[18{,}5 - (-25)] - 200/435}{1 - 200/435} = 1{,}23;$$

$$D_{\text{д}(3)} = \frac{1 - 5{,}5/[18{,}5 - (-25)] - 200/435}{1 - 200/435} = 0{,}77;$$

$$\delta_{\text{д}} = 2\frac{\Delta t/(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})}{1 - q^{\text{п}}_{(0)}/q_{\text{н}}} = \frac{2 \cdot 5{,}5/[18{,}5 - (-25)]}{1 - 200/435} = 0{,}47$$

3 Условиям теплового комфорта удовлетворяют варианты *1* и *3* схем размещения электрообогревателей, приведенных в табл 14 1 и 14 2 Однако коэффициент эффективности облучения системы обогрева при варианте *3* выше, чем при варианте *1* Запас по фактической облученности $q_{\text{с}} = 465 > q_{\text{н с}} = 273$ Вт/м^2 можно компенсировать системой регулирования

4 Мощность системы инфракрасного электрообогрева в соответствии с формулой (14 6) составит

$$P = 2{,}5\ \ 4 = 10 \text{ кВт}$$

ГЛАВА 15. ОСОБЕННОСТИ ОТОПЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

15.1. Системы отопления в животноводческих помещениях

В животноводческих помещениях должны быть обеспечены метеорологические условия, соответствующие климатической зоне максимальной продуктивности в течение расчетного эксплуатационного периода здания.

Системы отопления (охлаждения) должны обеспечивать в зоне пребывания животных заданные температурные параметры воздуха. Так, в помещениях для содержания крупного рогатого скота зоной пребывания является пространство высотой до 1,5 м от поверхности пола, в свиноводческих и овцеводческих помещениях – пространство высотой до 0,9 м.

Мощность систем отопления и другие теплофизические характеристики (термические сопротивления ограждающих конструкций, радиационная температура помещения, условия и соотношения конвективно-лучистого теплообмена животных и др.) определяются на основе решения уравнений энергетического баланса как помещения в целом, так и частных, определяющих отдельные качественные составляющие теплообмена животного.

Уравнение энергетического баланса животноводческого помещения в алгебраической форме может быть записано:

$$Q_{ж} + Q_{с.р} + Q_{от} + Q_{огр} + Q_{исп} + Q_{инф} + Q_{вент} + Q_{т.о} = 0, \qquad (15.1)$$

где $Q_{ж}$, $Q_{с.р}$ и $Q_{от}$ – теплопоступления от животных, солнечной радиации и системы отопления, Вт; $Q_{огр}$, $Q_{исп}$, $Q_{инф}$, $Q_{вент}$ – теплопотери через ограждающие конструкции, на испарение жидкости с мокрых и смоченных поверхностей, на нагрев инфильтрующегося в помещение наружного воздуха и на нагрев наружного вентиляционного воздуха, подаваемого в помещение, Вт; $Q_{т.о}$ – теплопоступления или расход теплоты, связанные с работой технологического оборудования, Вт.

Количество теплоты, поступающее в помещение от животного, определяется по формулам:

$$Q_{ж}^{общ} = nq^{общ}K_1K_2K_3; \qquad (15.2)$$

$$Q_{ж}^{св} = nq^{св}K_1K_2K_3, \qquad (15.3)$$

где n – расчетное количество животных в помещении; $q^{общ}$, $q^{св}$ – общее и свободное количество теплоты, выделяемое одним животным, Вт (табл. 15.1 и 15.2); K_1 – коэффициент изменения тепловыделения животного в зависимости от температуры помещения (рис. 15.1); K_2 – коэффициент, учитывающий фактическое количество животных в помещении по сравнению с расчетным (для крупного рогатого скота $K_2 = 0{,}9$, для свиней $K_2 = 0{,}8$); K_3 – коэффициент, учитывающий тепловыделения животных в состоянии покоя (в ночное время); для крупного рогатого скота и свиней $K_3 = 0{,}8$.

ТАБЛИЦА 15.1

КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ, ВЫДЕЛЯЕМОЙ КРУПНЫМ РОГАТЫМ СКОТОМ (КРС)

Группа животных	Масса, кг	Теплота			
		общая		свободная	
		кДж/ч	ккал/ч	кДж/ч	ккал/ч
Коровы стельные сухостойные и нетели	300	2780	664	2000	478
	400	3300	790	2380	569
Коровы за 2 мес до отела	600	4260	1018	3070	733
	800	5000	1196	3610	861
Коровы, лактирующие при уровне лактации, л:					
5	300	2760	658	1970	474
	400	3280	785	2360	565
	500	3560	850	2520	602
	600	4240	1010	3040	727
10	300	2970	708	2140	510
	400	3520	841	2540	605
	500	3960	947	2860	682
	600	4510	1051	3140	757
15	300	3420	817	2460	588
	400	4000	954	2880	687
	500	4550	1056	3180	760
	600	4800	1143	3450	823
Волы откормочные	400	4300	1025	3090	738
	600	5220	1247	3760	898
	800	6250	1490	4500	1073
	1000	7460	1763	5310	1269
Телята:					
до 1 мес	30	460	110	330	79
	40	650	155	470	112
	50	800	191	575	137
	80	1180	281	847	202
от 1 до 3 мес	40	675	162	490	117
	60	990	236	712	170
	100	1550	370	1130	266
	130	1760	420	1260	302
от 3 до 4 мес	90	1140	273	820	196
	120	1700	406	1250	292
	150	1760	420	1260	302
	200	2480	593	1670	398
Молодняк от 4 мес и старше	120	1480	354	1070	255
	180	1840	450	1360	324
	250	2280	545	1380	329
	350	3000	716	2160	515

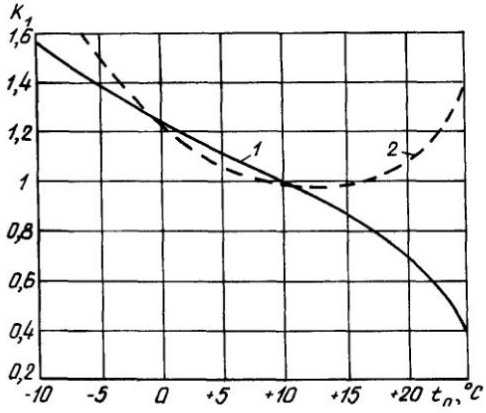


Рис. 15.1. Изменение коэффициента K_1 в зависимости от температуры помещения для коров (*1*), для свиней (*2*)

Примечание. В табл. 15.1 и 15.2 приведены значения тепловыделений животных при температуре помещения + 10 °С и относительной влажности воздуха 70%. При других температурах расчетные значения количества теплоты, выделяемой животными, следует принимать с поправочными коэффициентами, приведенными на рис. 15.1. Расчетные значения тепловыделений от животных следует увеличивать на 3% в том случае, если относительная влажность воздуха в помещении для содержания свиней больше 70%, а крупного рогатого скота – больше 75%.

ТАБЛИЦА 15.2

КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ, ВЫДЕЛЯЕМОЙ СВИНЬЯМИ

Группа животных	Масса, кг	Теплота			
		общая		свободная	
		кДж/ч	ккал/ч	кДж/ч	ккал/ч
Хряки-производители	100	1235	295	890	212
	200	1700	405	1220	292
	300	2165	517	1560	372
Матки:					
холостые и легкосупоросные	100	1020	243	733	175
	150	1175	281	846	202
	200	1355	323	975	233
тяжелосупоросные	100	1220	288	870	208
	150	1420	339	1040	244
	200	1620	384	1155	276
подсосные с поросятами	100	2440	584	1760	420
	150	2780	665	2100	480
	200	3220	768	2360	555
Поросята до двухмесячного возраста	1	29,8	7,08	21,4	5,1
	2	57	13,62	41	9,8
	5	204	48,37	146	34,8
	7	257	62,41	188	44,9
	10	383	86,59	261	62,3
	15	460	110	330	70
Поросята-отъемыши	20	505	120,4	363	86,7
	30	600	144,6	436	104
	40	706	168,9	512	122
Ремонтный и откормочный молодняк	50	725	185	557	133
	60	930	222	675	161
	80	1080	258	775	185
	90	1120	273	822	196
	100	1200	287	863	206
	110	1270	302	910	217
	120	1320	314	947	226
Взрослые свиньи	100	1360	317	955	228
	200	1760	420	1270	302
	300	2320	553	1660	398

При составлении теплового баланса животноводческого помещения расчетным периодом следует считать ночное время.

При проектировании систем отопления животноводческих помещений расчетную наружную температуру воздуха следует принимать по параметрам «Б» главы СНиП 2.04.05–86.

Значения температуры и относительной влажности внутреннего воздуха в помещениях для содержания животных приведены в табл. 15.3. и 15.4.

В теплый период года, т.е. при температуре наружного воздуха выше 10°С, в животноводческих помещениях температура воздуха не должна превышать больше чем на 5°С расчетную наружную температуру – параметр А – для расчетного региона.

Выбор системы охлаждения воздуха должен быть подтвержден соответствующим технико-экономическим обоснованием.

При расчете теплообмена животного с окружающей средой следует иметь в виду, что температура поверхности тела животного зависит от температуры окружающего воздуха (рис. 15.2).

В лучистом теплообмене животного с внутренними поверхностями ограждающих конструкций участвует не вся поверхность тела животного, а лишь ее часть. Расчетная поверхность тела животного $F_п$, м², определяется по формуле

$$F_п = KF_ж, \qquad (15.4)$$

где K – часть общей поверхности тела животного, участвующая в теплообмене (для коров и свиней в положении стоя $K = 0{,}8$); $F_ж$ – общая поверхность тела животного.

Для коров

$$F_ж = 10{,}5p^{2/3}; \qquad (15.5)$$

для свиней

$$F_ж = 9{,}2p^{2/3}, \qquad (15.6)$$

где p – живая масса животного, т.

При расчете лучистого теплообмена жи-

ТАБЛИЦА 15.3

ТЕМПЕРАТУРА И ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ КРС

Здания и помещения	Группа животных	Содержание животных	Расчетная температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	
				максимальная	минимальная
1. Коровники, здания для молодняка и для скота на откорме. Помещения для передержки осемененных коров и содержания быков	Коровы, быки-производители, молодняк старше года, скот на откорме	Прúвязное и боксовое (с регламентированным использованием выгулов), групповое беспрúвязное на решетчатых полах	10	75	40
2. Коровники и здания для молодняка молочных пород (в районах с расчетной зимней температурой минус 25°С и ниже). Помещения для отела мясных коров	Коровы и молодняк всех возрастов молочных пород, мясные коровы перед отелом и непосредственно после отела	Беспрúвязное на глубокой подстилке	3	85	40
3. Коровники и здания для молодняка молочных пород (в районах с расчетной зимней температурой выше минус 25°С)	Коровы и молодняк всех возрастов	То же	Не нормируется		
4. Здания для молодняка	Молодняк от 4–6 до 12 мес	Групповое беспрúвязное (кроме случаев, указанных в пп. 2 и 3) и боксовое	15	75	40
5. Телятники	Телята от 10–20 дней до 4–5 мес	Групповое беспрúвязное боксовое и в индивидуальных клетках	15	75	40
6. Родильное отделение:					
а) помещение для отела коров	Коровы глубокостельные и новостельные	Прúвязное и в денниках	15	75	40
б) профилакторий	Телята до 20-дневного возраста	В индивидуальных клетках	20	75	40
7 Помещение для содержания мясных коров с телятами в возрасте от 20 дней до 2 мес	Коровы с телятами до двухмесячного возраста	Беспрúвязное на глубокой подстилке	Не нормируется		
8. Трехстенные навесы для коров и молодняка мясных пород	Коровы сухостойные и с телятами старше двухмесячного возраста, молодняк всех возрастов	Беспрúвязное	Не нормируется		
9. Помещение для санитарной обработки скота	Коровы, молодняк, телята	—	18	75	—
10. Доильно-молочное отделение: доильный зал и молочная (помещения для приема, первичной обработки и временного хранения молока)	—	—	15	75	—
11. Пункт искусственного осеменения (манеж и лаборатория)	—	—	18	75	—

Примечание. Приведены нормы параметров воздуха для содержания животных на подстилке. Если животные содержатся без подстилки, то расчетные температуры должны быть повышены: для взрослого скота и молодняка при беспрúвязном содержании на 5°С, при привязном содержании – на 3°С, а для телят на 7°С.

вотного следует учитывать коэффициент облученности ограждающих конструкций $\varphi_к$ и коэффициент взаимозатененности $K_з$ (табл. 15.5).

Теплофизические свойства ограждающих конструкций играют большую роль в общем энергетическом балансе животноводческого помещения. Кроме того, ограждающие конструкции в большой степени определяют климатическую зону максимальной продуктивности животных, формируя лучистый теплообмен животных.

Термические сопротивления ограждений должны обеспечить такую температуру на их внутренних поверхностях, а следовательно, и среднюю радиационную температуру в помещении, при которой лучистый теплообмен

ТАБЛИЦА 15.4

ТЕМПЕРАТУРА И ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ СВИНЕЙ

Здания и помещения	Температура воздуха в помещениях, °С			Относительная влажность воздуха в помещении, %	
	пределы				
	расчетная	максимальная	минимальная	максимальная	минимальная
Свинарники – помещения для холостых и супоросных маток (кроме указанных в последнем пункте) и хряков	16	19	13	75	40
То же, для поросят-отъемышей и ремонтного молодняка	20	22	18	70	40
Свинарники-откормочники – помещения для содержания свиней	18	20	14	75	40
Свинарники-маточники – помещения для тяжелосупоросных (за 7–10 дней до опороса) и подсосных маток	20	22	18	70	40

ТАБЛИЦА 15.5

ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОБЛУЧЕННОСТИ $\varphi_к$ И ВЗАИМОЗАТЕНЕННОСТИ $K_з$ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Ширина помещения, м	$\varphi_к$		$K_з$
	покрытия	стены	
	Коровники		
12	0,31	0,18	0,19
18	0,30	0,15	0,24
	Свинарники		
12	0,46	0,27	0,1
18	0,53	0,23	0,07
24	0,57	0,21	0,05

животного с ограждающими конструкциями не превышал бы конвективной теплоотдачи, т. е. чтобы животное не ощущало местного переохлаждения отдельных частей тела. Этому условию соответствует температура поверхности стены $\tau_в^{ст} = t_в - 3°$ и температура внутренней поверхности покрытия $\tau_в^{п} = t_в - 2{,}5°C$.

Тепловое воздействие пола на организм животного характеризуется средней интенсивностью теплопоглощения пола в течение расчетного периода и периодом времени ощущения охлаждающего эффекта. В условиях климатической зоны максимальной продуктивности животных период ощущения охлаждающего эффекта не должен превышать времени

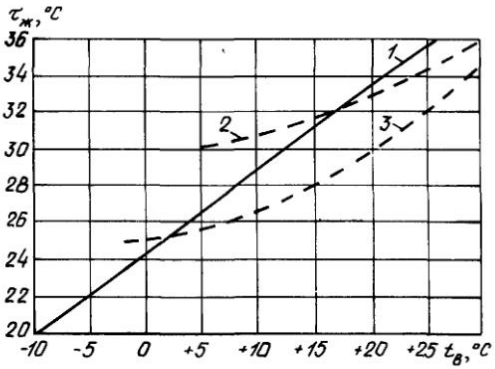


Рис. 15.2. Изменение температуры тела животного $\tau_ж$ в зависимости от температуры окружающего воздуха

1 – для коров; *2* и *3* – для свиней живой массой более 50 кг и менее 50 кг

собственной терморегуляции организма, безболезненно отражающейся на физиологическом состоянии индивидуума.

Расчетное теплопоглощение материала конструкции пола определяется коэффициентом активности, кДж/(м$^2 \cdot$ч$^{1/2} \cdot$°С)

$$B_т = \sqrt{\lambda C \gamma}. \qquad (15.7)$$

Требуемые значения коэффициентов тепловой активности для полов в животноводческих помещениях различного назначения приведены в табл. 15.6.

Количество теплоты, подаваемой системой отопления в животноводческое помещение, определяется из условий энергетического баланса этого помещения при расчетной наружной отопительной температуре $t_н$ и температуре в зоне пребывания животных $t_в$, соответствующей условиям климатической зоны максимальной продуктивности животных.

В животноводческих помещениях преимущественно следует проектировать системы воздушного отопления, совмещенные с системой подачи свежего наружного воздуха. Параметры воздуха и схема подачи его в помещение определяются количеством теплоты $Q_{от}$, которую необходимо подать в помещение, конструктивными особенностями помещения, технологией содержания животных и другими факторами, зависящими от конкретных условий.

Системы центрального водяного отопления с различными отопительными приборами (радиаторы, регистры, панели) можно применять в родильных отделениях крупного рогатого скота, в помещениях для содержания

ТАБЛИЦА 15.6

ТРЕБУЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛОВОЙ АКТИВНОСТИ $B^{тр}$ ПОЛОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Назначение помещений	Расчетная температура внутреннего воздуха, °С	Показатель тепловой активности, $B^{тр}_{т}$	
		ккал/(м² · ч$^{1/2}$ · °С)	кДж/(м² · ч$^{1/2}$ · °С)
Для содержания крупного рогатого скота			
дойных коров и молодняка до 4-6-месячного возраста	15	42	10
других групп крупного рогатого скота	12	54	12
Для содержания свиней:			
поросят-отъемышей до 4-месячного возраста, тяжелосупоросных и подсосных маток	18–20	42	10
других групп свиней	16–18	54	12

Примечание. Если $B^{тр}_{т}$ должно быть выше требуемого значения, необходима утепляющая подстилка или другой материал конструкции пола.

свиноматок с поросятами. Максимальная температура воздуха, подаваемого системой воздушного отопления, не должна превышать 70°С. Температура греющего теплоносителя в системах воздушного отопления может быть принята до 150°С. Приборы в помещении должны быть установлены так, чтобы исключалось прикасание к ним животных.

В животноводческих помещениях можно применять комбинированные системы отопления с использованием локальных систем. Так, в помещениях для молодняка можно устраивать электрообогреваемые полы и устанавливать инфракрасные излучатели различного типа в виде электрических ламп накаливания. Эти системы применяются в сочетании с другими системами отопления и являются дополнительным средством местного обогрева.

В помещениях для содержания животных можно применять системы газового отопления с помощью горелок инфракрасного излучения (ГИИ), работающих как на природном, так и на сжиженном (пропан-бутан) газе. Горелки должны быть оборудованы специальными отсосами вытяжной вентиляционной системы.

При проектировании таких систем следует иметь в виду, что основным показателем их работы является плотность облученности животных. Количество горелок $n_г$, необходимых для отопления помещения, определяется по формуле

$$n_г = Q_{от}/Q_г, \qquad (15.8)$$

где $Q_г$ – номинальная тепловая мощность горелки, Вт.

Рассчитанное количество горелок должно быть размещено в помещении таким образом, чтобы облученность животных не превышала норм, приведенных в табл. 15.7.

ТАБЛИЦА 15.7

НОРМЫ ОБЛУЧЕННОСТИ ЖИВОТНЫХ

Вид животного	Норма облученности	
	Вт/м²	ккал/(ч × × м²)
Телята	85–130	100–150
Поросята в возрасте до 1 мес	130–155	150–180
То же, более 1 мес	85–130	100–150
Свиноматки	70–85	80–100

Облученность, создаваемая одной горелкой инфракрасного излучения, определяется по номограммам, приведенным на рис. 15.3.

В табл. 15.8 даны рекомендации по применению систем отопления в животноводческих помещениях различного назначения.

ТАБЛИЦА 15.8

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Вид помещения	Система отопления	
	основная	дополнительная
Коровники	Воздушная, совмещенная с приточной вентиляцией	—
Родильные отделения	То же	Водяная, электрообогреваемые полы, газовые излучатели ГИИ
Телятники	»	Инфракрасные излучатели – электрические лампы накаливания, газовые излучатели ГИИ
Свинарники-маточники	»	Электрообогреваемые полы, инфракрасные излучатели – электрические лампы накаливания, газовые излучатели ГИИ
Свинарники-откормочники	»	—

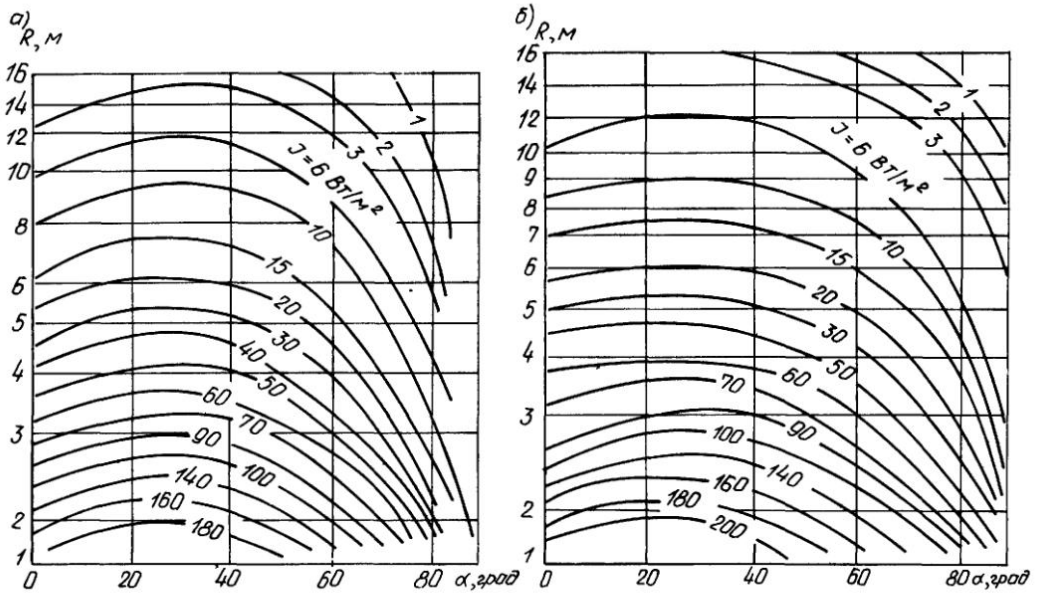


Рис. 15.3. Номограмма для определения плотности облученности J, Вт/м², создаваемой горелкой инфракрасного излучения с керамической (*а*) и металлокерамической (*б*) насадками площадью 500 см²

R расстояние от поверхности насадок ГИИ до точки, в которой определяется облученность, м, α – пространственный угол между нормалью к плоскости излучающей насадки и направлением на точку, в которой определяется плотность облученности

15.2. Птицеводческие помещения

Системы отопления птицеводческих помещений должны обеспечивать заданные температурные режимы в условиях стационарного энергетического баланса при расчетной отопительной наружной температуре. Расчетные параметры наружного воздуха следует принимать по параметрам Б главы СНиПа.

В холодный период года температура внутреннего воздуха в помещении определяется видом птиц, их возрастом и технологией содержания (табл. 15.9).

Температура внутреннего воздуха в основных производственных помещениях птицефабрик приведена в табл. 15.10.

В помещениях для содержания молодняка следует предусматривать зоны обогрева локальными системами для поддержания в них следующих температур, °С:

куры в возрасте 1–30 дней	35–22
индейки в возрасте 1—20 «	35–22
утки в возрасте	
1 10 дней	26
11–30 «	26–22

При составлении энергетического баланса птицеводческого помещения необходимо принимать в расчет теплопоступления от птиц, находящихся в этом помещении. Тепловой поток от птиц $Q_{пт}$ определяется по формуле

$$Q_{пт} = nPqK_1K_2K_3, \qquad (15.9)$$

где n – расчетное число голов птиц, P – масса одной птицы, кг, q – тепловыделения птиц, Вт/кг (табл. 15 11); $K_1 = 0{,}6$ – поправочный коэффициент на тепловыделения в ночное время; K_2 – поправочный коэффициент на отклонение температуры воздуха в птичнике от расчетной (табл 15 12); $K_3 = 0{,}85 - 0{,}9$ – коэффициент заполнения птичника, т.е отношение фактического количества голов птиц, находящихся бóльшую часть времени в помещении, к расчетному

При составлении энергетического баланса помещения следует учитывать количество теплоты, Вт, расходуемой на испарение влаги из помета

$$Q_{исп} = \frac{2500}{3{,}6}\frac{nP_п}{24}z, \qquad (15.10)$$

где n – число голов птицы; $P_п$ – выход помета от одной птицы, кг/сут (табл. 15.13); z – степень усушки помета

ТАБЛИЦА 15.9

ТЕМПЕРАТУРА И ВЛАЖНОСТЬ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ПТИЦ

Вид и возрастная группа птицы	Расчетная температура в холодный период года, °С, при содержании			Оптимальная относительная влажность, %
	напольном		клеточном	
	в помещении	под брудерами		
Взрослая птица				
Куры	16–18	—	16–18	60–70
Индейки	16	—	—	60–70
Утки	14	—	—	70–80
Гуси	14	—	—	70–80
Цесарки	16	—	16	65–70
Перепела	—	—	20–22	60–70
Молодняк птицы				
Молодняк кур в возрасте, недели ремонтный:				
1–4	28–24	35–22	33–24	60–70
5–11	18–16	2	18	60–70
12–22(26)	16	—	16	60–70
цыплята-бройлеры:				
1	28–26	35–30	32–28	65–70
2–3	22	29–26	25–24	65–70
4–6	20	–	20	65–70
7–9	18		18	60–70
Молодняк индеек в возрасте, недели:				
1	30–28	37–30	35–32	60–70
2–3	28–22	29–25	31–27	60–70
4–5	21–19	25–21	26–22	60–70
6–17	20–17	–	21	60–70
18–30(34)	16	—	18	60–70
Молодняк уток в возрасте, недели:				
1	26–22	35–26	31–24	65–75
2–4	20	25–22	24–20	65–75
5–8	16	—	18	65–75
9–26(28)	14	—	14	65–75
Молодняк гусей в возрасте, недели:				
1–3(4)	26–22	30	30–22	65–75
4(5)–9	20–18	—	20–18	65–75
10–39	14	—	14	70–80

Примечания: 1. Во всех помещениях для содержания молодняка старшего возраста и взрослого поголовья птицы допускается в зимний период отклонение температуры воздуха помещения от расчетной на 2°С.

2. Температура внутреннего воздуха помещений приведена для холодного периода и относится к зоне размещения птицы. Зоной размещения птицы при напольном содержании считается пространство высотой до 0,8 м от поверхности пола, а в птичниках для кур и индеек, оборудованных насестами и гнездами,–на 0,5 м выше наиболее приподнятых насестов и гнезд. При клеточном содержании зоной размещения считается пространство на всю высоту клеточных батарей.

3. В теплый период года (при температуре наружного воздуха выше 10°С) расчетная температура воздуха помещения птичников допускается не более чем на 5°С выше среднемесячной температуры наружного воздуха в 13 ч самого жаркого месяца, но не выше 33°С для яичной и 26°С – для мясной птицы.

ТАБЛИЦА 15.10

ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА $t_в$ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Помещения	Температура, °С
Для приема яиц	15–22
Для сортировки яиц	18–22
Для хранения яиц	8–12
Инкубаторный зал	20–22
Для обработки молодняка	24–26
Для хранения молодняка	28–30

ТАБЛИЦА 15.11

КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ, ВЫДЕЛЯЕМОЙ РАЗЛИЧНЫМИ ГРУППАМИ ПТИЦ

Вид и возрастная группа птицы	Живая масса птицы, кг	Свободная теплота	
		кДж/ч	ккал/ч
Взрослая птица			
Куры яичных пород (в клетках)	1,5–1,7	24,6	5,88
Куры мясных пород (на полу)	3,0–3,5	21,3	5,08
Индейки	6,0–7,0	17,4	4,16
Утки	3,5	28,3	6,76
Гуси	5,0–6,0	10,5	2,47
Молодняк птицы			
Ремонтный молодняк яичных кур в возрасте, недели:			
1	0,06	63,8	15,24
2–4	0,25	51,2	12,24
5–8	0,60	30,1	7,20
9–17	1,14	27,9	6,66
10–22	1,45	26,4	6,31
Ремонтный молодняк мясных кур в возрасте, недели:			
1	0,08	56,3	13,45
2–4	0,48	42,8	10,22
5–9	1,40	29,1	6,95
10–20	2,30	19,5	4,67
21–26	2,80	20,3	4,86
Цыплята-бройлеры в возрасте, недели:			
1–8 (в клетках)	1,30	28,6	6,84
1–9 (на полу)	1,40	31.0	7,40
Ремонтный молодняк индеек в возрасте, недели:			
1	0,10	43,9	10,48
2–4	0,60	33,6	8,04
5–17	4,00	24,5	5,85
18–34	6,00	26,1	6,24
Индюшата на мясо в возрасте, недели:			
1–10	2,20	36.6	8,75
1–8	1,90	36,6	8,75
9–16	4	22,6	5,40
9–23	7,00	19,6	4,68
Ремонтный молодняк уток в возрасте, недели:			
1	0,2–0,3	62,0	14,82
2–4	1,0–1,5	40,3	9,63
5–7(8)	2,2–2,8	21,2	5,07
8(9)–28	3,0–3,5	19,0	4,55
Утята на мясо в возрасте 1–8 недель	2,2–2,5	21,5	5,14

Продолжение табл. 15.11

Вид и возрастная группа птицы	Живая масса птицы, кг	Свободная теплота	
		кДж/ч	ккал/ч
Ремонтный молодняк гусей в возрасте, недели:			
1–3 (4)	1,30	40,3	9,62
4 (5)–9	4,00	22,6	5,41
10–34	6,00	10,9	2,60
35–39	6,50	11,4	2,73
Гусята на мясо в возрасте, недели:			
1–4	1,70	40,3	9,62
5–9	2,00	22,8	5,46

ТАБЛИЦА 15.12

КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОТЫ ПТИЦЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ

Температура воздуха в помещении, °С	Свободная теплота	
	от молодняка старше 30 дней и взрослой птицы	от молодняка до 30 дней
4	1,15	—
8	1,10	
12	1,05	—
16	1,00	—
20	1,00	1,00
24	1,05	1,00
26	1,07	1,03
28	1,10	1,05
32	1,15	1,10
36	0,80	0,90

ТАБЛИЦА 15.13

ПРИМЕРНЫЙ ВЫХОД ПОМЕТА ОТ ПТИЦЫ

Вид птиц	Выход помета от одной птицы, кг/сут
Куры яичных пород	0,18
Куры мясных пород	0,3
Индейки	0,45
Утки	0,42
Гуси	0,6

Примечание. При расчетах следует принимать влажность свежего помета кур и индеек 73–76%, уток и гусей – 83–85%. При клеточном содержании усушка помета кур и индеек через 12 ч составляет 13%, а через 24 ч – 27%, при напольном содержании кур и индеек – 50%, а уток и гусей – 35%.

В птицеводческих помещениях необходимо предусматривать, как правило, воздушное отопление, совмещенное с приточной вентиляционной системой. Количество теплоты, подаваемой такой системой, определяется энергетическим балансом помещения. В помещениях для молодняка птиц, а также в других помещениях при соответствующем обосновании можно применять системы центрального водяного отопления с чугунными секционными отопительными приборами или приборами из гладких труб. Температура поверхности отопительных приборов в помещениях для птиц не должна превышать 95°С. Отопительные приборы и трубопроводы необходимо укрывать, обеспечивая доступ к ним для очистки от загрязнения.

Для обогрева молодняка птиц младшего возраста следует применять системы локального обогрева (электрические брудеры или газовые инфракрасные излучатели). Расчет систем локального обогрева сводится к определению числа излучателей и выбору способа расположения их в помещении. Излучатели в помещении должны располагаться таким образом, чтобы облученность птиц не превышала норм, приведенных в табл. 15.14.

ТАБЛИЦА 15.14

НОРМЫ ОБЛУЧЕННОСТИ ПТИЦ (ЦЫПЛЯТ)

Возраст, дни	Норма облучения	
	Вт/м²	ккал/(м² × × ч)
До 10	290–348	250–300
От 11–30	174–290	150–250
Старше 30	116–174	100–150

Рекомендуемые системы отопления птичников приведены в табл. 15.15.

ТАБЛИЦА 15.15

СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПТИЧНИКОВ

Помещения	Система отопления	
	основная	дополнительная
	Напольное содержание	
Цехи промышленного стада кур-несушек, цехи маточного стада	Воздушная, совмещенная с приточной вентиляцией	—
Цехи бройлеров и ремонтного молодняка	Водяная	Воздушная
	Клеточное содержание	
Цехи кур-несушек	Воздушная, совмещенная с приточной вентиляцией	–
Цехи выращивания цыплят	Водяная	Обогрев брудерами, газовыми инфракрасными излучателями

15.3. Культивационные сооружения для круглогодичного выращивания овощей

Культивационные сооружения проектируются трех видов: утепленный грунт, парники и теплицы. При выборе вида культивационных сооружений необходимо учитывать следующие классификационные признаки: продолжительность использования в течение года (круглогодичное, сезонное, краткосрочное), наличие или отсутствие бокового ограждения, габариты сооружения (мало-, средне и крупногабаритное), удельный объем, климатический район постройки, принятые культурообороты.

Утепленный грунт – малогабаритное, перемещаемое светопрозрачное сооружение, не имеющее бокового ограждения, обслуживаемое людьми, находящимися вне сооружения; эксплуатируется в течение весенне-летнего периода.

Парник – малогабаритное культивационное сооружение, имеющее боковое ограждение и съемную светопрозрачную кровлю; обслуживается людьми, находящимися вне сооружения, эксплуатируется в течение весенне-летнего периода.

Теплица – крупногабаритное культивационное сооружение, имеющее боковое ограждение и светопрозрачную кровлю, которое обслуживается людьми, находящимися внутри помещения. Сооружения эксплуатируются в течение круглого года.

Создание оптимальных климатических условий в сооружении позволяет получить в 10–20 раз урожай больше, чем в поле. Наибольшее распространение получили теплицы, которые являются высокорентабельными предприятиями. В теплицах выращивают свыше 20 культур, однако подавляющее большинство теплиц занято под огурцы, томаты, салат, лук, редис и другие культуры.

Микроклимат теплицы – это совокупность физических параметров воздушной и корнеобитаемой среды теплицы. Тепловой режим – важнейший фактор микроклимата.

Для обеспечения оптимальной интенсивности фотосинтеза требуется суточная и сезонная динамика температуры воздуха. Днем температура должна быть выше, чем ночью, в солнечную погоду – выше, чем в пасмурную, в период плодоношения – выше, чем до плодоношения. Температура почвы на глубине 0,3–0,4 м должна быть равномерна и соответствовать заданной. Требуемая температура воздуха теплицы должна быть обеспечена по всему рабочему объему сооружения. Высота рабочего объема по мере роста растений изменяется от 0,3 м от поверхности грунта до 2,5 м.

Температуры воздуха для различных овощей в период их культивации приведены в табл. 15.16.

Теплицы имеют легкие наружные ограждения, выполненные из стекла толщиной 4–5 мм или пленки толщиной 0,1–0,2 мм. Коэффициенты теплопередачи K различных ограждений теплиц приведены в табл. 15.17.

Температурный режим теплицы определяется соотношением теплопотерь и теплопоступлений сооружения и зависит от принятого культурооборота и наружных климатических условий.

В общем виде уравнение энергетического баланса может быть записано на основе расчетной схемы теплового баланса (рис. 15.4).

Мощность системы отопления $Q_{от}$ определяется из уравнения теплового баланса

$$Q_{от} = \Sigma Q_{ог} + Q_{гр} + Q_{инф}. \qquad (15.11)$$

Основные потери тепла через ограждения – это потери через стены $Q_{верт}$ и скаты $Q_{ск}$:

$$\Sigma Q_{огр} = Q_{верт} + Q_{ск}. \qquad (15.12)$$

Тепловой поток через вертикальные ограждения различен по высоте. В нижней части, где расположены отопительные приборы цокольного обогрева, он значительно выше, поэтому потери через вертикальные ограждения следует рассчитывать по зонам:

$$Q_{верт} = Q_{низ} + Q_{верх}, \qquad (15.13)$$

где $Q_{низ}$ и $Q_{верх}$ – теплопотери через вертикальные ограждения на участках от поверхности почвы до верхнего уровня отопительных приборов и от верхнего уровня отопительных приборов до ската.

Температура вертикальных поверхностей в пределах высоты отопительных приборов больше, чем в верхней зоне, на 5–15° в зависимости от вида отопительных приборов, расстояния до ограждения, окраски труб, температуры теплоносителя и наружного воздуха, скорости ветра.

ТАБЛИЦА 15.16

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ В ТЕПЛИЦАХ

Овощи	Температура воздуха, °С						
	во время появления всходов	во время выращивания			в период плодоношения		в период закалки растения
		пасмурно	солнечно	ночью	днем	ночью	
Огурцы, дыни, арбузы	17–18	20–22	27–30	17–18	25–30	18–20	13–15
Помидоры, баклажаны, перец, кабачки фасоль	10–12	20–22	25–27	10–13	22–28	15–17	8–10
Салат, сельдерей, спаржа, лук на зелень	8–9	17–18	20–26	8–12	—	—	7–5
Шпинат, укроп, щавель, петрушка на зелень	8–9	15–16	20–21	8–9	—	—	1
Редис, капуста, брюква	6–7	12–13	16–18	7–8	—	—	1–3

ТАБЛИЦА 15.17

КОЭФФИЦИЕНТЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ *K*

Конструкция ограждения	Значения *K*	
	Вт/(м²·К)	ккал/(ч·м²·°С)
Стекло с металлическими шпросами	6,4	5,5
Два стекла, разделенных воздушным промежутком, с металлическими шпросами	3,3	2,8
Стекло с деревянными шпросами	5,8	5,0
Пленочное укрытие:		
одинарное	10,0	8,6
двухслойное	5,8	5,0

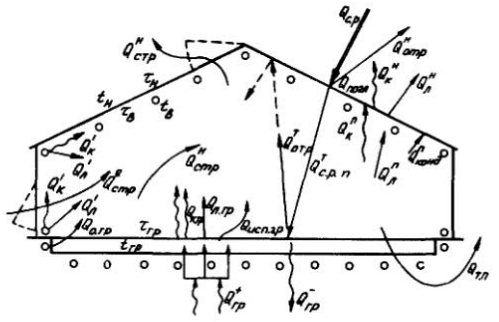


Рис. 15.4. Расчетная схема теплового баланса теплицы

$Q_{с.р}$ – теплота солнечной радиации; $Q^{т}_{с.р.п}$, $Q^{п}_{отр}$, $Q_{погл}$, $Q^{т}_{отр}$ – теплота солнечной радиации, поступившая в теплицу, отраженная от покрытия, поглощенная покрытием, отраженная грунтом; $Q^{-}_{гр}$ – теплота, поглощенная грунтом; $Q^{+}_{гр}$ – теплота, отдаваемая грунтом; $Q_{к.гр}$, $Q_{л.гр}$ – конвективная и лучистая теплота с поверхности грунта; $Q_{исп\ гр}$ – теплота испарения с поверхности грунта; $Q^{п}_{к}$, $Q^{п}_{л}$, $Q^{п}_{конд}$ – конвективная, лучистая и теплота конденсации на внутренней поверхности ограждения; $Q^{н}_{к}$, $Q^{н}_{л}$ – конвективная и лучистая теплота наружной поверхности; $Q_{т.п}$ – теплопотери через грунт; $Q'_{к}$, $Q'_{л}$ – конвективная и лучистая теплота нагревательных приборов системы обогрева воздушного пространства; $Q_{о.гр}$ – теплота системы обогрева грунта; $Q^{т}_{стр}$, $Q^{п}_{стр}$ – теплота естественных и искусственных воздушных струй; $Q^{в}_{стр}$ – теплота наружной струи; $\tau_{н}$, $\tau_{в}$, $\tau_{гр}$ – температура наружной, внутренней поверхности ограждения и поверхности грунта; $t_{н}$, $t_{в}$, $t_{гр}$ – температура наружного, внутреннего воздуха, грунта

Мощность системы отопления $Q_{от}$ следует рассчитывать по максимальному перепаду наружной $t_{н}$ и внутренней $t_{в}$ температуры воздуха с учетом начала периода эксплуатации и принятого культурооборота в теплице. В качестве температуры наружного воздуха $t_{н}$ принимается температура холодных суток расчетного месяца.

К системам отопления теплиц предъявляются следующие основные требования:

1) технологические – обеспечение требуемых температур воздуха в рабочем объеме, листьев растений, корнеобитаемого слоя почвы, локализация холодных конвективных потоков в пристенной зоне, обеспечение снеготаяния на кровле и стока талой воды;

2) вспомогательные – предотвращение перегрева в весенне-летний период, сохранение требуемого светового режима и фотосинтеза

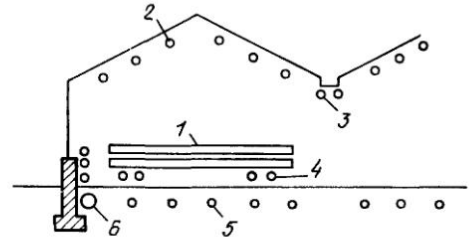


Рис. 15.5. Системы обогрева теплицы

1 – цокольный; *2* – шатровый; *3* лотковый; *4* – надпочвенный; *5* – подпочвенный; *6* – контурный

растений, поддержание требуемой подвижности воздуха;

3) требования к управляемости системой – подача в сооружение необходимого количества теплоты в зависимости от температуры наружного воздуха, интенсивности солнечной радиации, снегопада и отсутствия снега на кровле, малая инертность;

4) конструктивные – не мешать технологическому процессу, не занимать полезную площадь;

5) эксплуатационно-экономические – надежность в эксплуатации, индустриальность, экономичность по расходу металла и электроэнергии; долговечность.

В теплицах системы отопления могут быть с различными видами теплоносителей – водой, воздухом, паром, горячими газами. Наибольшее распространение получил водяной обогрев.

При устройстве систем водяного обогрева для экономичного обеспечения заданных температурных условий при любом режиме работы теплицы ее следует оборудовать несколькими независимыми системами (рис 15.5);

а) шатрового обогрева – для обеспечения снеготаяния и поддержания температурного режима в верхней зоне,

б) цокольного обогрева – для локализации холодных потоков в пристенной зоне,

в) контурного подпочвенного обогрева – для предотвращения промерзания почвы в пристенной зоне;

г) основного подпочвенного обогрева – для создания требуемого температурного режима в корнеобитаемом слое;

д) надпочвенного обогрева – для обеспечения равномерности температур в надпочвенной зоне.

В системах отопления шатрового, цокольного и надпочвенного обогрева температура теплоносителя $t_г = 95°C$, $t_0 = 70°C$; основного подпочвенного обогрева $t_г = 45°C$, $t_0 = 30°C$; контурного подпочвенного обогрева $t_г = 130–150°C$, $t_0 = 70°C$.

Нагревательные приборы всех систем (кроме основной подпочвенной) – стальные гладкие трубы (возможны конвекторные трубы). Для основной подпочвенной системы следует использовать асбестоцементные или пластмассовые трубы.

ГЛАВА 16. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

16.1. Классификация солнечных систем горячего водоснабжения и отопления

Солнечная радиация – практически неисчерпаемый и экологически чистый источник энергии. Мощность потока солнечной энергии у верхней границы атмосферы равна $1{,}7 \cdot 10^{14}$ кВт, а на поверхности Земли – $1{,}2 \cdot 10^{14}$ кВт. Общее годовое количество поступающей на Землю солнечной энергии составляет $1{,}05 \cdot 10^{18}$ кВт ч, в том числе на поверхность суши приходится $2\ 10^{17}$ кВт·ч. Без ущерба для экологической среды может быть использовано до 1,5% всей поступающей солнечной энергии.

Среднесуточная интенсивность потока солнечного излучения равна 210–250 Вт/м^2 [18–21,2 МДж/(м^2·сут)] в тропических зонах и пустынях, 130–210 Вт/м^2 [(10,8–18 МДж/(м^2·сут)] в центральной части СССР и 80–130 Вт/м^2 [7,2–10,8 МДж/(м^2·сут)] на Севере СССР, а максимальная величина достигает 1000 Вт/м^2. Число часов солнечного сияния в год в республиках Средней Азии составляет 2700–3035, в Закавказье 2130–2520, на Украине и в Молдавии 2000–2080. Количество солнечной энергии, поступающей за год на 1 м^2 горизонтальной поверхности, в Ашхабаде равно 1720 кВт·ч, в Одессе 1345 кВт·ч, в Москве 1015 кВт·ч. С помощью гелиотехнических устройств может быть полезно использовано 10–50% этой энергии.

Гелиосистемы теплоснабжения рекомендуется применять в основном в южных районах РСФСР, Украины, Казахстана, в Закавказье, Молдавии и Средней Азии при соответствующем технико-экономическом обосновании:

1) при сезонном теплоснабжении или при режиме теплопотребления с максимальными нагрузками в летний период;

2) при высокой себестоимости тепловой энергии, отпускаемой традиционным источником теплоты;

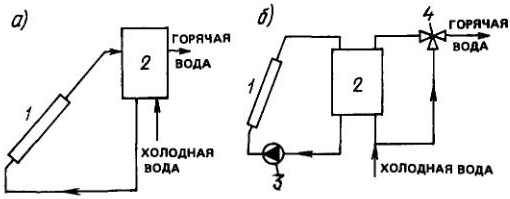


Рис. 16.1. Принципиальные схемы солнечных водонагревательных установок с естественной (*а*) и принудительной (*б*) циркуляцией теплоносителя

1 – коллектор солнечной энергии; *2* – бак-аккумулятор горячей воды; *3* – насос; *4* – смесительный вентиль

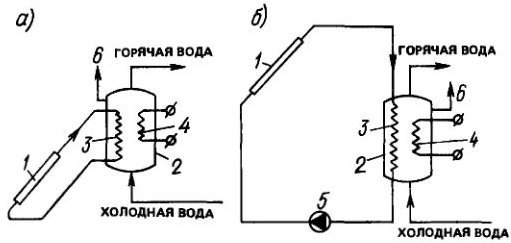


Рис. 16.2. Двухконтурные схемы солнечных водонагревательных установок с естественной (*а*) и принудительной (*б*) циркуляцией теплоносителя

1 – коллектор солнечной энергии, *2* – аккумулятор тепла, *3* – теплообменник; *4* – резервный (дополнительный) источник энергии; *5* – насос; *6* – предохранительный клапан

3) при высоких среднегодовых значениях интенсивности поступающей солнечной радиации и большом количестве солнечных дней;

4) при наличии площадей для размещения КСЭ, отсутствии затенения КСЭ с ограждающими конструкциями здания;

5) при повышенных требованиях к чистоте окружающей воздушной среды;

6) с целью экономии топливно-энергетических ресурсов.

Солнечные системы горячего водоснабжения (ССГВ). Существуют два основных типа ССГВ: с **естественной** (рис. 16.1, *а*) и **принудительной** (рис. 16.1, *б*) **циркуляцией** теплоносителя. Если в контуре коллектора солнечной энергии и в баке-аккумуляторе теплоты используется вода, то ССГВ выполняется по одноконтурной схеме. Для предотвращения замерзания теплоносителя в контуре КСЭ может использоваться антифриз, при этом теплота от антифриза к воде передается с помощью теплообменника, и ССГВ выполняется по двухконтурной схеме (рис. 16.2, *а* и *б*). ССГВ первого типа обычно используются для небольших потребителей, при этом бак-аккумулятор теплоты должен быть установлен выше КСЭ. Для крупных потребителей горячей воды для циркуляции теплоносителя требуется насос (рис. 16.2, *б*).

Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения. Различают активные и пассивные системы солнечного отопления (ССО). Характерным признаком **активных ССО** является наличие коллектора солнечной энергии (КСЭ), аккумулятора теплоты, дополнительного (резервного) источника энергии (ДИЭ), теплообменников (в двухконтурных схемах), насосов или вентиляторов, соединительных трубопроводов или воздуховодов и системы регулирования.

В **пассивных системах** роль КСЭ и аккумулятора теплоты выполняют ограждающие конструкции здания, а движение нагретого солнечной энергией воздуха осуществляется, как правило, путем естественной конвекции. В пассивных системах обеспечивается прямое улавливание стенами и полом здания солнечной энергии, поступающей через окна большой площади, расположенные в южной стене, ее аккумулирование теплоаккумулирующей массой (стены, пол, емкости с водой и т. п.), либо улавливание солнечной энергии в пристроенной к южной стене здания теплице и передача теплоты внутрь помещений и т. д. Для снижения теплопотерь здания в ночное время на светопрозрачных поверхностях предусматривают тепловую изоляцию (щиты, ставни и т. п.).

Применение пассивных ССО экономически целесообразно в районах с достаточно высоким уровнем инсоляции, большим числом часов солнечного сияния и умеренной температурой наружного воздуха. Наиболее эффективной является пассивная ССО с теплоаккумулирующей бетонной стеной темного цвета, которая расположена с южной стороны, имеет остекленную наружную поверхность и отверстия для циркуляции воздуха на уровне пола и потолка (рис. 16.3). КПД этой системы может достигать 40%. При применении пассивных ССО здания должны иметь улучшенную тепловую изоляцию и удовлетворять требованиям сохранения энергии.

В настоящее время, как правило, используются активные гелиосистемы. В зависимости от вида теплоносителя в контуре КСЭ различают жидкостные и воздушные системы. Теплоносителем в КСЭ может быть жидкость

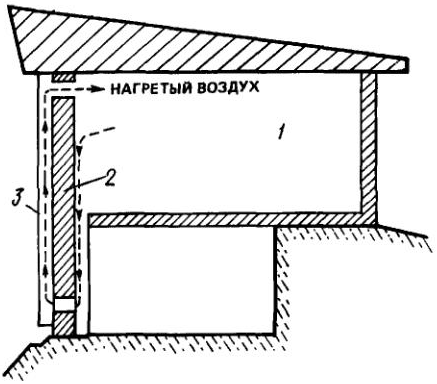


Рис. 16.3. Пассивная солнечная система отопления здания с естественной циркуляцией воздуха в пространстве между остеклением южного фасада и теплоаккумулирующей стеной

1 – здание; *2* – теплоаккумулирующая стена; *3* – остекление

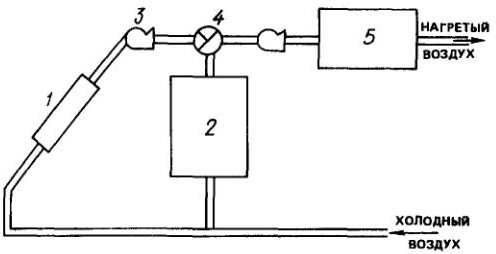


Рис. 16.4. Принципиальная схема воздушной гелиосистемы отопления

1 – коллектор солнечной энергии; *2* – галечный аккумулятор тепла; *3* – вентилятор; *4* – переключающий клапан; *5* – резервный (дополнительный) источник энергии

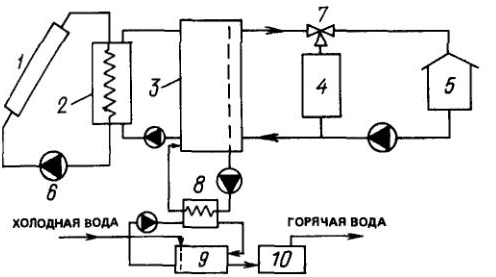


Рис. 16.5. Схема жидкостной гелиосистемы отопления и горячего водоснабжения

1 – коллектор солнечной энергии; *2* – теплообменник в контуре КСЭ; *3* – аккумулятор тепла; *4* – резервный (дополнительный) источник энергии; *5* – здание; *6* – насос; *7* – смесительный вентиль; *8* – теплообменник в контуре горячего водоснабжения; *9* – бак горячей воды; *10* – дублер-доводчик

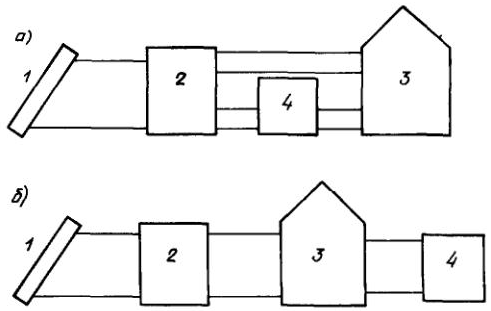


Рис. 16.6. Принципиальные схемы гелиотеплонасосной системы теплоснабжения с последовательным (*а*) и параллельным (*б*) подключением теплового насоса

1 – коллектор солнечной энергии; *2* – аккумулятор теплоты; *3* – тепловой потребитель (здание); *4* – тепловой насос

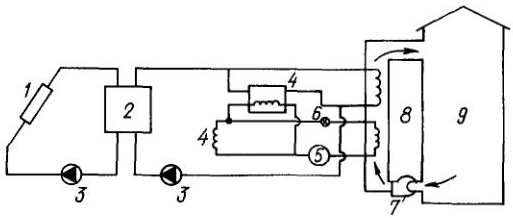


Рис. 16.7. Схема комбинированной гелиотеплонасосной системы отопления здания с использованием теплового насоса с двумя испарителями

1 – коллектор солнечной энергии; *2* – аккумулятор тепла; *3* – насос; *4* – испарители теплового насоса; *5* – компрессор; *6* – дроссельный вентиль; *7* – вентилятор; *8* – конденсатор; *9* – здание

(вода, 40–50%-ный раствор этилен- или пропиленгликоля, органические теплоносители и др.) или газ (воздух). Каждый из теплоносителей имеет определенные преимущества и недостатки. Так, использование воздуха позволяет исключить проблемы замерзания и коррозии, снизить массу установки, уменьшить возможный ущерб от утечки жидкого теплоносителя и т. д., но теплотехнически воздушные ССО менее эффективны, чем жидкостные. Поэтому в большинстве эксплуатируемых ССО теплоносителем служит вода.

На рис. 16.4 и 16.5 представлены принципиальные схемы **воздушной и водяной гелиосистем отопления**. Распределение теплоты в здании осуществляется с помощью вентиляционной системы (воздушные ССО), посредством излучающих панелей со встроенными змеевиками с горячей водой, радиаторов и конвекторов, рассчитанных на низкотемпературный теплоноситель (жидкостные ССО).

Возможно применение гибридных систем, объединяющих элементы активных и пассивных систем.

Значительные преимущества имеет **комбинированная гелиотеплонасосная система** теплоснабжения с последовательной (рис. 16.6, *а*) и параллельной (рис. 16.6, *б*) схемами подключения теплового насоса. В первом случае испаритель теплового насоса получает теплоту от аккумулятора, а во втором источником теплоты служит окружающая среда. Возможно также использование теплового насоса с двумя испарителями (рис. 16.7). При совмещении испарителя теплового насоса и неостекленного КСЭ с ограждающей конструкцией здания получается «энергетическая крыша» или «энергетический фасад», которые позволяют использовать солнечную энергию, явную и скрытую теплоту окружающей среды.

Солнечные установки для отопления и горячего водоснабжения зданий входят в состав комбинированных гелиотопливных систем теплоснабжения, при этом за счет солнечной энергии обеспечивается частичное покрытие годовой тепловой нагрузки потребителя. Резервный источник теплоты должен обеспечивать полное покрытие расчетной тепловой нагрузки. В отдельных случаях допустимо неполное резервирование производительности гелиоустановки. Здание должно отвечать современным требованиям теплозащиты и сохранения энергии, а все элементы и оборудование гелиотопливной системы должны быть спроектированы особо тщательно. При соблюдении этих условий может быть обеспечена высокая эффективность использования солнечной энергии.

16.2. Оценка располагаемого количества солнечной энергии

Плотность потока солнечной радиации у верхней границы атмосферы на поверхность, расположенную перпендикулярно направлению солнечных лучей, равна $I_{0\perp} = 1{,}353$ кВт/м^2 (солнечная постоянная), а среднее количество энергии, поступающей за 1 ч на 1 м^2 этой поверхности, равно $F_{0\perp} = 4{,}871$ МДж/(м^2·ч).

В системах солнечного теплоснабжения (ССТ) обычно используются плоские КСЭ, устанавливаемые в наклонном положении. Среднемесячное дневное количество суммарной солнечной энергии, МДж/(м^2·день), поступающей на наклонную поверхность КСЭ, равно:

$$\bar{E}_к = \bar{R}\,\bar{E}, \qquad (16.1)$$

где $\bar{E}$ – среднемесячное дневное количество суммарного солнечного излучения, поступающего на горизонтальную поверхность, МДж/(м^2·день); $\bar{R}$ – отношение среднемесячных дневных количеств солнечной радиации, поступающих на наклонную и горизонтальную поверхности.

Для наклонной поверхности с южной ориентацией

$$R = \left(1 - \frac{\bar{E}_д}{\bar{E}}\right)\bar{R}_п + \frac{1+\cos\beta}{2}\cdot\frac{\bar{E}_д}{\bar{E}} + \rho\frac{1-\cos\beta}{2}, \qquad (16.2)$$

где $\bar{E}_д$ – среднемесячное дневное количество диффузной (рассеянной) солнечной энергии, поступающей на горизонтальную поверхность, МДЖ/(м^2·день); $\bar{R}_п$ – коэффициент пересчета прямого излучения с горизонтальной на наклонную поверхность; β – угол наклона КСЭ к горизонту, град; ρ – коэффициент отражения для подстилающей поверхности Земли. Обычно летом $\rho = 0{,}2$, а зимой при наличии снежного покрова $\rho = 0{,}7$.

Среднемесячная величина коэффициента $R_п$ (рис. 16.8)

$$\bar{R}_п = \frac{\cos(\varphi-\beta)\cos\delta\sin\omega'_з + \frac{\pi}{180}\omega'_з\sin(\varphi-\beta)\sin\delta}{\cos\varphi\cos\delta\sin\omega_з + \sin\varphi\sin\delta\frac{\pi}{180}\omega_з}, \qquad (16.3)$$

где φ – широта местности, град; δ – склонение Солнца, град; $\omega_з$ и $\omega'_з$ – часовой угол захода Солнца на горизонтальной и наклонной поверхностях, град.

Угол склонения Солнца в данный день n равен:

$$\delta = 23{,}45\sin\left(360\frac{284+n}{365}\right). \qquad (16.4)$$

На рис. 16.9 показаны основные углы, используемые в приведенных формулах.

Для среднего дня I–XII месяцев величина δ равна:

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
δ, град	−20,9	−13	−2,4	9,4	18,8	23,1	21,2	13,5	2,2	−9,6	−18,9	−23,0

ТАБЛИЦА 16.1

СРЕДНЕМЕСЯЧНОЕ СУТОЧНОЕ ПОСТУПЛЕНИЕ СУММАРНОЙ E И ДИФФУЗНОЙ $E_д$ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ, МДж/(м² · ДЕНЬ), НА ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ, КОЭФФИЦИЕНТ ЯСНОСТИ АТМОСФЕРЫ $K_я$ И ТЕМПЕРАТУРА НАРУЖНОГО ВОЗДУХА $T_в$, °С

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII
Алма-Ата (43,4° с. ш.)												
E	6,34	9,24	12,01	16,54	20,52	22,66	23,62	20,79	16,96	11,20	6,67	5,13
$E_д$	3,64	5,21	6,21	6,95	8,1	7,78	6,88	6,34	5,28	4,18	3,34	2,7
$K_я$	0,49	0,51	0,47	0,49	0,53	0,55	0,59	0,59	0,60	0,56	0,47	0,44
$T_в$	−11,5	−8,9	0,8	10,3	16,0	20,3	22,9	21,7	15,6	8,0	−1,2	−8,2
Ашхабад (38° с. ш.)												
E	7,42	10,58	13,63	18,34	24,16	26,83	26,59	24,97	20,57	14,71	9,03	6,48
$E_д$	3,64	5,07	6,34	7,78	8,1	7,92	7,83	6,48	5,98	4,72	3,89	3,24
$K_я$	0,45	0,50	0,49	0,53	0,61	0,65	0,66	0,68	0,68	0,64	0,51	0,44
$T_в$	1,0	4,3	9,8	16,4	22,8	27,3	29,3	27,7	22,6	15,3	8,4	3,7
Баку (41,1° с. ш.)												
E	9,99	14,3	18,49	24,05	27,13	29,61	27,40	25,11	20,01	15,66	10,70	8,77
$E_д$	2,16	2,83	3,78	4,73	5,26	6,53	6,34	5,4	3,89	3,64	2,5	2,02
$K_я$	0,69	0,73	0,70	0,70	0,69	0,72	0,69	0,70	0,69	0,74	0,69	0,69
$T_в$	4,0	4,4	6,8	11,8	18,4	23,4	26,5	26,3	22,1	16,9	11,1	6,7
Ереван (40,1° с. ш.)												
E	6,34	10,13	14,04	19,18	24,97	28,22	27	25,11	20,15	14,85	8,06	5,13
$E_д$	4,05	5,96	7,02	8,02	8,23	7,78	6,88	6,34	5,28	4,86	3,89	3,10
$K_я$	0,43	0,51	0,52	0,56	0,63	0,68	0,70	0,69	0,68	0,68	0,50	0,38
$T_в$	−3,7	−2,3	4,0	11,1	15,9	20,1	24,0	24,2	20,0	13,9	6,2	−1,2
Киев (50,5 с. ш.)												
E	3,10	5,36	9,72	13,9	18,76	21,82	20,52	17,28	12,65	7,29	2,92	2,16
$E_д$	2,29	3,43	5,53	7,51	9,18	10,0	9,45	7,69	5,84	3,91	2,08	1,62
$K_я$	0,35	0,39	0,44	0,45	0,49	0,53	0,52	0,51	0,50	0,45	0,29	0,3
$T_в$	−6,1	−5,6	−0,7	7.2	14,3	17.6	18,8	17,7	13,7	7,2	1,0	−3,7
Кишинев (47° с. ш.)												
E	4,05	6,26	10,8	15,84	20,25	23,07	23,62	20,11	14,73	9,18	4,03	2,70
$E_д$	2,56	3,87	5,8	8,48	9,18	10,0	9,04	7,83	5,98	4,32	2,36	1,83
$K_я$	0,37	0,39	0,45	0,49	0,53	0,56	0,59	0,58	0,55	0,50	0,34	0,29
$T_в$	−3,6	−2,6	2.5	9,3	15,6	19,2	21,4	20,5	15,7	10,0	3,9	−1,0
Москва (55,75° с. ш.)												
E	1,89	4,47	9,31	13,34	18,63	19,74	19,17	15,12	10,0	4,86	2,22	1,35
$E_д$	1,75	3,28	5,94	7,51	8,31	9,73	10,26	8,1	6,12	3,24	1,53	1,08
$K_я$	0,33	0,40	0,49	0,46	0,50	0,48	0,49	0,47	0,42	0,37	0,33	0,31
$T_в$	−10,5	−9,7	−4,7	4,0	11,7	16,0	18,3	16,3	10,7	4,1	−2,5	−7,8
Одесса (46,5° с. ш.)												
E	3,78	5,96	10,93	16,82	21,73	24,05	23,08	20,65	15,57	9,18	4,17	3,24
$E_д$	2,7	3,87	5,94	7,64	8,5	8,48	7,83	6,61	5,42	4,59	2,64	2,29
$K_я$	0,34	0,37	0,45	0,58	0,59	0,51	0,58	0,59	0,58	0,49	0,34	0,34
$T_в$	−2,6	−1,9	2,2	8,9	15,8	20,2	22,8	21,9	17,1	11,4	5,0	0,1
Ташкент (41,3° с. ш.)												
E	6,21	8,64	12,15	17,51	23,22	26,34	27,13	24,43	19,46	12,69	7,64	5,4
$E_д$	3,10	4,02	5,26	6,25	6,75	5,84	5,13	4,59	4,31	4,05	3,06	2,7
$K_я$	0,44	0,45	0,46	0,52	0,59	0,63	0,68	0,68	0,68	0,60	0,49	0,42
$T_в$	−0,9	2,0	7,6	14,4	20,0	24,7	26,9	24,9	19,4	12,6	6,4	1,6
Тбилиси (41,7° с. ш.)												
E	5,8	8,34	12,42	16,12	19,71	22,8	22,41	20,52	15,29	10,93	6,11	4,99
$E_д$	3,24	4,47	6,21	7,23	7,83	7,64	7,83	6,75	5,42	4,32	3,2	2,7
$K_я$	0,42	0,44	0,47	0,48	0,50	0,55	0,56	0,58	0,53	0,52	0,40	0,37
$T_в$	0,9	2,6	6,6	11,9	17,3	21,1	24,4	24,2	19,6	13,8	7,6	2,8
Фрунзе (43° с. ш.)												
E	7,56	10,13	12,28	17,37	21,6	25,16	24,3	21,73	17,37	11,61	7,09	5,8
$E_д$	3,91	5,36	6,34	7,78	6,91	7,78	7,56	6,48	5,56	4,86	3,34	3,10
$K_я$	0,57	0,55	0,48	0,52	0,55	0,61	0,61	0,61	0,61	0,57	0,49	0,50
$T_в$	−5,6	−3,2	3,8	11,4	16,9	21,3	24,1	22,6	17,3	10,1	2,2	−2,9

ТАБЛИЦА 16.2

КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕСЧЕТА ПРЯМОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ $R_п$ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АЗИМУТАХ ПОВЕРХНОСТИ $a_п$

Широта, град	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
						$a_п = 0$						
35	1,91	1,59	1,28	1,03	0,87	0,81	0,83	0,96	1,17	1,48	1,84	2,02
40	2,26	1,79	1,38	1,06	0,88	0,80	0,83	0,98	1,24	1,64	2,12	2,42
45	2,76	2,07	1,51	1,11	0,89	0,80	0,84	1,01	1,33	1,86	2,55	3,02
50	3,55	2,48	1,68	1,17	0,90	0,81	0,85	1,04	1,45	2,16	3,20	4,00
55	4,94	3,06	1,92	1,25	0,93	0,81	0,86	1,09	1,60	2,60	4,30	5,85
60	7,95	4,03	2,25	1,34	0,95	0,82	0,87	1,15	1,61	3,28	6,44	10,48
						$a_п = 15°$						
35	1,87	1,56	1,27	1,03	0,88	0,82	0,84	0,96	1,17	1,45	1,78	1,98
40	2,21	1,76	1,37	1,07	0,88	0,81	0,84	0,98	1,24	1,61	2,07	2,36
45	2,69	2,02	1,49	1,11	0,90	0,81	0,85	1,01	1,33	1,82	2,49	2,94
50	3,45	2,40	1,66	1,17	0,91	0,82	0,86	1,05	1,44	2,11	3,12	3,82
55	4,79	2,97	1,88	1,25	0,93	0,82	0,87	1,10	1,59	2,53	4,17	5,67
60	7,69	3,91	2,20	1,34	0,96	0,83	0,88	1,16	1,80	3,18	6,24	10,15
						$a_п = 30°$						
35	1,77	1,49	1,24	1,03	0,90	0,84	0,86	0,97	1,15	1,40	1,69	1,86
40	2,06	1,66	1,33	1,07	0,90	0,84	0,87	0,99	1,22	1,54	1,94	2,20
45	2,48	1,90	1,44	1,11	0,92	0,84	0,87	1,03	1,30	1,73	2,30	2,71
50	3,16	2,23	1,60	1,17	0,93	0,84	0,88	1,06	1,41	1,98	2,86	3,55
55	4,36	2,73	1,80	1,25	0,95	0,84	0,89	1,11	1,55	2,36	3,80	5,15
60	6,95	3,56	2,09	1,35	0,98	0,85	0,90	1,17	1,74	2,93	5,65	9,15

Часовой угол захода (восхода) Солнца для поверхности:

горизонтальной

$$\omega_з = \arccos(-\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\delta); \qquad (16.5)$$

наклонной

$$\omega'_з = \min\{\omega_з, \arccos[-\operatorname{tg}(\varphi - \beta)\operatorname{tg}\delta]\}. \qquad (16.6)$$

В качестве $\omega'_з$ принимается меньшая из двух величин, указанных в фигурных скобках.

Значения среднемесячных величин $\bar{E}$, $\bar{E}_д$, коэффициента ясности атмосферы $\bar{K}_я$ и температуры наружного воздуха $T_в$ для ряда городов СССР приведены в табл. 16.1. Значения коэффициента $\bar{R}_п$ для поверхности с углом наклона β, равным широте местности φ, южной ориентацией (азимут $a_п = 0$) и юго-восточной или юго-западной ориентацией ($a_п = 15$ и 30°) приведены в табл. 16.2.

16.3. Классификация и выбор коллекторов солнечной энергии (КСЭ)

Различают плоские коллекторы без изменения плотности потока солнечной энергии и фокусирующие коллекторы с концентрированием солнечной энергии (параболо-цилиндрические концентраторы, фоклины и т. п.). Для отопления и горячего водоснабжения наиболее пригодны плоские КСЭ, позволяющие нагревать теплоноситель до 60–80°С. При температурах теплоносителя 80°С и выше целесообразно применять фокусирующие или вакуумированные стеклянные трубчатые КСЭ.

Основным элементом КСЭ является лучепоглощающая поверхность (абсорбер) с каналами для теплоносителя. На рис. 16.10–16.13 показаны схемы жидкостных и воздушных КСЭ и примеры конструктивного исполнения некоторых типов КСЭ.

Мощность КСЭ с однослойным остеклением и стальной лучепоглощающей панелью площадью 0,8 м² (Братского завода отопительного оборудования) равна 550 Вт/м² при $I_к = 800$ Вт/м² и $T_в = 20$°С. Размеры КСЭ: 1530 × 630 × 98 мм, масса 50,5 кг.

По техническому уровню это КСЭ 1-го поколения, во многих странах уже выпускаются КСЭ 2-го и 3-го поколений.

Тепловая эффективность плоских КСЭ повышается путем снижения оптических и тепловых потерь благодаря применению: 1) нескольких слоев прозрачной изоляции (остекления); 2) селективных покрытий; 3) вакуумирования пространства между лучепоглощающей поверхностью и прозрачной изоляцией и т. п.

Наиболее высокую эффективность имеют вакуумированные стеклянные трубчатые коллекторы (ВСТК). В КСЭ могут применяться тепловые трубы, обладающие такими преимуществами, как термодиодность, отсутствие

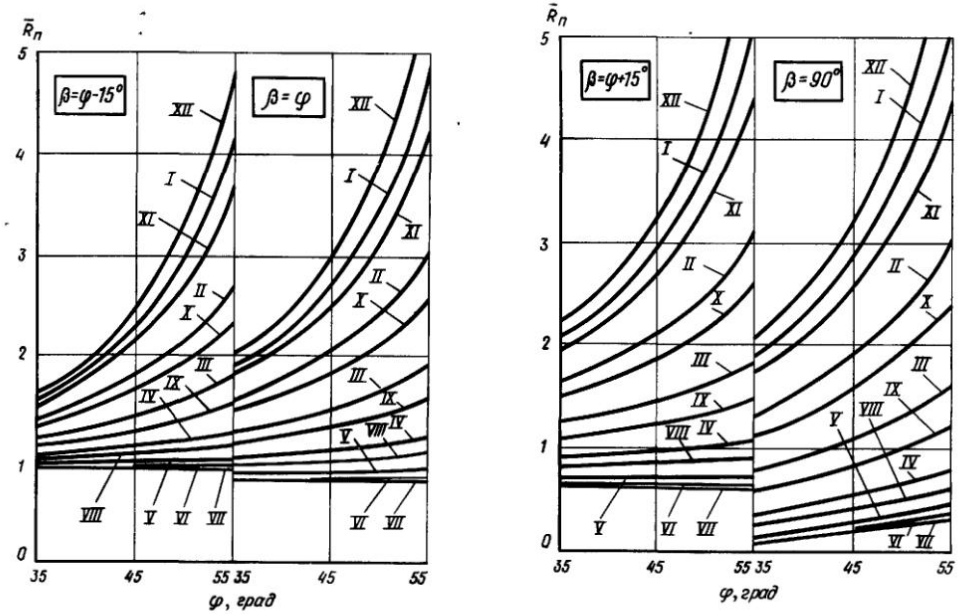


Рис. 16.8. Зависимость среднемесячного коэффициента пересчета прямого солнечного излучения $\bar{R}_п$ с горизонтальной плоскости на поверхность КСЭ от широты местности φ для I–XII месяцев года

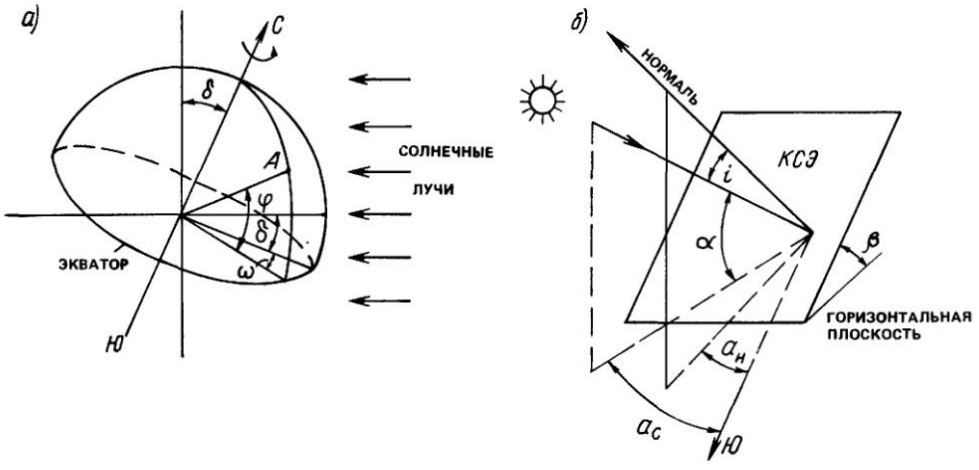


Рис. 16.9. Углы, характеризующие положение точки на земной поверхности (*а*) и наклонной поверхности коллектора солнечной энергии (*б*) относительно солнечных лучей

φ – широта местности; ω – часовой угол; δ – склонение Солнца; *i* – угол падения солнечных лучей на наклонную поверхность КСЭ; α – угол высоты Солнца; $a_с$ – азимут Солнца; $a_н$ – азимут наклонной поверхности

расхода энергии на подачу теплоносителя в КСЭ, низкая тепловая инерция и т. п.

Коэффициент полезного действия КСЭ (мгновенный) равен:

$$\eta_к = \frac{q_к}{I_к} = \frac{m_к c_p (T_{т.к} - T_{т.н})}{I_к}, \qquad (16.7)$$

где $q_к$ – удельная теплопроизводительность КСЭ, т. е. количество полезной теплоты, получаемой с 1 м² площади КСЭ за 1 с, Вт/м²; $I_к$ – плотность суммарного потока солнечной радиации, поступающей на поверхность КСЭ, Вт/м²; $m_к$ – удельный массовый расход теплоносителя в КСЭ, кг/(м²·с); c_p – удельная изобарная теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг·К);

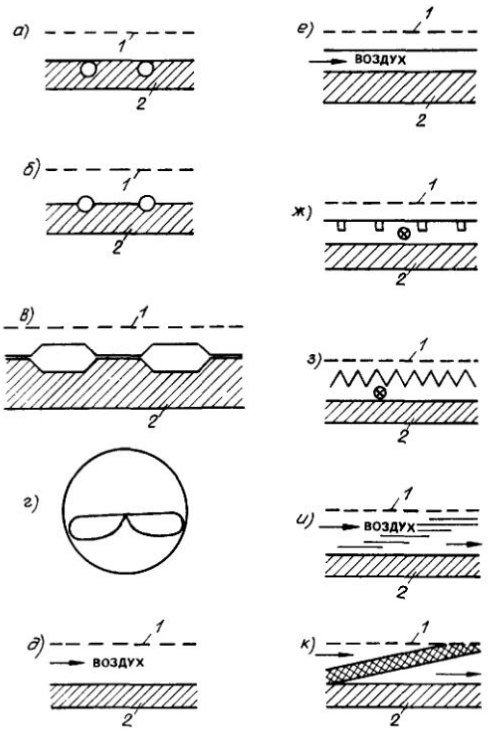


Рис. 16.10. Схемы жидкостных (*а–г*) и воздушных (*д–к*) коллекторов солнечной энергии

а – с трубами для теплоносителя, припаянными к абсорберу (лучепоглощающей панели) снизу; *б* – типа «труба в листе», *в* – со штампованным абсорбером; *г* – вакуумированный стеклянный трубчатый коллектор; *д*, *е* – с плоскими абсорберами; *ж*, *з* – ребристым и гофрированным абсорбером; *и* – с наполовину зачерненными стеклянными пластинами; *к* – матричного типа

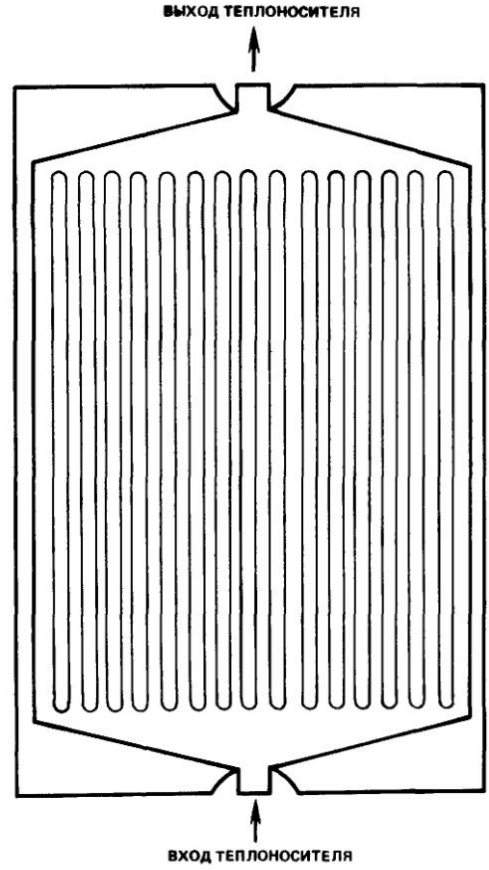


Рис. 16.11. Общий вид жидкостного коллектора со штампованным абсорбером

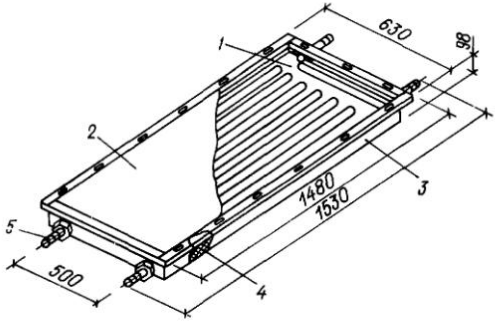


Рис. 16.12. КСЭ Братского завода отопительного оборудования

1 – панель поглощающая; *2* – стекло; *3* – корпус; *4* – теплоизоляция; *5* – штуцер

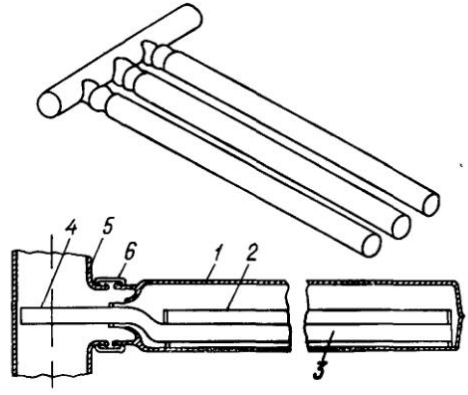


Рис. 16.13. Общий вид и разрез вакуумированного стеклянного трубчатого коллектора

1 – стеклянная оболочка; *2* – отражатель; *3* – абсорбер в виде тепловой трубы (испарительная зона); *4* – конденсационная зона тепловой трубы; *5* – канал для теплоносителя; *б* – соединение стеклянной и металлической частей конструкции

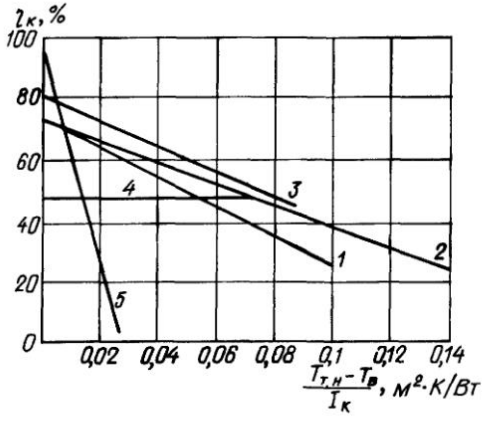


Рис. 16.14. Типичные характеристики различных типов коллекторов солнечной энергии

1 – НПК–2 с алюминиевым штампованным абсорбером; *2* – НПК–2 с антиотражательным покрытием на трех поверхностях остекления; *3* – СПК 1 с покрытием «черный хром» на стальном абсорбере; *4* – вакуумированный стеклянный трубчатый коллектор с селективным концентрическим абсорбером; *5* – НПК 1 (*Н* – неселективный; С – селективный; ПК – плоский коллектор; 1, 2 – число слоев остекления)

$T_{т.н}$ и $T_{т.к}$ – температура теплоносителя на входе в КСЭ и выходе из него, °С.

Мгновенный КПД плоского КСЭ равен:

$$\eta_к = \eta_o - \frac{K_к}{I_к}(T_{т.н} - T_в), \qquad (16.8)$$

где $K_к$ – эффективный коэффициент теплопотерь КСЭ, Вт/(м²·К); $T_в$ – температура наружного воздуха, °С; η_o – эффективный оптический КПД КСЭ.

Характеристика КСЭ – зависимость $\eta_к$ от $(T_{т.н} - T_в)/I_к$ определяется при его испытании и изображается прямой с нулевой ординатой, равной оптическому КПД при нормальном падении лучей η_o^0, а тангенс угла наклона прямой дает величину $K_к$. На рис. 16.14 показаны характеристики наиболее употребительных типов КСЭ. Эффективный оптический КПД для КСЭ с южной ориентацией $\eta_o = 0{,}95\eta_o^0$ при однослойном остеклении и $\eta_o = 0{,}93\eta_o^0$ при двухслойном остеклении. При наличии теплообменника в контуре КСЭ величины $K_к$ и η_o необходимо умножить на 0,97.

КПД КСЭ равен нулю в том случае, если плотность потока солнечной энергии $I_к$ не превышает критического значения:

$$I_{кр} = \frac{K_к}{\eta_o}(T_{т.н} - T_в). \qquad (16.9)$$

Следовательно, $\eta_к > 0$ при $I_к > I_{кр}$. Средняя величина КПД КСЭ за определенный период времени (день, месяц, год) равна:

$$\bar{\eta}_к = \Sigma(\eta_к I_к)/\bar{I}_к. \qquad (16.10)$$

Суммирование производится только для тех отрезков времени, когда $I_к > I_{кр}$, при этом $\bar{I}_к$ – средняя плотность потока солнечной энергии для рассматриваемого периода, Вт/м².

В табл. 16.3 приведены значения максимальной температуры теплоносителей $T_т^{макс}$, оптического КПД η_o, коэффициента теплопотерь $K_к$ и удельной стоимости $C_к$ основных типов КСЭ.

ТАБЛИЦА 16.3

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ КСЭ

Тип коллектора	$T_т^{макс}$, °С	η_o	$K_к$, Вт/(м²·К)	$C_к$, руб/м²
Неселективный плоский КСЭ:				
с однослойным остеклением НПК-1	80	0,7–0,85	7–10	50–150
с двухслойным остеклением НПК-2		0,65–0,8	4–6	
без остекления		0,9–0,95	18–22	
Селективный плоский КСЭ.				
с однослойным остеклением СПК-1	100	0,65–0,8	4,5–6	120–220
с двухслойным остеклением СПК-2		0,6–0,75	3–4	
Фоклин (коэффициент концентрации 1,5)	120	0,6	0,7–0,8	250
Параболо-цилиндрический концентратор ПЦК	300	0,65–0,85	0,6–0,9	400–600
Вакуумированный стеклянный трубчатый коллектор ВСТК	120–250	0,5–0,75	1–2	200–300

Теплопроизводительность КСЭ. Мгновенное количество полезной энергии, даваемой КСЭ, Вт, равно:

$$Q_к = F_к[I_к\eta_o - K_к(T_{т.н} - T_в)] = m_к c_p F_к(T_{т.к} - T_{т.н}), \qquad (16.11)$$

где $F_к$ – площадь поверхности КСЭ, м².

Среднемесячная удельная суточная теплопроизводительность КСЭ, МДж/(м²·день)

$$q_к = E_к \bar{Ф} \eta_0, \qquad (16.12)$$

где $E_к$ – среднемесячное поступление солнечной энергии на поверхность КСЭ за день, МДж/(м^2·день); $\bar{Ф}$ – среднемесячная величина степени использования солнечной энергии в КСЭ, т.е. доля общего количества солнечной энегии, поступающей на поверхность КСЭ при $I_к > I_{кр}$.

Годовая теплопроизводительность системы солнечного теплоснабжения (ССТ) $Q_с^{год}$ меньше годовой теплопроизводительности КСЭ $Q_к^{год}$ на величину теплопотерь в трубопроводах, аккумуляторе теплоты и системе распределения теплоты, а также на величину неиспользованного избытка полезной энергии, которая тем больше, чем больше площадь КСЭ и меньше доля нагрузки горячего водоснабжения.

Максимальная годовая теплопроизводительность плоского КСЭ в IV климатической зоне составляет 750–1000, а в III зоне – 450–650 кВт/(м^2·год). Так, при $E_к$ = = 1250 кВт·ч/(м^2·год), $T_н^{год} = 8°C$, $T_{г.в} = 60°C$, $Q_к^{год} = 500$ кВт·ч/(м^2·год) потери в системе ССГВ достигают 30% и $Q_с^{макс}$ = = 350 кВт·ч/(м^2·год). В системах ССТ площадь КСЭ значительно больше, чем в ССГВ, летом возникает неиспользуемый избыток теплоты и $Q_с^{макс} = 200$ кВт·ч/(м^2·год). Наиболее существенно на $Q_с$ влияют метеопараметры (E, $T_в$ и $E_д/E$), характеристики КСЭ ($K_к$, η_0, β и $a_к$), аккумулятора теплоты ($V_{ак}$ и $K_{ак}$) и трубопроводов ($K_{тр}$ и $l_{тр}$), доля нагрузки горячего водоснабжения $Q_{г.в}/Q_н$.

Величина $\bar{Ф}$ зависит от η_0 и $K_к$ КСЭ, а также от местоположения и назначения гелиосистемы. Эту зависимость можно представить в виде формулы

$$\bar{Ф} = 1 - a_1 P + a_2 P^2, \qquad (16.13)$$

где $$P = (T_{т.н} - T_в)/\bar{K}_я; \qquad (16.14)$$

$T_{т.н}$ и $T_в$ – среднемесячные температуры теплоносителя на входе в КСЭ и наружного воздуха, °С; $\bar{K}_я$ – среднемесячная величина коэффициента ясности атмосферы (см. табл. 16.1); a_1 и a_2 – коэффициенты для основных типов КСЭ, приведенные в табл. 16.4.

Ориентация, угол наклона, размещение и соединение модулей КСЭ. Оптимальная ориентация КСЭ – южная. При отклонении до 30° к востоку или западу от южного направления годовое количество поступающей солнечной энергии уменьшается на 5–10%.

ТАБЛИЦА 16.4

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КСЭ

Тип КСЭ	η_0	$K_к$, Вт/(м^2 × × К)	$a_1 \cdot 10^3$	$a_2 \cdot 10^6$
НПК-1	0,78	8,0	10,7	29,3
НПК-2	0,73	4,6	6,9	12,7
СПК-1	0,75	5,5	7,9	16,4
СПК-2	0,7	3,5	5,6	8,7
ПЦК	0,65	0,8	1,6	1,2
ВСТК	0,6	1,5	8,0	8,0

Оптимальный угол наклона КСЭ β равен широте местности φ для систем круглогодичного действия, $\beta = \varphi + 15°$ для систем, работающих только в отопительный сезон, и $\beta = \varphi - 15°$ для систем, работающих только в летний период.

КСЭ можно размещать на наружных ограждениях здания (крыше, стенах, ограждениях балконов и т.п.) или отдельно от него. Стоимость ССТ значительно снижается при совмещении КСЭ с крышей здания. Теплопроизводительность КСЭ снижается на 2–5% при затенении непрозрачными элементами конструкции и запылении.

При большой площади КСЭ отдельные его модули соединяются между собой по параллельно-последовательной схеме, образуя массив или поле КСЭ. Эффективность поля КСЭ практически всегда ниже КПД отдельного модуля из-за теплопотерь соединительных трубопроводов, неравномерности распределения теплоносителя, тепловой инерции и т.п.

16.4. Классификация и выбор аккумуляторов теплоты

Типичные годовой и суточный графики поступления солнечной энергии и изменения нагрузки теплоснабжения здания приведены на рис. 16.15. Применение аккумуляторов теплоты повышает надежность ССТ, обеспечивает покрытие нагрузки ночью и при повышенной облачности, снижает расход топлива.

Системы аккумулирования теплоты (САТ) работают на основе накопления явной или скрытой теплоты и характеризуются энергоемкостью, мощностью потоков подводимой и отводимой теплоты, продолжительностью цикла аккумулирования (краткосрочное – от 6–12 ч до 10 сут и долгосрочное – от 10 сут до

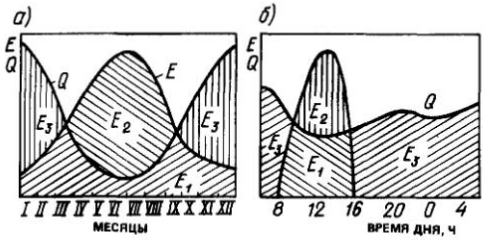


Рис. 16.15. Типичные годовой (*а*) и суточный (*б*) графики изменения количества поступающей солнечной энергии E и тепловой нагрузки теплоснабжения здания Q

E_1 – используемая солнечная энергия, E_2 – избыток солнечной энергии (может быть аккумулирован); E_3 – дефицит солнечной энергии (может быть покрыт из дополнительного источника или аккумулятора тепла)

нескольких месяцев аккумулирование), объемной плотностью энергии, диапазоном температур, коэффициентом теплопотерь, капитальными и эксплуатационными затратами. САТ включает теплоаккумулирующий материал (ТАМ), резервуар и тепловую изоляцию. В жидкостных ССТ для аккумулирования теплоты используются баки с горячей водой, обладающей высокой теплоемкостью, а в ССТ с воздушным КСЭ – резервуары с галькой и другими твердыми материалами.

Количество аккумулированной теплоты при отсутствии фазовых переходов ТАМа равно:

$$Q = mc_p(T_2 - T_1), \qquad (16.15)$$

где T_1 и T_2 – температура ТАМа до и после зарядки аккумулятора, °С; m – масса ТАМа, кг; c_p – удельная изобарная теплоемкость ТАМа, кДж/(кг·°С).

При суточном аккумулировании теплоты удельный объем водяного бака-аккумулятора для жидкостных ССТ принимается равным 0,05–0,15 м^3, а галечного аккумулятора для воздушных ССТ – 0,15–0,35 м^3 на 1 м^2 площади поверхности КСЭ.

Применение ТАМов фазового перехода (плавление-затвердевание) обеспечивает большую объемную плотность аккумулируемой энергии и позволяет уменьшить их массу и объем (табл. 16.5 и 16.6).

Количество теплоты, аккумулируемой при плавлении ТАМа, равно:

$$Q = m[c_т(T_{пл} - T_1) + \Delta i_{пл} + c_ж(T_2 - T_{пл}), \qquad (16.16)$$

где $c_т$ и $c_ж$ – удельная теплоемкость твердого и жидкого ТАМа, кДж/(кг·°С); $\Delta i_{пл}$ – скрытая теплота плавления ТАМа, кДж/кг; $T_{пл}$ – температура плавления, °С

ТАБЛИЦА 16.5

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТАМов ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ 1 ГДж ТЕПЛОТЫ (РАЗНОСТЬ ТЕМПЕРАТУР В АККУМУЛЯТОРЕ ТЕПЛОТЫ ПРИНЯТА 10°С)

ТАМ	Масса, кг	Объем, м^3
Галька*	113 636	71,74
Вода	23 866	23,9
Глауберова соль	3 723	2,55
Парафин	4 794	5,27

* Порозность слоя гальки равна 0,4

Применение сезонных САТ и аккумуляторов теплоты фазового перехода пока экономически нецелесообразно.

16.5. Общие положения расчета систем солнечного отопления и горячего водоснабжения

Точный тепловой расчет ССТ затрудняется из-за влияния случайных колебаний климатических условий и сложного характера взаимодействия между элементами системы. Поэтому в инженерной практике обычно используются полуэмпирические методы, которые основаны на обобщении результатов подробного моделирования ССТ с помощью ЭВМ и дают возможность получить долгосрочные характеристики ССТ.

Цель теплового расчета ССТ состоит в определении: удельной суточной тепловой производительности системы q_c; площади $F_к$ лучепоглощающей поверхности КСЭ; объема теплового аккумулятора $V_{ак}$; удельного массового расхода теплоносителя в контуре КСЭ $m_к$; ориентации (азимута $a_к$) и угла наклона β КСЭ к горизонту; площади поверхностей нагрева теплообменников в контурах КСЭ и потребителя; годовой степени замещения топлива $f_{год}$ и расхода дополнительной энергии $Q_{д\,и\,э}$.

Исходные данные для расчета ССТ включают:

а) местоположение гелиосистемы – широта, долгота и высота местности над уровнем моря;

б) климатические данные: среднемесячное дневное количество суммарной E и диффузной $E_д$ солнечной радиации, поступающей на гори-

ТАБЛИЦА 16.6

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

ТАМ	$T_{пл}$, °C	Плотность ρ, г/см³		Теплопроводность, Вт/(м·К)		Теплоемкость, кДж/(кг·К)		Энтальпия фазового перехода Δi	
		$\rho_т$	$\rho_ж$	$\lambda_т$	$\lambda_ж$	$c_т$	$c_{рж}$	кДж/кг	МДж/м³
Бетон		2200		0,9–1,75		0,96			
Грунт (мелкие куски)		2560		0,52		0,84			
Галька, гранит		2640		1,7 4,0		0,88			
Вода			1000		0,7		4,19		
Расплав калий-натриевых солей (46% $NaNO_3$ 54% KNO_3)			1735		0,57		1,56		
$CaCl_2$ $6H_2O$	29,2	1,62	1,50	0,6	0,3	1,47	1,47	172,5	258,1
Na_2SO_4 $10H_2O$	32,4	1,46	1,41	0,5	0,3	1,76	3,31	251,0	345,2
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	35,2	—	1,42	0,5	—	1,55	3,18	279,6	403,2
Лауриновая кислота	44,0	—	0,91	0,4	0,2	—	—	175,3	159,6
Миристиновая »	54,1	—	0,87	–	—	1,60	2,26	187,8	162,8
Пальмитиновая »	65,0	—	0,88	—	–	1,80	2,73	184,5	162,9
Парафин 2	42,0	0,91	0,77	—	—	2,08	—	187,8	144,0
Октадекан	28,0	—	0,79	–	0,1	2,10	2,17	244,2	194,1
н-Эйкозан	36,7	0,86	0,78	–	0,2	2,01	2,21	247,0	192,0

зонтальную поверхность, температура наружного воздуха $T_в$;

в) характеристики КСЭ η_0 и $K_к$; геометрические размеры модуля КСЭ, число слоев остекления, вид теплоносителя;

г) месячную тепловую нагрузку отопления $Q_о$ (или данные для ее расчета);

д) среднемесячные значения температур холодной $T_{х.в}$ и горячей $T_{г.в}$ воды;

е) суточное общее потребление горячей воды $V_{г.в}$.

В соответствии с п. 16.1 выбирают тип и схему ССТ, а по п. 16.3 – тип КСЭ и его характеристики. Системы ССГВ с естественной циркуляцией следует применять при площади КСЭ до 20 м^2 для индивидуальных потребителей. В гелиосистемах отопления и ССГВ с большей площадью КСЭ необходимо использовать принудительную циркуляцию теплоносителя.

Температура горячей воды в ССГВ должна быть в пределах 45–75°С, кроме случаев, указанных в СНиП.

При проектировании ССТ вначале выбирают схемное решение и оборудование ССТ, затем последовательно выполняют тепловой, гидравлический и технико-экономический расчеты ССТ с оптимизацией.

В отличие от традиционных систем теплоснабжения, при проектировании которых для выбора оборудования достаточно определить часовые расходы теплоты, при расчете ССТ необходимо вычислять месячные расходы теплоты. Расход теплоты, кДж, на горячее водоснабжение в данном месяце равен:

$$Q_{г.вi} = Q_{г.в}^{сут} n_д = 4{,}19 \cdot 10^3 V_{г.в} (T_{г.в} - T_{х.в}) N n_д, \qquad (16.17)$$

где $V_{г.в}$ – суточный расход горячей воды на 1 человека по нормам, м^3/(день · чел.); N – число жителей; $n_д$ – число дней в данном месяце; $T_{г.в}$ и $T_{х.в}$ – температуры горячей и холодной воды, °С (значения $T_{х.в}$ и $n_д$ изменяются по месяцам, а остальные величины постоянные); $Q_{г.в}^{сут}$ – суточный расход теплоты на горячее водоснабжение, кДж.

Месячный расход теплоты на отопление $Q_{оi}$ определяют путем умножения среднечасового расхода теплоты $Q_о^ч$ на $24 n_д$. Величина $Q_о^ч$ определяется по общепринятой методике (см. гл. 8), однако в качестве расчетной температуры принимается среднемесячная температура наружного воздуха $T_в$. Расчет $Q_{оi}$ ведется отдельно для каждого месяца отопительного периода.

Расход теплоты, кДж/мес, на отопление и горячее водоснабжение (нагрузка теплоснабжения) для данного i-го месяца равен:

$$Q_{нi} = Q_{оi} + Q_{г.в.i}. \qquad (16.18)$$

Годовые расходы теплоты на отопление, горячее водоснабжение и на теплоснабжение в целом равны:

$$Q_о = \sum_{i=1}^{12} Q_{оi}; \quad Q_{г.в} = \sum_{i=1}^{12} Q_{г.вi} \quad \text{и} \quad Q_н = \sum_{i=1}^{12} Q_{нi}. \qquad (16.19)$$

Расчет суточной теплопроизводительности ССТ и степени замещения топлива солнечной энергией. Для среднего дня каждого месяца рассчитывают количество солнечной энергии, поступающей на наклонную поверхность КСЭ, для чего определяют угол склонения Солнца δ по формуле (16.4), часовые углы захода Солнца для горизонтальной $\omega_з$ и наклонной $\omega'_з$ поверхностей по формулам (16.5) и (16.6), среднемесячные коэффициенты пересчета солнечной радиации $\bar{R}_п$ и $\bar{R}$ по формулам (16.2) и (16.3) (см. рис. 16.8, табл. 16.2), среднемесячное дневное количество солнечной энергии $E_к$, поступающей на поверхность КСЭ, по формуле (16.1).

Вследствие нестабильности поступления солнечной энергии системы солнечного отопления должны работать с дополнительным (резервным) источником энергии ДИЭ (котельная, теплосеть и т. п.), обеспечивающим 100% тепловой нагрузки. В то же время ССГВ сезонного действия могут быть запроектированы без дублера, если не предъявляются жесткие требования по бесперебойному горячему водоснабжению (летние душевые, пансионаты, пионерские лагеря и т. п.).

Для систем солнечного отопления тепловой расчет рекомендуется выполнять для апреля (для марта для южных районов при $\varphi = 45°$ с. ш. и южнее). В этом месяце вся тепловая нагрузка должна обеспечиваться за счет солнечной энергии.

При проектировании гелиотопливных систем теплоснабжения необходимо исходить из того, что экономически целесообразно покрывать за счет солнечной энергии лишь определенную долю $f_{год}$ годовой тепловой нагрузки $Q_н^{год}$ отопления и горячего водоснабжения, а

остальную часть тепловой нагрузки должен обеспечивать ДИЭ:

$$Q_{\text{ДИЭ}} = (1 - f_{\text{год}})\, Q_{\text{н}}^{\text{год}}. \qquad (16.20)$$

Годовая доля солнечной энергии в покрытии тепловой нагрузки (или степень замещения топлива) равна:

$$f_{\text{год}} = \Sigma f Q_{\text{н}}^{\text{м}} / \Sigma Q_{\text{н}}^{\text{м}}. \qquad (16.21)$$

Месячная степень замещения топлива

$$f = \frac{Q_{\text{с}}^{\text{м}}}{Q_{\text{н}}^{\text{м}}} = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{м}} - Q_{\text{ДИЭ}}^{\text{м}}}{Q_{\text{н}}^{\text{м}}} = 1 - \frac{Q_{\text{ДИЭ}}^{\text{м}}}{Q_{\text{н}}^{\text{м}}}, \qquad (16.22)$$

где $Q_{\text{н}}^{\text{м}}$, $Q_{\text{с}}^{\text{м}}$ и $Q_{\text{ДИЭ}}^{\text{м}}$ – месячные величины тепловой нагрузки, теплоты, обеспечиваемой солнечной и дополнительной энергией, ГДж/месяц.

Для расчета по формуле (16.12) среднемесячной суточной удельной теплопроизводительности КСЭ $q_{\text{к}}$ по табл. 16.3 и 16.4 выбираем характеристики КСЭ и коэффициенты a_1 и a_2; определяем параметр P по формуле (16.14), величину Ф по формуле (16.13).

Удельный объемный расход теплоносителя $V_{\text{к}}$ для жидкостных КСЭ следует принимать равным $V_{\text{к}} = 0{,}01 - 0{,}02$ л/(м$^2 \cdot$с), для воздушных КСЭ – 0,005–0,02 м^3/(м$^2 \cdot$с).

Удельный объем аккумулятора теплоты водяного $V_{\text{ак}} = 0{,}05 - 0{,}1$ м^3, галечного $V_{\text{ак}} = 0{,}15 - 0{,}35$ м^3 на 1 м^2 площади поверхности КСЭ.

Годовая (сезонная) теплопроизводительность системы $Q_{\text{с}}^{\text{год}}$ и степень замещения $f_{\text{с}}^{\text{год}}$ для ССГВ меньше $Q_{\text{к}}^{\text{год}}$ и $f_{\text{год}}$ на 25–35%, а для ССТ – на 30–50% (из-за теплопотерь в системе и неиспользуемого избытка полезной теплоты).

Годовая экономия топлива, т. у. т, обеспечиваемая использованием солнечной энергии,

$$B = f_{\text{год}} Q_{\text{н}}^{\text{год}} / (Q_{\text{т}} \eta_{\text{тг}}),$$

где $f_{\text{год}}$ – годовая степень замещения, $Q_{\text{н}}^{\text{год}}$ – годовая нагрузка теплоснабжения, ГДж/год, $Q_{\text{т}} = 29{,}3$ кДж/т. у. т – теплота сгорания топлива, отнесенная к 1 т условного топлива; $\eta_{\text{тг}}$ – КПД теплогенерирующей установки, равный 0,45 и 0,6 для индивидуальных теплогенераторов на твердом и жидком (газообразном) топливе и 0,6–0,7 и 0,7–0,8 для котельных производительностью 20–100 ГДж/ч и более на твердом и жидком (газообразном) топливе.

Годовая экономия, руб, составляет

$$Э_{\text{год}} = C_{\text{т}} f_{\text{год}} Q_{\text{н}}^{\text{год}} / \eta_{\text{тг}},$$

где $C_{\text{т}}$ – стоимость тепловой энергии от топливной теплогенерирующей установки, руб/ГДж, можно принять равной 55–65 руб/ГДж в зависимости от района.

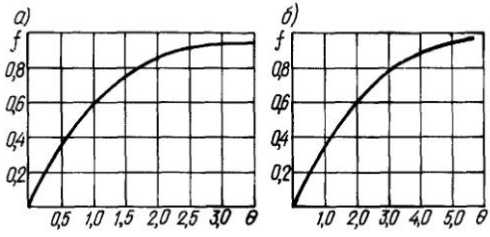


Рис. 16.16. Обобщенные зависимости f от θ для гелиосистем горячего водоснабжения (*а*) и отопления и горячего водоснабжения (*б*)

Срок окупаемости гелиосистемы, годы:

$$\tau = C_{\text{гс}} F_{\text{к}} / Э_{\text{год}},$$

где $C_{\text{гс}}$ – удельные затраты на гелиосистему, отнесенные к 1 м^2 площади поверхности КСЭ, руб/м^2. При отсутствии данных можно принять $C_{\text{гс}} = 300$ руб/м^2.

Для предварительного расчета систем солнечного теплоснабжения рекомендуется использовать зависимости f от безразмерного параметра $\theta = E_{\text{к}} F_{\text{к}} / Q_{\text{н}}$, приведенные на рис. 16.16. При построении этих зависимостей принято: а) в базовой системе используется плоский КСЭ типа НПК-2 с двухслойным остеклением, имеющий отношение $K_{\text{К}}/\eta_{\text{О}} = 6{,}3$ Вт/(м$^2 \cdot$К), оптимальный угол наклона КСЭ $\beta_{\text{опт}}$ к горизонту и южную ориентацию; б) удельный объем водяного аккумулятора теплоты равен 0,05 м^3/м^2 площади КСЭ. При применении КСЭ, имеющих другие значения отношения $K_{\text{к}}/\eta_{\text{о}}$, необходимо внести соответствующую поправку в расчет.

Величины $E_{\text{к}}$ (поток солнечной энергии на поверхность КСЭ) и $Q_{\text{и}}$ (тепловая нагрузка) следует определять для расчетного периода: для ССГВ круглогодичного или сезонного действия – 1 год или летний сезон, а для систем отопления – каждый месяц отопительного сезона.

Можно принимать следующие ориентировочные значения коэффициента пересчета $\bar{R}$ солнечной энергии КСЭ с оптимальным углом наклона КСЭ к горизонту: $\bar{R} = 1{,}4$ для гелиосистем отопления (при $\beta_{\text{опт}} = \varphi + 15°$); $\bar{R} = 1{,}05$ для сезонных ССГВ (при $\beta_{\text{опт}} = \varphi - 15°$) и $\bar{R} = 1{,}1$ для ССТ круглогодичного действия (при $\beta_{\text{опт}} = \varphi$).

Для гелиосистем отопления и горячего водоснабжения пользоваться зависимостью f от θ следует только на месячной основе. Величину

месячной тепловой нагрузки $Q_н^м$ необходимо рассчитывать по п. 16.4.

С помощью зависимостей f от θ можно решать две задачи: а) определение годовой величины $f_{год}$ при заданной площади поверхности КСЭ $F_к$; б) определение площади $F_к$, обеспечивающей заданное значение $f_{год}$. Последовательность решения первой задачи: для расчетного периода (год, сезон, месяц) определяют $Q_н$ и $E_к$; вычисляют параметр θ; по рис. 16.16 находят $f_{год}$; рассчитывают годовые (месячные) количества полезной энергии ССТ $Q_с$ и энергии $Q_{диэ}$, подводимой от топливного источника: $Q_с = f_{год} Q_н^{год}$ и $Q_{диэ} = (1 - f_{год}) Q_н^{год}$.

Площадь поверхности КСЭ, необходимую для обеспечения требуемой величины $f_{год}$, определяют по формуле:

$$F_к = \theta Q_н / E_к. \qquad (16.23)$$

Пример ориентировочного расчета ССГВ круглогодичного действия в Кишиневе с потреблением горячей воды $V_{г.в} = 4{,}8$ м³/день. Тепловая нагрузка за год равна:

$$Q_н = 365 V_{г.в} \rho c_p (T_{г.в} - T_{х.в}) =$$
$$= 365 \cdot 4{,}8 \cdot 10^3 \cdot 4{,}19\,(45 - 10) = 257 \text{ ГДж/год}.$$

Принимаем $f_{год} = 0{,}5$. По табл. 16.1 определяем годовой приход солнечной энергии $E = 4{,}72$ ГДж/(м²·год). Коэффициент пересчета $\overline{R} = 1{,}1$ и $E_к = \overline{R}E = 5{,}2$ ГДж/(м²·год). По рис. 16.16 находим $\theta = 0{,}843$. Тогда $F_к = 0{,}843 \cdot 257/5{,}2 = 41{,}7$ м² и объем аккумулятора тепла $V_{ак} = 0{,}05 F_к = 2{,}1$ м³.

Величину $F_к$, м², можно также рассчитать по формуле

$$F_к = Q_н / q_с. \qquad (16.24)$$

Тепловая нагрузка $Q_н$ и удельная теплопроизводительность $q_с$ системы сильно изменяются в течение года, поэтому формула (16.23) дает лишь ориентировочные значения $F_к$.

16.6. Расчет сезонных систем горячего водоснабжения

1. Площадь поверхности КСЭ для сезонной ССГВ, работающей с апреля по сентябрь, можно упрощенно определить по формуле

$$F_к = V_{г.в} / (q_{г.в} \eta_т), \qquad (16.25)$$

где $V_{г.в}$ – средний суточный расход горячей воды, л/день; $q_{г.в}$ – среднесезонная суточная удельная производительность системы по горячей воде, л/(м²·день);

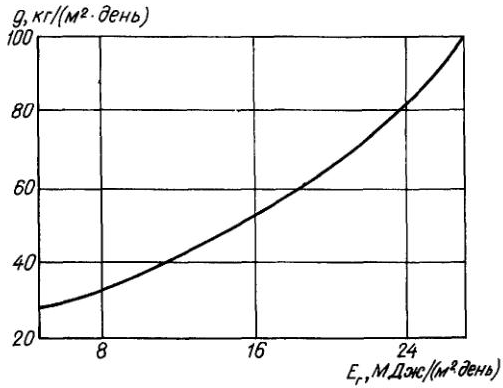


Рис. 16.17. Зависимость удельной суточной производительности систем солнечного горячего водоснабжения от суточного суммарного поступления солнечной энергии $E_г$ на горизонтальную поверхность

$\eta_т = 0{,}8 \div 0{,}85$ – коэффициент, учитывающий теплопотери трубопроводов.

2. Величину $g_{г.в}$ следует определять в зависимости от суточного поступления солнечной энергии E на горизонтальную поверхность по рис. 16.17.

3. Если в системе не предусмотрен резервный источник теплоты, то расчет ССГВ ведется по величине E для апреля, но при этом в летние месяцы будет возникать неиспользуемый избыток теплоты. Если же резервный источник теплоты предусмотрен, то расчет ССГВ ведется для июня, тогда в остальной период года система обеспечит долю $f_{ср}$ нагрузки, а резервный источник даст $(1 - f_{ср}) Q_{г.в}$ теплоты.

4. Пример расчета сезонной ССГВ в Кишиневе: $V_{г.в} = 4{,}8$ м³/день, $T_{г.в} = 45°$С и $T_{х.в} = 15°$С. Выбираем КСЭ типа НПК-2, $\beta = \varphi - 15° = 32°$.

Вычислим $F_к$ и экономию топлива. По табл. 16.1 определяем $E = 15{,}84$ МДж/(м²·день) (апрель) и 23,62 МДж/(м²·день) (июнь). По рис. 16.17 находим $g_{г.в} = 52{,}5$ л/день (апрель) и 80 л/день (июнь) на 1 м² площади КСЭ.

По формуле (16.23) находим $F_к = 107{,}6$ м² (апрель) и 70,6 м² (июнь). При отсутствии ДИЭ целесообразно использовать КСЭ с $F_к = 107{,}6$ м², а при наличии ДИЭ $F_к = 70{,}6$ м². Месячные величины f равны: $f_{IV} = 0{,}66$, $f_V = 0{,}83$, $f_{VI} = f_{VII} = 1$, $f_{VIII} = 0{,}82$, $f_{IX} = 0{,}61$, а средняя за сезон величина $f_{ср} = 0{,}82$.

Объем аккумулятора $V_{ак} = 0{,}05 V_к = 3{,}5$ м³. Расход энергии от ДИЭ за сезон составит $Q_{диэ} = (1 - f_{ср}) Q_{г.в} = 0{,}18 \cdot 110 = 19{,}8$ ГДж.

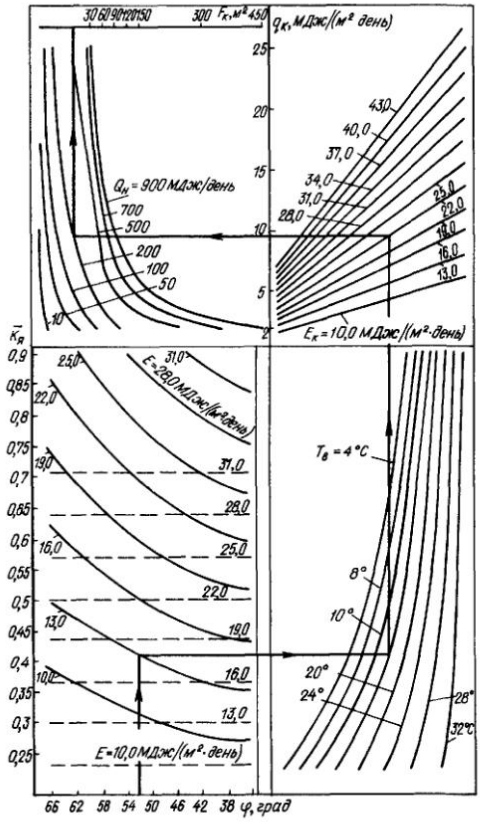


Рис. 16.18. Номограмма для определения среднемесячного суточного поступления солнечной энергии $E_к$ на поверхность КСЭ с оптимальным углом наклона и ориентацией

Экономия топлива (при КПД теплогенератора $\eta_{т.г} = 0,55$):

$$B = \frac{Q_{г.в} - Q_{диэ}}{Q_н^р \eta_{т.г}} = \frac{110 - 19,8}{29,33 \cdot 0,55} = 6,16 \text{ т у. т/год.}$$

Расчетные номограммы для базовой системы ССГВ. Базовая система ССГВ: плоский КСЭ типа НПК-2 с $K_к/\eta_о = 6,3$ Вт/(м^2·К), $T_{т.н} = 35$°С, $\beta = \varphi - 15°$, $\rho = 0,2$; водяной аккумулятор теплоты с $V_{ак} = 0,05$ м^3/м^2, $K_{ак} = 1$ Вт/(м^2·К), $K_{тр} = 0,3$ Вт/(м·К), $l_{тр} = 1$ м/м^2, избыток полезной теплоты отсутствует.

Уточненный расчет сезонных систем ССГВ может быть выполнен по номограммам (рис. 16.18 и 16.19).

По исходным данным (φ, E и $E_д/E$) для апреля и по номограмме на рис. 16.18 определяют $E_к$ при $\beta = \varphi - 15°$.

По исходным данным (φ, E, $E_к$, $T_в$ и $Q_н$) по номограмме на рис. 16.19 определяют $F_к$.

Пример расчета сезонной ССГВ. По номограмме на рис. 16.18 при $\varphi = 47°$ для июня [$E = 23,62$ МДж/(м^2·день)] получим $E_к = 22$ МДж/(м^2·день), а по номограмме на рис. 16.19 по известным величинам φ, E, $E_к$ и $T_в = 19,2$°С при суточной тепловой

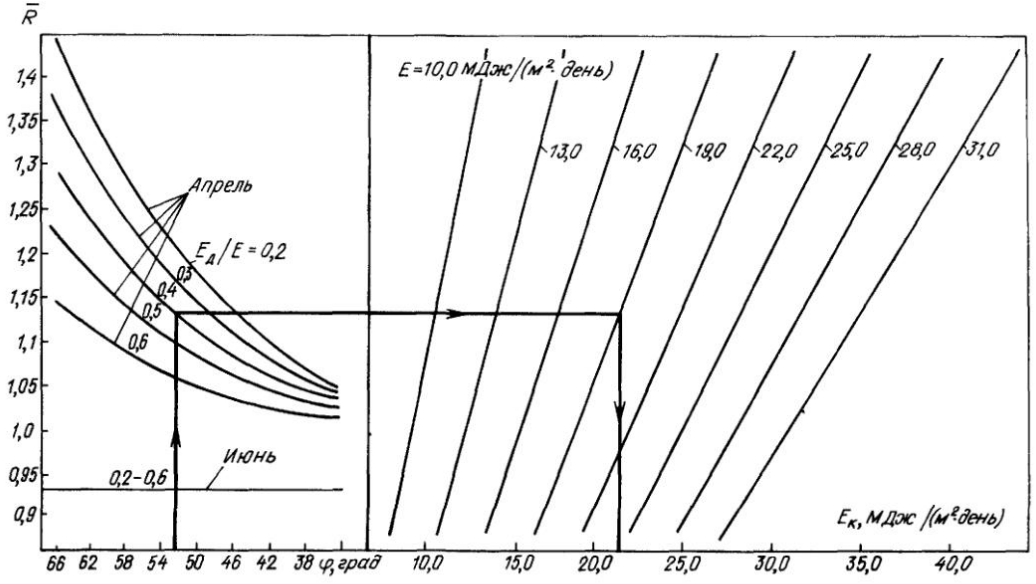


Рис. 16.19. Номограмма для определения площади поверхности КСЭ для сезонных систем солнечного горячего водоснабжения

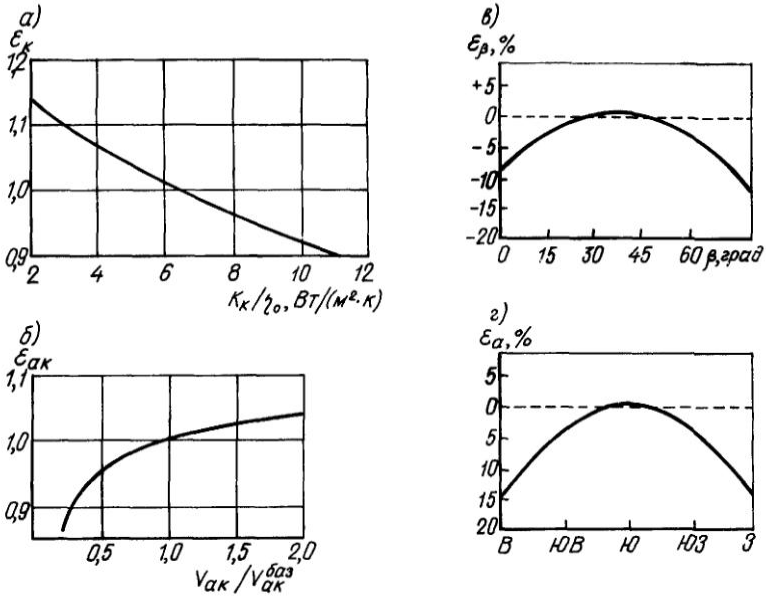


Рис. 16.20 Графики для определения поправочных коэффициентов $\varepsilon_к$, $\varepsilon_{ак}$, ε_β, ε_a

нагрузке $Q_н = V_{г.в}\rho c_p \Delta T = 4{,}8 \cdot 4{,}19\,(45-15) = 603$ МДж/день находим $F_к = 72$ м². Расхождение с расчетом порядка 2%.

16.7. Уточнение теплового расчета ССТ с учетом действительных характеристик системы

Для систем солнечного отопления и ССТ круглогодичного действия предварительный расчет следует выполнять с помощью зависимостей f от θ, приведенных на рис. 16.16. Основное влияние на величину $F_к$ оказывают характеристики КСЭ, объем аккумулятора теплоты и метеоусловия. При разработке метода расчета принят КСЭ типа НПК-2 с $K_к/\eta_o = 6{,}3$ Вт/(м²·К).

При применении КСЭ с другим значением $K_к/\eta_o$ расчетную величину $F_к$ необходимо разделить на поправочный коэффициент $\varepsilon_к$, который можно определить по рис. 16.20, *а*. Влияние удельного объема аккумулятора тепла (для базового варианта принят $V_{ак}^{баз} = 0{,}05$ м³/м²) на величину $F_к$ можно учесть с помощью поправочного коэффициента $\varepsilon_{ак}$ (рис. 16.20, *б*).

При значительном отклонении угла наклона КСЭ от оптимального значения $\beta_{опт}$ и азимута КСЭ от $a_к = 0$ (южное направление) величину $F_к$ необходимо увеличить с учетом поправочных коэффициентов ε_β и ε_a (значения ε_β для $\varphi = 50°$ с. ш. приведены на рис. 16.20, *в*, а значения коэффициента ε_a – на рис. 16.20, *г*).

Окончательное расчетное значение площади поверхности КСЭ равно:

$$F_{к.расч} = F_к/(\varepsilon_к \varepsilon_{ак} \varepsilon_\beta \varepsilon_a).$$

При выборе солнечных систем следует пользоваться табл. 16.7.

Расчет и выбор вспомогательного оборудования (теплообменников, насосов, вентиляторов, ДИЭ, расширительного бака, системы регулирования и т. п.) ведется по общепринятым методикам.

Подробный тепловой расчет ССТ может быть выполнен по методам f- и Ф – f-кривой *.

Гидравлический расчет ССТ выполняется в соответствии с рекомендациями гл. 10. Технико-экономические расчеты и сравнения вариантов ССТ ведутся по приведенным затратам.

---

* У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи. Расчет систем солнечного теплоснабжения.– М.: Энергоиздат, 1982.

ТАБЛИЦА 16.7

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ СОЛНЕЧНЫХ СИСТЕМ

Тип системы	Удельный расход теплоносителя, $м^3/с$ на 1 $м^2$ площади КСЭ	Удельный объем аккумулятора, $м^3$ на 1 $м^2$ площади КСЭ	Размер частиц в галечном аккумуляторе, м	Высота слоя гальки, м	Угол наклона к горизонту, град	Ориентировочная площадь поверхности КСЭ (типа НПК-2 или СПК-1), $м^2$
Система солнечного отопления (ССО) с КСЭ						
жидкостным	0,01–0,02	0,05–0,15	—	—	$\beta = \varphi + 15$	—
воздушным	0,005–0,02	0,15–0,35	0,02–0,03	1–2,5		
Система солнечного горячего водоснабжения (ССГВ) действия						
сезонного	—	—	—	—	$\beta = \varphi - 15$	0,75–1,2 } на 1 чел.
круглогодичного	—	—	—	—	$\beta = \varphi$	0,75–1,2 }
Системы нагрева воды для плавательного бассейна с КСЭ						
наклонным	—	—	—	—	$\beta = \varphi$	(0,5–0,65) $F_{бас}$
горизонтальным	—	—	—	—	—	(0,6–0,75) $F_{бас}$

ГЛАВА 17. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

17.1. Классификация геотермальных вод

Геотермальные воды являются новым перспективным источником тепловой энергии. Основные ресурсы геотермальных вод на территории СССР сосредоточены в районах Предкавказья, Закавказья, Западной Сибири, Дальнего Востока, Камчатки и Средней Азии.

В зависимости от теплового потенциала, химического и газового состава геотермальные воды условно классифицируются*:

а) **по температуре,** °С: слаботермальные (< 40); термальные (40–60); высокотермальные (61–100) и перегретые (более 100);

б) **по степени минерализации** (сухой остаток, г/л): ультрапресные (до 0,1); пресные (0,1–1); слабосолоноватые (1–3); сильносолоноватые (3–10); соленые (10–35) и рассольные* (более 35);

в) **по общей жесткости,** мг-экв/л: очень мягкие (0–1,2); мягкие (1,2–2,8); средние (2,8–5,7); жесткие* (5,7–11,7) и очень жесткие* (более 11,7);

г) **по кислотности,** pH: сильнокислые* (< 3,5); кислые* (3,5–5,5); слабокислые (5,5–6,8); нейтральные (6,8–7,2); слабощелочные (7,2–8,5); щелочные (> 8,5);

д) **по газовому составу:** сероводородные*, сероводородно-углекислые*, углекислые*, азотно-углекислые, метановые, азотно-метановые, азотные;

е) **по газонасыщенности,** мл/л: слабая газонасыщенность (менее 100); средняя газонасыщенность (100–1000) и высокая газонасыщенность (более 1000).

В соответствии с «Основами водного законодательства Союза ССР и союзных республик» геотермальные воды, отнесенные в установленном порядке к категории лечебных, используются прежде всего для лечебных и курортных целей. В исключительных случаях органы по регулированию использования и охране вод могут разрешить применение геотермальных вод, отнесенных к категории лечебных, для целей теплоснабжения по согласованию с соответствующими органами здравоохранения и управления курортами.

По условиям залегания геотермальные воды платформенных областей относятся к пластовым водам, складчатых областей – в основном к трещинно-жильным.

* Геотермальные воды, отмеченные звездочкой, в системах теплоснабжения, как правило, не используются.

17.2. Специфика геотермального теплоносителя

При проектировании систем геотермального теплоснабжения следует учитывать отличие геотермального теплоносителя от традиционного. Специфика геотермальных вод заключается в следующем:

а) одноразовость использования в системах теплоснабжения и постоянная температура в отличие от обычного теплоносителя, который возвращается после потребителя на повторный нагрев и температура которого регулируется в зависимости от климатических факторов. В системах геотермального теплоснабжения тепловой потенциал, не использованный потребителем, теряется безвозвратно. Технические решения систем теплоснабжения с использованием геотермальных вод для конкретных гидрогеологических параметров должны предусматривать максимальную глубину срабатывания теплового потенциала геотермальной воды и наибольшую равномерность использования расчетного дебита скважины в течение года;

б) сравнительно низкая температура, которая предъявляет определенные требования к выполнению геотермальных систем, предопределяя минимально возможную по техническим соображениям температуру обратной воды (с учетом возможности размещения отопительных приборов в отапливаемых помещениях зданий);

в) во многих случаях агрессивность, повышенная минерализация и жесткость; в зависимости от минерализации и химического состава возможны три способа использования геотермальных вод в системах теплоснабжения: с предварительной подготовкой воды, с применением промежуточных теплообменников и с непосредственной подачей геотермальной воды в систему теплоснабжения;

г) необходимость сброса или обратной закачки отработавшей геотермальной воды;

д) фиксированное расположение месторождения относительно потребителей тепла в отличие, например, от котельной, которая может быть размещена в центре тепловой нагрузки или в непосредственной близости от нее.

При разработке схем геотермального теплоснабжения следует стремиться к обеспечению максимального коэффициента эффективности $\eta_{геот}$ при одновременном минимальном удельном расходе геотермальной геотермальной воды на единицу расчетной тепловой нагрузки. Коэффициент эффективности представляет собой отношение реально используемого в течение года теплового потенциала скважины к суммарному количеству теплоты, которое могло бы быть получено при срабатывании годового дебита до некоторой условной температуры, в качестве которой принимается температура водопроводной воды в зимний период (5°С):

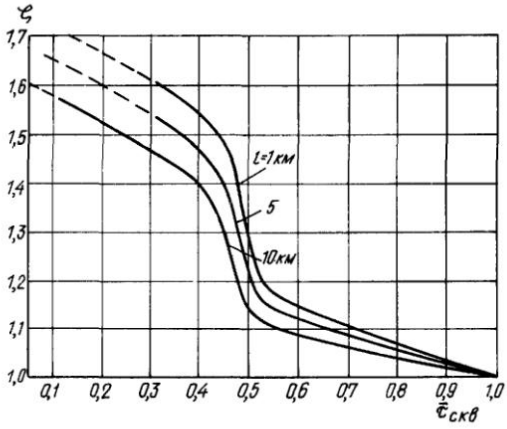


Рис. 17.1. Определение степени относительного увеличения расчетного дебита скважин

$$\eta_{геот} = iz\zeta(1 - d_т), \qquad (17.1)$$

где $i = t_г - t_о/(t_{т\,в} - 5)$ – степень относительного срабатывания температурного перепада; z – степень относительного использования максимума нагрузки, определяемая по табл. 17.1; ζ – степень относительного увеличения расчетного дебита скважины, принимается по графику рис. 17.1; $d_т$ – доля в годовом тепловом балансе системы геотермального теплоснабжения таких элементов, которые, используя топливо (например, пиковый догрев), выравнивают потребление геотермальной воды во времени и сокращают ее удельный расход на единицу расчетной тепловой нагрузки (рис. 17.2); $t'_г$ и $t'_о$ – расчетные температуры теплоносителя, поступающего к данному потребителю (с учетом пикового догрева) и обратного (сбросного или закачиваемого в пласт), °С; $t_{т\,в}$ – температура геотермальной воды на устье скважины, °С.

В табл 17 1 приняты следующие обозначения:

$\tau_{сез}$ – продолжительность отопительного сезона, ч; для систем вентиляции $\tau_{сез}$ определяется с учетом расчетной продолжительности работы в сутки; $\varphi_{ср\ от}$ и $\varphi_{ср\ вент}$ – средние за сезон коэффициенты отпуска теплоты для систем отопления и вентиляции, определяемые по формуле

$$\varphi_{ср} = t_в - t_{н\,ср}/(t_в - t'_н), \qquad (17.2)$$

где $t_в$ – температура воздуха в обслуживаемых поме-

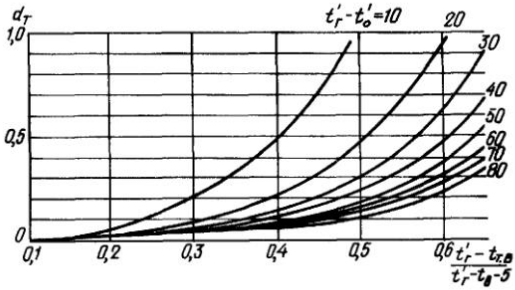


Рис. 17.2. График для определения доли пикового догрева при отоплении

щениях, °С; $t_н$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления или вентиляции, °С; $t_{н\,ср}$ – средняя температура наружного воздуха за период работы отопительной или вентиляционной установки, °С; $\bar{\tau}_{скв}$ – коэффициент использования скважины, представляющий собой отношение фактического годового отбора геотермальной воды к произведению 8500 $G_{скв}$; $\tau_0 = \left(\frac{1-\varphi_{\tau_0}}{A}\right)^{1/n}$ – продолжительность работы пикового догрева, ч; A и n – эмпирические коэффициенты, определяемые по графикам на рис. 17.3; $\varphi_{от}$ и $\varphi_{вент}$ – относительные коэффициенты отпуска теплоты, средние за период с момента отключения пикового догрева до окончания отопительного сезона и подогрева приточного воздуха, определяемые по выражению

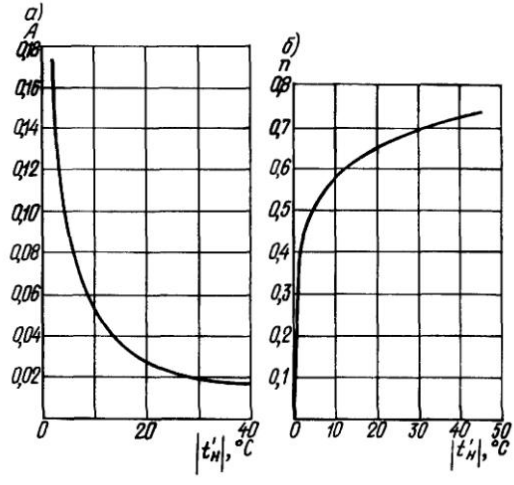


Рис. 17.3. Графики для определения эмпирических коэффициентов A и n

ТАБЛИЦА 17.1

ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ z и $\bar{\tau}_{скв}$

Потребитель	Степень использования максимума нагрузки	Коэффициент использования скважины
Системы отопления с непосредственной подачей геотермальной воды	$z_{от} = \frac{\tau_{сез}\,\varphi_{ср\ от}}{8500}$	$\bar{\tau}_{скв\ от} = z_{от}\frac{(t_{т\ в} - t'_о)}{(t_{т\ в} - t_в - 5) - \varphi_{ср\ от}(t'_о - t_в - 5)}$
с предварительным пиковым догревом геотермальной воды	$z_{от} = \frac{\tau_{сез}\,\varphi_{ср\ от}}{8500}$	$\bar{\tau}_{скв\ от} = \frac{\tau}{8500} + \frac{(\tau_{сез} - \tau_о)\,\varphi_{от}\,(t_{т\ в} - t_о^{выкл})}{8500\,(t_{т\ в} - t_в - 5) - \varphi_{от}(t_о^{выкл} - t_в - 5)}$
Системы вентиляции с непосредственной подачей геотермальной воды	$z_{вент} = \frac{\tau_{сез}\,\varphi_{ср\ вент}}{8500}$	$\bar{\tau}_{скв\ вент} = z_{вент}\frac{(t_{т\ в} - t'_о)}{(t_{т\ в} - t_в) - \varphi_{ср\ вент}(t'_о - t_в)}$
с предварительным пиковым догревом геотермальной воды	$z_{вент} = \frac{\tau_{сез}\,\varphi_{ср\ вент}}{8500}$	$\bar{\tau}_{скв\ вент} = \frac{\tau_о}{8500} + \frac{(\tau_{сез} - \tau_о)\,\bar{\varphi}_{вент}\,(t_{т\ в} - t_о^{выкл})}{8500\,(t_{т\ в} - t_в) - \varphi_{вент}(t_о^{выкл} - t_в)}$
Системы горячего водоснабжения с непосредственной подачей геотермальной воды	$z_{г\ в} = \frac{5500 + 0{,}35\,\tau_{сез}}{8500}$	$\bar{\tau}_{скв\ г\ в} = \frac{6800 + 0{,}2\,\tau_{сез}}{8500}$

$$\bar{\varphi} = \varphi_{\tau_0} + \varphi_к/2\varphi_{\tau_0}, \qquad (17.3)$$

где φ_{τ_0} и $\varphi_к$ – коэффициенты отпуска теплоты, соответствующие моментам отключения пикового догрева и окончания отопительного сезона:

$$\varphi_{\tau_0}^{вент} = \frac{t_{т\ в} - t_в}{t'_г - t_в}; \qquad (17.4)$$

$$\varphi_{t_o}^{от} = \frac{t_{т.в} - t_в - 5}{t'_г - t_в - 5}; \qquad (17.5)$$

$$\varphi_к = 0{,}557 - 18 \cdot 10^{-4} \tau_{сез}; \qquad (17.6)$$

$t_o^{выкл}$ – температура обратной воды, соответствующая φ_{t_o}.

Если предусматривается установка промежуточных теплообменников, то при определении i в числителе вместо величины $t'_г$ следует подставлять разность $(t'_г - \Delta t_{то})$, где $\Delta t_{то}$ – конечная разность температур в промежуточном теплообменнике, принимаемая равной 5–10°С.

В теплотехнических расчетах, связанных с использованием геотермальных вод, значения массовой теплоемкости и объемной массы принимаются такими же, как и при обычной пресной воде.

Повышение $\eta_{геот}$ и сокращение удельного расхода геотермальной воды могут обеспечить:

1) создание специальных низкотемпературных систем геотермального отопления с пониженной температурой обратной воды и повышенным расчетным перепадом температур;

2) применение пикового догрева и тепловых насосов;

3) использование воды после систем отопления в установках горячего водоснабжения, вентиляции, прямоточного воздушного отопления;

4) подключение сезонных потребителей геотермальных вод и т. д. Перечисленные способы могут комбинироваться.

Для объекта с нагрузками отопления, вентиляции и горячего водоснабжения $\eta_{геот}^{об}$ можно определить по формуле

$$\eta_{геот}^{об} = [\alpha i_{от} z_{от}(1 - d_т^{от}) + \beta i_{вент} z_{вент}(1 - d_т^{вент}) + \gamma_{т.г.в} z_{г.в}(1 - d_г^{г.в})]\zeta_{об}, \qquad (17.7)$$

где α, β и γ – доли расчетного дебита геотермальной воды, расходуемые на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение; $\zeta_{об} = f(\bar{\tau}_{скв.об})$ – степень относительного увеличения расчетного дебита скважины для объекта в целом, определяемая по рис. 17.1 в зависимости от средневзвешенной величины коэффициента использования скважины $\bar{\tau}_{скв.об}$:

$$\bar{\tau}_{скв.об} = \alpha\bar{\tau}_{скв.от} + \beta\bar{\tau}_{скв.вент} + \gamma\bar{\tau}_{скв.г.в}; \qquad (17.8)$$

$$\alpha = \frac{Q'_{от} \cdot 10^3}{c\Delta t'_{от} G_{г.в}^{уд}}; \quad \beta = \frac{Q'_{вент} \cdot 10^3}{c\Delta t'_{вент} G_{г.в}^{уд}}; \quad \gamma = \frac{Q'_{г.в} \cdot 10^3}{c\Delta t'_{г.в} G_{г.в}^{уд}}. \qquad (17.9)$$

$Q'_{от}$, $Q'_{вент}$ и $Q'_{г.в}$ – расчетные нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, МВт (Гкал/ч);

$G_{г.в}^{уд}$ – удельный расход геотермальной воды, приходящейся на единицу расчетной тепловой нагрузки объекта, т/ч,

$$G_{г.в}^{уд} = \frac{10^3}{c} Q'_{об}\left(\frac{Q'_{от}}{\Delta t'_{от}} + \frac{Q'_{вент}}{\Delta t'_{вент}} + \frac{Q'_{г.в}}{\Delta t'_{г.в}}\right) \qquad (17.10)$$

c – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·°С) [ккал/(кг·°С)]; $\Delta t'_{от}$, $\Delta t'_{вент}$ и $\Delta t'_{г.в}$ – расчетный перепад температур, срабатываемый в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, °С;

$$\alpha + \beta + \gamma = 1; \qquad (17.11)$$

$$Q'_{об} = Q'_{от} + Q'_{вент} + Q'_{г.в}. \qquad (17.12)$$

17.3. Технико-экономическая оценка вариантов систем, использующих теплоту геотермальных вод

Целесообразность применения геотермальных систем теплоснабжения определяется в результате технико-экономического сопоставления с теплоснабжением на базе традиционных источников теплоты.

Экономия топлива $\Delta b_{год}$, т у. т./год, достигаемая в результате использования геотермальных вод, определяется по формуле

$$\Delta b_{год} = 1{,}22 G'_{скв}(t_{т.в} - 5)\frac{\eta_{геот}}{\eta_{баз}}, \qquad (17.13)$$

где $\eta_{баз}$ – коэффициент полезного действия «базисного» генератора теплоты, который замещается геотермальной установкой; $G'_{скв}$ – максимальный дебит скважины в течение всего периода эксплуатации, подсчитанный с учетом неравномерности отбора, т/сут.

При сопоставлении геотермального варианта с традиционным в качестве базисного следует принимать вариант, обеспечивающий оптимальные условия покрытия данной тепловой нагрузки в данных конкретных условиях. Сравниваемые варианты должны быть сопоставимы по расчетной тепловой нагрузке и количеству тепловой энергии, передаваемой обслуживаемым объектам в течение года. Если геотермальным вариантом охватывается только часть расчетной тепловой нагрузки объекта, то расчет приведенных затрат по нему, тыс. руб., для сопоставления с базисным вариантом может производиться с введением «замещающего» варианта по формуле

$$П_{гт} = [wП_{гт}^{уд} + (1 - w)П_{зам}^{уд}]Q'_{об}, \qquad (17.14)$$

где $П_{гт}$ – приведенные затраты по геотермальному варианту, тыс. руб; $П_{гт}^{уд}$ – удельные приведенные затраты, приходящиеся на единицу охваченной геотер-

мальным вариантом расчетной тепловой нагрузки, тыс. руб/МВт [тыс. руб/(Гкал/ч)]; $Q'_{об}$ – расчетная нагрузка теплоснабжаемого объекта, МВт (Гкал/ч); $w = Q'_{тт}/Q'_{об}$ – доля расчетной нагрузки объекта, покрываемая геотермальной системой; $Q'_{тт}$ – расчетная нагрузка, покрываемая геотермальной системой теплоснабжения, МВт (Гкал/ч); $П^{уд}_{зам}$ – удельные приведенные затраты «замещающего» варианта, который рассчитывается на разность тепловых нагрузок $Q'_{об} - Q'_{тт}$, тыс. руб/МВт [тыс. руб/(Гкал/ч)].

Если в геотермальных системах теплоснабжения геотермальная вода используется для нужд горячего водоснабжения и других хозяйственных целей, эксплуатационные расходы в базисном варианте увеличиваются на сумму дополнительных затрат, которые определяются умножением количества геотермальной воды, м^3, замещающей потребление водопроводной или технической воды на соответствующие нужды, на стоимость 1 м^3 замещаемой воды.

С учетом принятого расчетного срока функционирования геотермальных скважин 25 лет следует определять эксплуатационные расходы (амортизационные отчисления на реновацию) по тем элементам систем геотермального теплоснабжения, которые за пределами расчетного срока не могут использоваться (тепловые сети, аккумулирующие емкости и т. д.). По таким сооружениям норма амортизационных отчислений на реновацию в случае, если она составляет менее 4%, должна быть увеличена до 4%.

Необходимость расширения или нового строительства сбросных сетей и очистных сооружений (или устройств для разбавления сбрасываемой геотермальной воды) должна учитываться в технико-экономических расчетах при обосновании эффективности применения систем геотермального теплоснабжения.

17.4. Принципиальные схемы систем геотермального теплоснабжения

Основная цель в процессе разработки схем систем геотермального теплоснабжения – обеспечение максимального срабатывания теплового потенциала геотермальной воды и возможно более полного использования годового дебита скважин. Указанное положение может не соблюдаться в тех случаях, когда тепловой потенциал скважин превышает нагрузку существующих и перспективных потребителей.

Выбор принципиальной схемы геотермального теплоснабжения при известных гидрогеологических параметрах скважин производится в такой последовательности:

1) на основании химического состава и минерализации гидротерм определяют, может ли данная геотермальная вода подаваться непосредственно в системы теплоснабжения (одноконтурные системы) или должна служить для этих систем первичным теплоносителем (двухконтурные системы);

2) выявляют конкретных потребителей геотермальной воды в расчетном режиме с классификацией их по предъявляемым ими требованиям к потенциалу теплоносителя;

3) намечают ориентировочную последовательность подачи геотермальной воды различным потребителем с учетом их взаиморасположения и необходимости срабатывания теплового потенциала геотермальной воды;

4) определяют расчетные параметры схемы и возможных сезонных потребителей;

5) производят технико-экономический расчет.

Как правило, для выявления оптимальной схемы для конкретного набора потребителей необходимо рассмотреть несколько вариантов. В зависимости от химического состава и минерализации гидротерм могут применяться:

а) **одноконтурные системы теплоснабжения** с зависимым подключением систем отопления и непосредственным водоразбором в системах горячего водоснабжения;

б) **двухконтурные системы теплоснабжения** с независимым подключением систем отопления и закрытым водоразбором в системах горячего водоснабжения;

в) **комбинированные системы** с зависимым подключением систем отопления и закрытым водоразбором в системах горячего водоснабжения.

Одноконтурные системы геотермального теплоснабжения могут проектироваться по одной из следующих принципиальных схем.

I. В районах с ограниченными ресурсами геотермальных вод рекомендуется первоочередное рассмотрение технической возможности и экономической целесообразности использования простейшей схемы с подачей геотермальной воды на горячее водоснабжение при удовлетворении отопительной нагрузки от других источников теплоты (рис. 17.4).

Рис. 17.4. Схема с непосредственной подачей геотермальной воды только на горячее водоснабжение

Схема не может быть применена при $t_{т.в} < t_{г.в}^{мин}$ (где $t_{г.в}^{мин}$ – минимально допустимая температура воды в системе горячего водоснабжения, °С), при открытом водоразборе (геотермальная вода обладает питьевыми качествами) и при $t_{т.в} < t_{г.в} + (5 \div 10)$°С в случае использования промежуточных теплообменников.

II. В районах со значительными ресурсами геотермальных вод при ограниченных нагрузках потребителей, расположенных в непосредственной близости от скважин, а также для ограниченного геотермального теплоснабжения отдельных объектов рекомендуется схема геотермального теплоснабжения с параллельной подачей геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение (рис. 17.5, *а*). Геотермальная вода из скважины направляется непосредственно в отопительные системы и системы горячего водоснабжения (через бак-аккумулятор). После отопительных систем вода сбрасывается. Регулирование теплоотдачи в системах отопления осуществляется путем подмешивания обратной воды насосами.

В зависимости от схемы подмешивания (центральное или абонентское) распределительные сети представляют собой соответственно четырех- или трехтрубную прокладку (с учетом циркуляционной линии горячего водоснабжения).

Рассмотренная схема не может быть применена при $t_{г.в} \leqslant t'_{от}$ и $t_{т.в} < t_{г.в}^{мин}$, где $t'_{от}$ – температура воды при расчетной температуре наружного воздуха для систем отопления, °С.

III. В районах с ограниченными ресурсами геотермальных вод при значительных нагрузках потребителей рекомендуется схема геотермального теплоснабжения с последовательной подачей геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение (рис. 17.5, *б*). Рассмотренная схема неприменима при $t_{т.в} \leqslant t'_{от}$ и $t_0 < 45–50$°С.

IV. В районах, где потребность в теплоте превышает тепловой потенциал ресурсов геотермальной воды, рекомендуются схемы геотермального теплоснабжения:

1) с параллельной подачей воды на отопление и горячее водоснабжение с пиковым догревом геотермальной воды, идущей на нужды отопления (рис. 17.6, *а*);

2) с последовательной подачей геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение с пиковым догревом отопительной воды (рис. 17.6, *б*). Рекомендуемая принципиальная схема пикового догрева представлена на рис. 17.7.

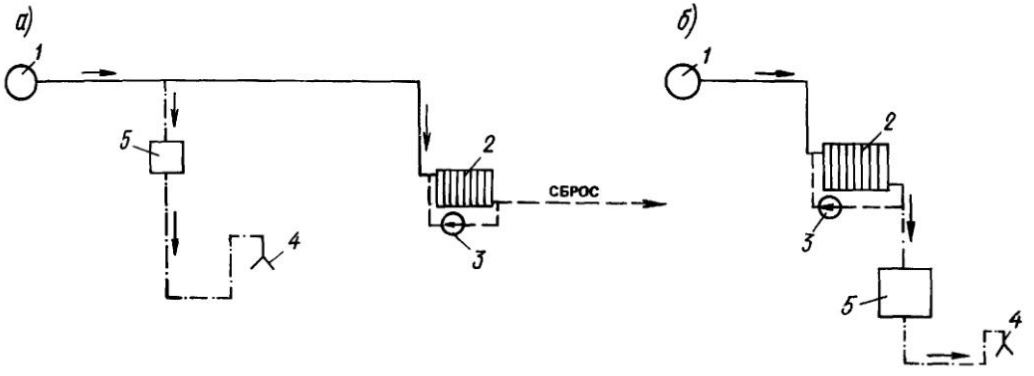


Рис. 17.5. Схема с параллельной (*а*) и последовательной (*б*) подачей геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение
1 – скважина, *2* – система отопления, *3* – подмешивающий насос; *4* – система горячего водоснабжения; *5* – бак-аккумулятор

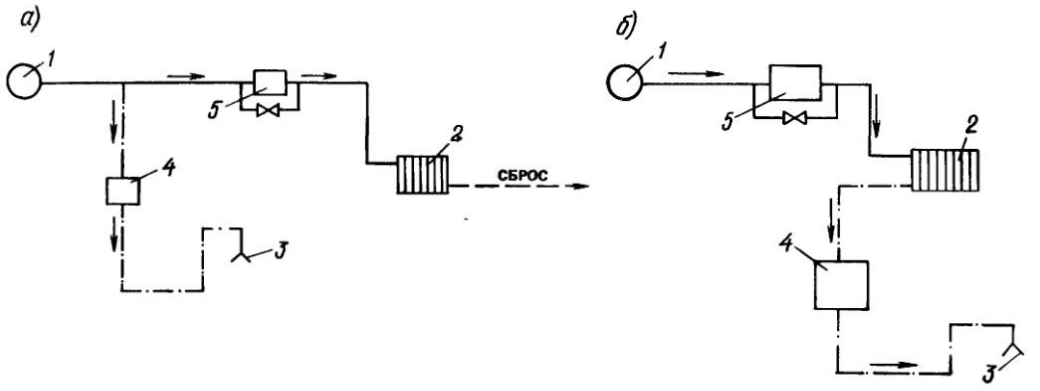


Рис. 17.6. Схема с параллельной (*а*) и последовательной (*б*) подачей геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение и пиковым догревом отопительной воды

1 – скважина, *2* – система отопления; *3* – система горячего водоснабжения, *4* – бак-аккумулятор, *5* – пиковый догрев

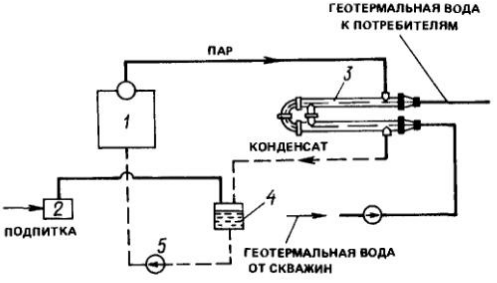


Рис. 17.7. Тепловая схема пиковой котельной

1 – паровой котел, *2* – химводоочистка, *3* – пароводяной теплообменник для пикового догрева геотермальной воды; *4* – бак для сбора конденсата; *5* – насос

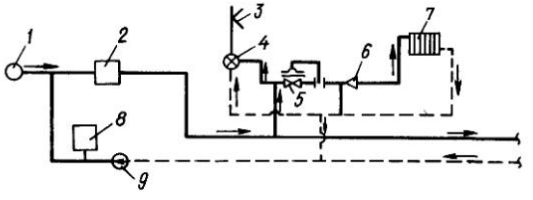


Рис. 17.8. Схема бессливной системы

1 – скважина; *2* – пиковая котельная; *3* – система горячего водоснабжения; *4* – регулятор постоянства температуры, *5* – регулятор постоянства расхода; *6* – элеватор; *7* – система отопления; *8* – бак-аккумулятор; *9* – насос

Регулирование системы теплоснабжения производится постепенным уменьшением доли пикового догрева $d_т$ с последующим переходом на пропуска. Если пиковый догрев незначителен и переход на ранние пропуска нежелателен, качественное регулирование может осуществляться путем центрального или абонентского подмешивания обратной воды. Для данной схемы характерно сокращение удельного расхода геотермальной воды на единицу тепловой нагрузки.

V. При необходимости обеспечения минимального расхода геотермальной воды на единицу расчетной отопительной нагрузки, равного среднечасовому расходу горячего водоснабжения, может быть применена бессливная система геотермального теплоснабжения, при которой $Q_{т.в} = Q_{г.в}$ (рис. 17.8). В указанной схеме при наименьшем удельном расходе воды (по сравнению со всеми другими схемами) наблюдаются наибольшая мощность пиковых котельных и наибольший расход топлива.

Регулирование системы теплоснабжения производится путем постепенного сокращения доли пикового догрева, работающего бóльшую часть отопительного сезона, с последующим переходом на пропуска. Эффективность бессливной системы тем выше, чем больше доля горячего водоснабжения в суммарной тепловой нагрузке. Распределительные сети в данной схеме выполняются двухтрубными.

На схеме (см. рис. 17.8) по однотрубной магистрали от скважины к пиковой котельной подается геотермальная вода в количестве, равном среднечасовому расходу на горячее водоснабжение $G_{г.в}$, а в подающем трубопроводе двухтрубных распределительных сетей среднечасовой расход $G^{г}_{дв}$, т/ч, составит

$$G^{г}_{дв} = G_{г.в} + G_{доб}, \qquad (17.15)$$

где $G_{доб}$ – добавочный расход, равный расходу в обратном трубопроводе распределительных сетей, т/ч:

$$G_{\text{доб}} = \frac{10^3 - G_{\text{г.в}}(t'_{\text{г}} - 5)}{t'_{\text{г}} - t'_{\text{о}}}. \qquad (17.16)$$

В пиковой котельной суммарный расход воды $G^{\text{г}}_{\text{дв}}$ догревается до $t'_{\text{г}}$ и подается в системы отопления через регулятор постоянства расхода и элеватор, а также в системы горячего водоснабжения; при этом температура поддерживается регулятором постоянства температур. На обратной линии распределительных сетей устанавливают бак-аккумулятор и насос.

При реализации бессливной системы возможны три варианта соотношения между температурами геотермальной воды и воды, подаваемой на горячее водоснабжение:

1) $t_{\text{т.в}} < t_{\text{г.в}}$ – вся отопительная нагрузка и часть нагрузки горячего водоснабжения покрываются пиковой котельной. Доля нагрузки горячего водоснабжения $\gamma'_{\text{пик}}$, покрываемая пиковой котельной в расчетном режиме, подсчитывается по формуле

$$\gamma'_{\text{пик}} = \frac{t_{\text{г.в}} - t_{\text{т.в}}}{t_{\text{г.в}} - 5}. \qquad (17.17)$$

Расчетная теплопроизводительность пиковой котельной, МВт(Гкал/ч),

$$Q'_{\text{пик}} = Q'_{\text{об}}(\alpha' + \gamma'_{\text{пик}}\gamma'), \qquad (17.18)$$

где $Q'_{\text{об}}$ – расчетная тепловая нагрузка объекта, МВт/(Гкал/ч).

Пиковая котельная работает круглый год; $d^{\text{от}}_{\text{т}} = 1$. Значение $d^{\text{т.в}}_{\text{т}}$ определяется по уравнению

$$d^{\text{т.в}}_{\text{т}} = \frac{\gamma'_{\text{пик}}\tau_{\text{сез}} + 0{,}65\gamma^{\text{летн}}_{\text{пик}}(8500 - \tau_{\text{сез}})}{5500 + 0{,}35\tau_{\text{сез}}}, \qquad (17.19)$$

где $\gamma^{\text{летн}}_{\text{пик}}$ – доля нагрузки горячего водоснабжения, покрываемая пиковой котельной в летнем режиме

$$\gamma^{\text{летн}}_{\text{пик}} = \frac{t_{\text{г.в}} - t_{\text{т.в}}}{t_{\text{г.в}} - 15}. \qquad (17.20)$$

2) $t_{\text{т.в}} = t_{\text{г.в}}$ – пиковая котельная подбирается на расчетную отопительную нагрузку, т. е. $Q'_{\text{пик}} = Q'_{\text{об}}\alpha'$ и работает в течение всего отопительного сезона; $d^{\text{от}}_{\text{т}} = 1$, $d^{\text{т.в}}_{\text{т}} = 0$.

3) $t_{\text{т.в}} > t_{\text{г.в}}$ – пиковая котельная подбирается на часть отопительной нагрузки

$$Q'_{\text{пик}} = Q'_{\text{об}}\alpha' - G_{\text{г.в}}(t_{\text{т.в}} - t_{\text{г.в}})\,10^{-3}. \qquad (17.21)$$

Доля пикового догревателя отопления $d^{\text{от}}_{\text{т}}$

$$d^{\text{от}}_{\text{т}} = 1 - \frac{G_{\text{г.в}}(t_{\text{т.в}} - t_{\text{г.в}})\,10^{-3}}{Q'_{\text{об}}\alpha'\varphi_{\text{ср}}}. \qquad (17.22)$$

Работа пиковой котельной продолжается до тех пор, пока вносимое геотермальной водой количество теплоты не станет равным необходимой теплопроизводительности отопительной системы, т. е.

$$\varphi_{\tau_{\text{о}}} = \frac{G_{\text{г.в}}(t_{\text{т.в}} - t_{\text{г.в}})\,10^{-3}}{Q'_{\text{об}}\alpha'}. \qquad (17.23)$$

VI. В районах с ограниченными ресурсами геотермальных вод, высокой стоимостью их добычи и транспорта рекомендуется система геотермального теплоснабжения с применением термотрансформаторов (компрессионных тепловых насосов). В летний период эта схема может эксплуатироваться в режиме хладоснабжения.

В тепловых насосах в качестве источников теплоты могут использоваться низкотемпературные геотермальные воды ($t_{\text{т.в}} \geqslant 15°\text{C}$).

Оптимальную в тепловом балансе системы долю расчетной производительности термотрансформаторов при выработке теплоты следует принимать в пределах 0,1–0,15. Нагрев обратной воды предусматривается до 60°С, отопительный коэффициент при двухступенчатом нагреве принимается $\mu = 4$.

Соотношение расходов нагреваемой в конденсаторах воды $G_{\text{конд}}$ и сбрасываемой через испарители $G_{\text{исп}}$ определяется по формуле

$$m = \frac{G_{\text{конд}}}{G_{\text{исп}}} = \frac{\mu}{\mu - 1} \cdot \frac{t'_{\text{о}} - t'_{\text{сбр}}}{t'_{\text{конд}} - t'_{\text{о}}}, \qquad (17.24)$$

где $t'_{\text{конд}}$ и $t'_{\text{сбр}}$ – расчетные температуры воды на выходе из конденсаторов и испарителей (сброс), °С; $t'_{\text{сбр}}$ принимается в пределах 5–10°С; $t'_{\text{о}}$ – расчетная температура обратной воды систем отопления, °С; $m = 0{,}4 - 0{,}6$.

Компрессионные тепловые насосы следует размещать на обратной линии геотермальных систем отопления (рис. 17.9). Эффективность работы тепловых насосов возрастает при использовании низкотемпературных отопительных систем, а также за счет последовательно-противоточного включения нескольких агрегатов.

Установленную мощность тепловых насосов $N'_{\text{т.н}}$, кВт, и годовой расход электроэнергии $P^{\text{т.н}}_{\text{год}}$, кВт·ч/год, определяют по формулам:

$$N'_{\text{т.н}} = 1163\frac{\gamma' Q'_{\text{от}}}{k}\sum_{1}^{k}\frac{1}{\mu_i^{\text{сг}}}; \qquad (17.25)$$

$$P^{\text{т.н}}_{\text{год}} = 1163\frac{\gamma_{\text{год}} Q'_{\text{от}}\tau_{\text{сез}}\varphi_{\text{ср}}}{k}\sum_{1}^{k}\frac{1}{\mu_i^{\text{сг}}}, \qquad (17.26)$$

где γ' – доля расчетной теплопроизводительности теплового насоса; k – число ступеней нагрева; μ_l^{cr} – действительный отопительный коэффициент в расчетном режиме; $\tau_{сез}$ – продолжительность отопительного сезона, ч; $\varphi_{ср}$ – среднегодовой коэффициент отпуска теплоты

$$\varphi_{ср} = 0{,}614 - 6 \cdot 10^{-4} \tau_{сез}; \qquad (17.27)$$

1163 – коэффициент, вводимый при подстановке $Q'_{от}$, Гкал/ч; при подстановке $Q'_{от}$, кВт, этот коэффициент равен 1.

VII. В регионах с ограниченными ресурсами геотермальных вод может быть использована также система геотермального теплоснабжения с последовательным включением систем водяного и воздушного отопления (рис. 17.10). Геотермальная вода из скважины направляется параллельно в системы горячего водоснабжения (через бак-аккумулятор) и системы отопления. Вода, направляемая на отопление, проходит пиковый догрев и затем поступает в системы водяного отопления и калориферы второго подогрева систем воздушного отопления. Обратная вода после калориферов второго подогрева и систем водяного отопления поступает в калориферы первого подогрева и затем сбрасывается. Наличие пикового догрева в схеме не является обязательным и зависит от величины $t_{т.в}$.

Регулирование теплоотдачи в схеме на рис. 17.10 осуществляется путем уменьшения доли пикового догрева с переходом на пропуска при отключении догрева. Если пиковая котельная не предусматривается или нежелательно переходить на ранние пропуска, регулирование производится путем подмешивания обратной воды. С учетом циркуляционной линии горячего водоснабжения распределительные сети представляют четырехтрубную прокладку.

Для расчета схемы с последовательным включением системы водяного и воздушного отопления рекомендуются следующие параметры: температура сброса $t'_{сбр} = 15–20°C$; конечная разность температур между обратной водой и нагреваемым воздухом в калориферах первого подогрева $\Delta t_{кон} \approx 15°C$; температура приточного воздуха после калориферов первого подогрева в расчетном режиме $t'_{прит.1} = 15°C$; расчетная температура приточного воздуха $t'_{прит} = 60–70°C$; температура после пикового догрева $t'_{г} \geqslant t'_{прит} + \Delta t_{кон}$.

VIII. Принципы построения схем двухконтурных систем геотермального теплоснабжения не отличаются от изложенных выше применительно к одноконтурным. Примеры двухконтурных и комбинированных схем систем показаны на рис. 17.11.

При близком взаиморасположении геотермальных скважин избыточное давление в них

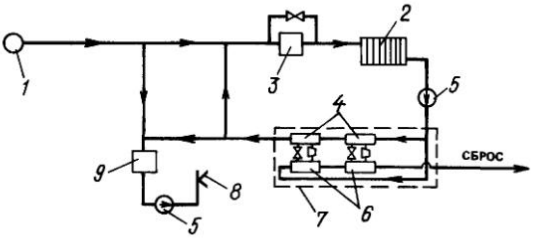


Рис. 17.9. Схема с применением пикового догрева и тепловых насосов

1 – скважина; *2* – система отопления; *3* – пиковая котельная; *4* – конденсаторы; *5* – насос; *6* – испарители; *7* – теплонасосная установка; *8* – система горячего водоснабжения; *9* – бак-аккумулятор

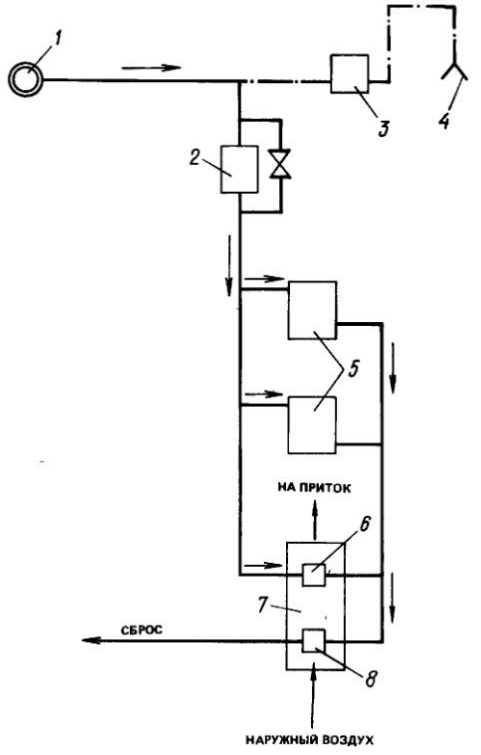


Рис. 17.10. Схема с комбинированным использованием системы водяного и воздушного отопления

1 – скважина; *2* – пиковая котельная; *3* – бак-аккумулятор; *4* – система горячего водоснабжения; *5* – система водяного отопления; *6* – калориферы второго подогрева; 7 – система воздушного отопления; *8* - калориферы первого подогрева

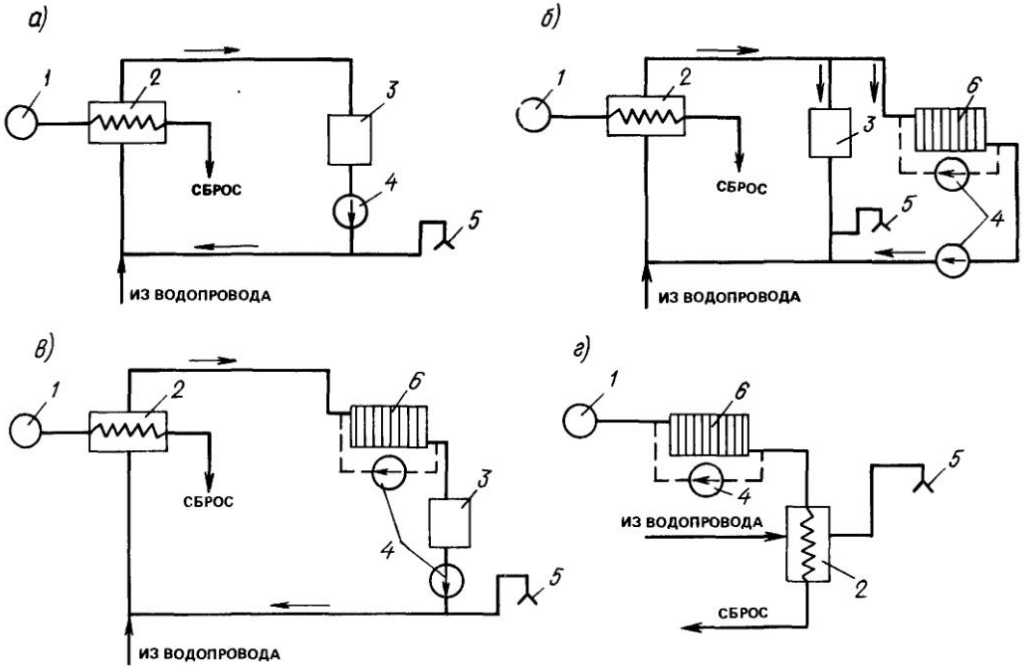


Рис. 17.11. Схемы двухконтурных (*а* *в*) и комбинированной (*г*) систем геотермального теплоснабжения
1 – скважина; *2* – теплообменник; *3* – бак-аккумулятор, *4* – насос, *5* – система горячего водоснабжения, *6* – система отопления

при соответствующем рельефе местности и отсутствии гидрогеологических противопоказаний может быть использовано для подачи геотермальной воды в сборный бак. Непосредственную гидравлическую связь между скважинами и системой геотермального теплоснабжения осуществлять не рекомендуется. Сборные баки на приведенных выше схемах условно не показаны.

Объединение нескольких скважин сборными сетями и установку одного сборного бака предусматривают с учетом рельефа местности и допустимого противодавления. Примеры расположения скважин и сбора геотермальной воды в общую емкость показаны на рис. 17.12.

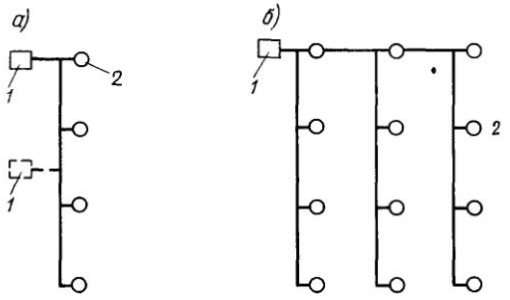


Рис. 17.12. Варианты объединения скважин
а – схема с двумя вариантами, *б* – то же, с одним вариантом, *1* – сборная емкость; *2* – скважина

В целях предупреждения опорожнения геотермальных систем теплоснабжения или их элементов в связи со свободным сливом отработавшей геотермальной воды при прямоточных схемах рекомендуется предусматривать мероприятия по поддержанию статического давления во всех точках сети, обеспечивающего заполнение наиболее высокорасположенного потребителя. Для этого на обратных трубопроводах устанавливают регуляторы давления прямого действия «до себя». В случае отключения отопительных систем, например при регулировании пропусками, следует устанавливать на обратных трубопроводах отопительных систем соленоидные клапаны или другие отключающие устройства.

В целях экономии геотермальной воды начальные и конечные разности температур

греющей и нагреваемой воды в геотермальных теплообменных аппаратах принимаются 5–10°С, если нет явного избытка геотермальной воды.

В пиковых котельных качественное регулирование геотермальной воды осуществляется путем постепенного уменьшения температуры ее нагрева. После отключения пиковой котельной регулирование производится сокращением расхода прямой геотермальной воды, отбираемой из скважин, и соответствующим подмешиванием обратной воды.

В тепловых насосах качественное регулирование производится путем сокращения их теплопроизводительности (отключение отдельных ступеней или установки в целом, регулирование направляющим аппаратом в турбокомпрессорах и др.).

В системах с промежуточными теплообменниками регулирование температуры теплоносителя достигается за счет изменения расхода греющей геотермальной воды. В схемах с пиковым догревом можно предусматривать возможность регулирования пропусками при положительных температурах наружного воздуха после отключения пиковой котельной. Режим пропусков может предусматриваться с центральным или местным регулированием.

17.5. Потребители геотермального тепла

При проектировании систем геотермального отопления необходимо учитывать следующие специфические требования:

1) практическую возможность размещения отопительных приборов в отапливаемых помещениях при сравнительно низких температурах теплоносителя;

2) создание повышенного расчетного перепада температур теплоносителя в отопительной системе для обеспечения минимального расхода геотермальной воды на единицу тепловой нагрузки;

3) минимальное повышение металлоемкости и стоимости системы при понижении температурного напора;

4) обеспечение раздельной продувки каждого участка системы отопления;

5) создание герметичности и повышенных скоростей теплоносителя (не менее 0,2 м/с), достаточных для выноса воздуха и осадка;

6) применение минимального количества арматуры и резьбовых соединений.

В системах геотермального отопления следует преимущественно применять отопительные приборы с бытовой регулировкой теплоотдачи по воздуху, например конвекторы «Универсал». Можно использовать системы панельного и потолочно-напольного отопления. Не рекомендуется применять чугунные секционные радиаторы в системах отопления с непосредственной подачей геотермальной воды (одноконтурные системы теплоснабжения), не обладающей питьевыми свойствами. Перевод существующих радиаторных систем на геотермальное теплоснабжение возможен, как правило, только при применении промежуточных теплообменников.

Для различных отопительных приборов, исходя из условия размещения их в жилых домах открыто у наружных стен, рекомендуются следующие минимальные значения средней температуры теплоносителя, °С:

Конвекторы с кожухом	55
Плинтусные конвекторы	55
Плиты перекрытий с замоноличенными трубчатыми нагревательными элементами	35
Наружные стеновые панели с замоноличенными трубчатыми нагревательными элементами	60
Радиаторы чугунные секционные М-140	50

При гидравлическом расчете трубопроводов, по которым транспортируется геотермальная вода, следует принимать эквивалентную шероховатость $K_э = 0{,}5$ мм. В зависимости от качества геотермальной воды на расчетные потери давления в геотермальной системе отопления вводится коэффициент 1,1–1,5, учитывающий зарастание труб. При отсутствии конкретных данных для обоснованного выбора указанного коэффициента принимается максимальная величина, а на вводе предусматривается установка арматуры для гашения избыточного напора.

Для охлаждения помещений гражданских зданий в теплый период года в районах с сухим жарким климатом может быть использована комбинированная система радиационного отопления–охлаждения. Воздушные системы охлаждения рекомендуется применять в тех случаях, когда по конструктивным или климатическим (повышенная влажность) факторам радиационные системы неприемлемы. Минимальная температура хладоносителя для радиационных систем охлаждения выбирается по графику на рис. 17.13. Допустимая по гигие-

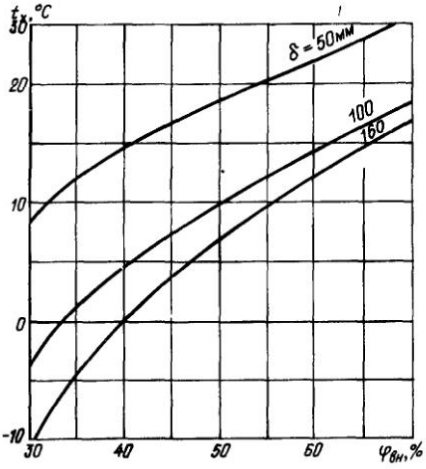


Рис. 17.13. Зависимость температуры хладоносителя от относительной влажности воздуха

$\varphi_{вн}$ – относительная влажность внутреннего воздуха, %, δ – толщина слоя тяжелого бетона, мм, по нейтральной оси которого замоноличены трубы

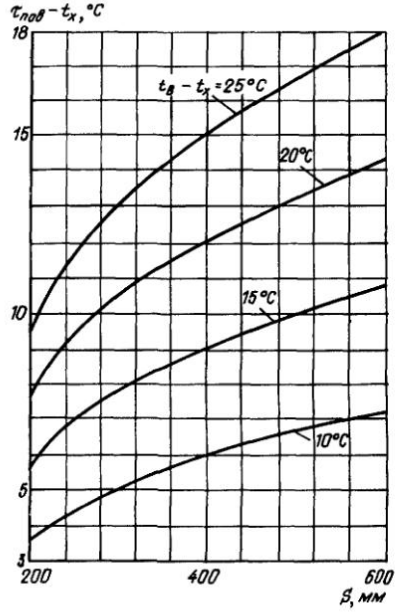


Рис. 17.14. График для определения температур охлаждающих поверхностей

ническим требованиям средняя температура охлаждающей поверхности потолка, °С, определяется по формуле

$$\tau_{пов}^{доп} \geqslant 23 - \frac{5}{\varphi_{обл}}, \qquad (17.28)$$

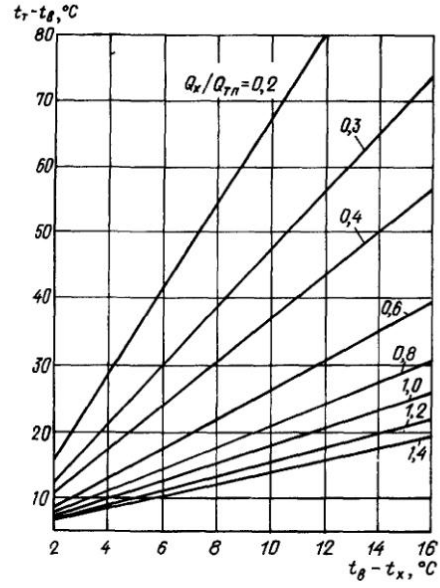


Рис. 17.15. Зависимость температуры теплоносителя от температуры хладоносителя и соотношения холодо- и теплонагрузок для радиационных систем

где $\varphi_{обл}$ – коэффициент облученности панели со стороны человека

$$\varphi_{обл} = 1 - 0{,}8\frac{\Delta h}{l_{ср}}, \qquad (17.29)$$

$\Delta h = h_{пом} - 1{,}7$; $h_{пом}$ – высота помещения от пола до потолка, м; $l_{ср}$ – средний размер охлаждающей панели, равный корню квадратному из ее площади, м.

Среднюю температуру охлаждающей поверхности определяют по рис. 17.14.

Температуру теплоносителя для радиационных систем отопления – охлаждения выбирают в зависимости от температуры хладоносителя и соотношения хладо- и теплонагрузок по рис. 17.15.

Относительное увеличение расчетных потерь давления в радиационных системах при работе их в режиме охлаждения определяется выражением

$$\psi_л = \left(\frac{Q_{ох}}{Q_{от}} \cdot \frac{\Delta t_{от}}{\Delta t_{охл}}\right)^2, \qquad (17.30)$$

где $\Delta t_{от}$ и $\Delta t_{охл}$ – расчетные перепады температур теплоносителя (хладоносителя) в системе в режимах отопления и охлаждения, °С.

Сезонные потребители (весенние теплицы, парники, обогреваемый грунт, бассейны и др.) включаются по мере сокращения отопитель-

но-вентиляционной нагрузки в целях выравнивания графика годового потребления теплоты и увеличения степени использования дебита скважин.

Если теплично-парниковое хозяйство является основным потребителем геотермальной воды, процесс включения в работу различных сооружений и соответствующие культурообороты должны предусматриваться с учетом наиболее полного использования дебита и теплового потенциала скважин в течение всего отопительного сезона.

Для отопления теплиц могут применяться воздушные системы с сосредоточенной или равномерной раздачей воздуха, работающие на полной рециркуляции. Геотермальную воду, выходящую из системы отопления с температурой выше 35°С, следует направлять в систему грунтового обогрева теплиц, где дополнительно срабатывается ее тепловой потенциал.

Площадь весенних или зимних теплиц, м², с воздушной системой отопления, которые могут быть присоединены к системе геотермального теплоснабжения, определяют по формуле

$$F_{\text{тепл}} = \frac{0{,}11 \cdot 10^3 G_{\text{т.в}}(t_{\text{т.в}} - 35)}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}, \quad (17.31)$$

где $G_{\text{т.в}}$ – располагаемый расход геотермальной воды, т/ч; $t_{\text{т.в}}$ – температура геотермальной воды, используемой в системах отопления теплиц, °С; $t_{\text{в}}$ – температура воздуха внутри теплиц; $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, при которой включаются системы обогрева теплиц, °С; для зимних теплиц $t_{\text{н}} = t'_{\text{н}}$, если предусмотрен пиковый догрев геотермальной воды $t_{\text{т.в}} = t'_{\text{т}}$, где $t'_{\text{т}}$ – температура пикового догрева, °С.

Полезная площадь обогреваемого грунта, охваченная геотермальным теплоснабжением, определяется по формуле

$$F_{\text{гр}} = \frac{G_{\text{т.в}}(t_{\text{т.в}} - t_{\text{т}}^{\text{мин}})\,10^3}{t_{\text{т.в}} + t_{\text{т}}^{\text{мин}} - 2t_{\text{н}}}, \quad (17.32)$$

где $G_{\text{т.в}}$ – располагаемый расход геотермальной воды, т/ч; $t_{\text{т.в}}$ – температура геотермальной воды, °С; $t_{\text{т}}^{\text{мин}}$ – минимально допустимая по агротехническим требованиям температура теплоносителя на выходе из грунтовой системы обогрева, °С; $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, при которой происходит включение обогреваемого грунта, °С.

Купально-плавательные бассейны, бани и прачечные могут являться потребителями геотермальной теплоты как в сезонном разрезе, так и в расчетном режиме.

Приложения

Приложение I

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ТАБЛИЦА I.1

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА ПРИ ДАВЛЕНИИ 101,33 кПа

Температура t, °C	Параметры 1 м³ сухого воздуха			Упругость водяного пара, полностью насыщающего воздух, гПа	Содержание, г, водяного пара, полностью насыщающего воздух		
	масса, кг	объем, м³			в 1 м³ влажного воздуха	в 1 кг влажного воздуха	на 1 кг сухой части влажного воздуха
		при t °C (исходная температура 0°C), $1 + \alpha t$	при 0°C (исходная температура t°C) $(1 + \alpha t)^{-1}$				
−20	1,396	0,927	1,079	1,23	1,1	0,8	0,77
−19	1,39	0,93	1,075	1,35	1,2	0,85	0,86
−18	1,385	0,934	1,071	1,49	1,3	0,92	0,93
−17	1,379	0,938	1,066	1,61	1,4	1,03	1,04
−16	1,374	0,941	1,062	1,38	1,5	1,1	1,11
−15	1,368	0,945	1,058	1,87	1,6	1,19	1,2
−14	1,363	0,949	1,054	2,06	1,7	1,29	1,3
−13	1,358	0,952	1,05	2,24	1,9	1,39	1,4
−12	1,353	0,956	1,046	2,44	2	1,49	1,5
−11	1,348	0,959	1,042	2,45	2,2	1,64	1,65
−10	1,342	0,963	1,038	2,85	2,3	1,78	1,79
−9	1,337	0,967	1,034	3,02	2,5	1,91	1,93
−8	1,332	0,971	1,03	3,27	2,7	2,06	2,08
−7	1,327	0,974	1,026	3,54	2,9	2,23	2,25
−6	1,322	0,978	1,023	3,83	3,1	2,38	2,4
−5	1,317	0,982	1,019	4,21	3,4	2,58	2,6
−4	1,312	0,985	1,015	4,50	3,6	2,78	2,8
−3	1,308	0,989	1,011	4,86	3,9	3,09	3,1
−2	1,303	0,993	1,007	5,25	4,2	3,28	3,29
−1	1,298	0,996	1,004	5,68	4,5	3,57	3,58
0	1,293	1	1	6,11	4,9	3,78	3,8
1	1,288	1,004	0,996	6,59	5,2	4,07	4,15
2	1,284	1,007	0,993	7,07	5,6	4,4	4,48
3	1,279	1,011	0,989	7,58	6	4,71	4,77
4	1,275	1,015	0,986	8,13	6,4	5,05	5,1
5	1,270	1,018	0,982	8,71	6,8	5,35	5,4
6	1,265	1,022	0,979	9,33	7,3	5,7	5,78
7	1,261	1,026	0,975	5,99	7,7	6,1	6,21
8	1,256	1,029	0,972	10,7	8,3	6,6	6,65
9	1,252	1,033	0,968	11,4	8,8	7	7,13
10	1,248	1,037	0,965	12,3	9,4	7,5	7,63
11	1,243	1,04	0,961	13,1	9,9	8	8,15
12	1,239	1,044	0,958	14	10,6	8,6	8,75
13	1,235	1,048	0,955	15	11,2	9,2	9,35
14	1,23	1,051	0,951	16	12	9,8	9,97
15	1,226	1,055	0,948	17	12,8	10,5	10,6
16	1,222	1,059	0,945	18,2	13,6	11,2	11,4
17	1,217	1,062	0,941	19,4	14,4	11,9	12,1
18	1,213	1,066	0,938	20,6	15,3	12,7	12,9
19	1,209	1,07	0,935	22,2	16,2	13,5	13,8
20	1,205	1,073	0,932	23,3	17,2	14,4	14,7
21	1,201	1,077	0,929	25,0	18,2	15,3	15,6
22	1,197	1,081	0,925	26,4	19,3	16,3	16,8
23	1,193	1,084	0,922	28	20,4	17,3	17,7
24	1,189	1,088	0,919	29,8	21,6	18,4	18,8
25	1,185	1,092	0,916	31,7	22,9	19,5	20
26	1,181	1,095	0,913	33,6	24,2	20,7	21,4
27	1,177	1,099	0,91	35,6	25,6	22	22,6
28	1,173	1,103	0,907	37,8	27	23,4	24

Продолжение табл. I.1

Температура t, °С	Параметры 1 м³ сухого воздуха			Упругость водяного пара, полностью насыщающего воздух, гПа	Содержание, г, водяного пара, полностью насыщающего воздух		
	масса, кг	объем, м³			в 1 м³ влажного воздуха	в 1 кг влажного воздуха	на 1 кг сухой части влажного воздуха
		при t °С (исходная температура 0°С), $1 + \alpha t$	при 0°С (исходная температура t°С) $(1 + \alpha t)^{-1}$				
29	1,169	1,106	0,904	4	28,5	24,8	25,6
30	1,165	1,11	0,901	42,4	30,1	26,3	27,2
31	1,161	1,114	0,898	45	31,8	27,8	28,8
32	1,157	1,117	0,895	46,7	33,5	29,5	30,6
33	1,154	1,121	0,892	50,3	35,4	31,2	32,5
34	1,15	1,125	0,889	53	37,3	33,1	34,4
35	1,146	1,128	0,886	56,2	39,3	35	35,6
36	1,142	0,132	0,884	59,4	41,4	37	38,8
37	1,139	1,136	0,881	62,7	43,6	39,2	41,1
38	1,135	1,139	0,878	66,2	45,9	41,4	43,5
39	1,132	1,143	0,875	69,9	48,3	43,8	46
40	1,128	1,147	0,872	73,7	50,8	46,3	48,9
41	1,124	1,15	0,869	77,8	53,4	48,9	51,7
42	1,121	1,154	0,867	81,9	56,1	51,6	54,8
43	1,117	1,158	0,864	86,4	58,9	54,5	58
44	1,114	1,161	0,861	91	61,9	57,5	61,3
45	1,11	1,165	0,858	95,8	65	60,7	65
46	1,107	1,169	0,856	100,8	68,2	64	68,9
47	1,103	1,172	0,853	106,1	71,5	67,5	72,8
48	1,1	1,176	0,85	111,5	75	71,7	77
49	1,096	1,18	0,848	117,3	78	75	81,5
50	1,093	1,183	0,845	123,3	83,3	79	86,3
51	1,089	1,187	0,843	129,5	86,3	83,2	91,3
52	1,086	1,191	0,84	135,9	90,4	87,7	96,6
53	1,083	1,194	0,837	142,9	94,6	92,3	102
54	1,08	1,198	0,835	149,9	99,1	97,2	108
55	1,076	1,202	0,832	157,3	103,6	102,3	114
56	1,073	1,205	0,83	165	108,4	107,6	121
57	1,07	1,209	0,827	17,3	113,3	113,2	128
58	1,067	1,213	0,825	181,4	118,5	119,1	136
59	1,063	1,216	0,822	190,1	123,8	125,2	144
60	1,06	1,22	0,82	199,1	129,3	131,7	152

ТАБЛИЦА I.2

ЭНТАЛЬПИЯ i ВОЗДУХА ПРИ ДАВЛЕНИИ 1013, 3 гПа

Температура, °С	Значения i, кДж/кг, при относительной влажности воздуха φ, %										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
−35	−34,77	−34,82	−34,86	−34,86	−34,90	−34,94	−34,98	−35,02	−35,02	−35,07	−35,11
−30	−29,51	−29,55	−29,63	−29,67	−29,76	−29,8	−29,84	−29,92	−29,97	−30,05	−30,09
−25	−24,11	−24,2	−24,28	−24,41	−24,49	−24,57	−24,70	−24,78	−24,81	−24,99	−25,08
−20	−18,47	−18,64	−18,81	−18,97	−19,10	−19,26	−19,43	−19,56	−19,73	−19,89	−20,08
−15	−12,12	−12,41	−12,70	−12,99	−13,29	−13,58	−13,87	−14,17	−14,46	−14,75	−15,04
−10	−6,10	−6,47	−6,89	−7,27	−7,69	−8,06	−8,44	−8,86	−9,23	−9,65	−10,03
−9	−4,72	−5,14	−5,6	−6,01	−6,43	−6,89	−7,17	−7,73	−8,15	−8,61	−8,98
−8	−3,30	−3,80	−4,26	−4,72	−5,22	−5,68	−6,14	−6,60	−7,10	−7,56	−8,02
−7	−1,88	−2,38	−2,92	−3,42	−3,92	−4,47	−4,97	−5,47	−6,01	−6,52	−7,02

Продолжение табл. 12

Температура, °С	Значения i, кДж/кг, при относительной влажности воздуха φ, %										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
−6	0,42	−0,96	−1,54	−2,09	−2,67	−3,21	−3,76	−4,34	−4,89	−5,47	−6,01
−5	1,12	0,50	−0,12	−0,75	−1,33	−1,96	−2,5	−3,17	−3,80	−4,38	−5,01
−4	2,67	2,00	1,33	0,66	0	−0,66	−1,33	−2,0	−2,64	−3,34	−4,01
−3	4,26	3,55	2,8	2,09	1,33	0,62	−0,12	−0,83	−1,54	−2,29	−3,0
−2	5,93	5,14	4,34	3,55	2,75	1,96	1,17	0,38	−0,42	−1,21	−2,0
−1	7,6	6,77	5,89	5,01	4,18	3,3	2,42	1,58	0,71	−0,12	−1,0
0	9,36	8,44	7,4	6,56	5,6	4,68	3,72	2,80	1,88	0,92	0
1	11,12	10,1	9,07	8,06	7,06	6,01	5,01	4,01	3,0	2,0	1,0
2	12,87	11,99	10,70	9,61	8,52	7,44	6,35	5,26	4,18	3,09	2,0
3	14,71	13,54	12,33	11,16	9,79	8,81	7,64	6,48	5,35	4,18	3,0
4	16,55	15,29	14,04	12,79	11,53	10,28	9,02	7,77	6,52	5,25	4,01
5	18,51	17,13	15,80	14,42	13,08	11,74	10,36	9,02	7,69	6,35	5,01
6	20,48	19,01	17,55	16,13	14,67	13,20	11,78	10,32	8,90	7,44	6,01
7	22,53	20,98	19,43	17,84	16,30	14,75	12,95	11,66	10,11	10,45	7,02
8	24,70	23,03	21,31	19,64	17,97	16,30	14,67	12,99	11,32	9,69	8,02
9	26,87	25,08	23,28	21,48	19,68	17,89	16,13	14,33	12,58	10,78	9,02
10	29,17	27,21	25,28	23,36	21,44	19,52	17,63	15,71	13,79	11,91	10,03
11	31,51	29,42	27,37	25,28	23,24	21,19	19,14	17,13	15,08	13,04	11,0
12	33,94	31,72	29,51	27,33	25,12	22,90	20,73	18,55	16,38	14,21	12,03
13	36,49	34,10	31,72	29,34	27,0	24,66	22,32	19,98	17,68	15,34	13,04
14	39,08	36,57	34,02	31,47	28,96	26,45	23,99	21,48	19,01	16,51	14,04
15	41,8	39,08	36,36	33,69	31,01	28,34	25,66	22,99	20,31	17,68	15,04
16	44,61	41,71	38,83	35,98	33,10	30,22	27,37	24,53	21,69	18,85	16,05
17	47,65	44,51	41,42	38,33	35,23	32,18	29,13	26,08	23,07	20,06	17,05
18	50,57	47,23	44,30	40,79	37,49	34,19	30,93	27,67	24,45	21,27	18,05
19	53,92	50,16	46,81	43,47	40,0	36,28	32,81	29,34	25,91	22,48	19,06
20	57,26	53,50	49,74	45,98	42,21	38,41	34,69	31,01	27,33	23,70	20,06
21	60,61	56,43	52,66	48,48	44,72	40,58	36,65	32,72	28,84	24,91	21,06
22	64,37	59,77	55,59	51,41	47,23	43,05	38,66	34,48	30,34	26,20	22,07
23	68,13	65,53	58,93	54,3	49,74	45,14	40,75	36,28	31,85	27,46	23,07
24	71,89	66,88	62,28	57,26	52,25	47,65	43,05	38,12	33,39	28,71	24,07
25	76,07	70,64	64,37	60,19	55,17	50,16	45,14	40,0	34,99	30,01	25,08
26	80,25	74,82	68,97	63,53	58,10	52,66	47,23	41,8	36,61	31,35	26,08
27	84,85	78,58	72,73	66,88	61,02	55,59	49,74	43,89	38,28	32,68	27,08
28	89,4	83,18	76,91	70,64	64,37	58,10	52,25	45,98	40,0	34,02	28,08
29	94,05	87,36	80,67	73,98	67,71	61,02	54,34	48,07	41,71	35,36	29,09
30	99,48	91,96	84,85	77,74	71,06	63,95	57,26	50,16	43,47	36,74	30,09
31	104,5	96,97	89,45	81,92	74,40	66,88	59,77	52,66	45,14	38,16	31,09
32	110,35	101,15	94,05	86,10	78,16	70,22	62,28	54,75	47,23	38,82	31,48
33	116,2	107,42	98,64	90,28	81,92	73,56	65,20	57,26	48,90	41,0	33,10
34	122,05	112,86	103,66	94,46	85,69	79,0	68,13	59,35	50,99	42,63	34,10
35	128,32	118,71	109,09	99,48	89,87	80,67	71,06	61,86	53,08	45,14	35,11
36	135,01	124,56	112,86	104,08	94,05	84,01	74,40	64,79	55,17	45,56	36,11
37	142,12	130,83	119,96	109,09	98,64	87,78	77,33	67,29	57,26	46,33	37,11
38	149,22	137,52	125,8	114,5	103,24	91,96	80,67	69,80	59,35	48,48	38,12
39	157,16	144,6	132,50	117,67	107,84	96,14	36,36	72,73	61,44	50,16	39,12
40	165,5	152,15	138,77	125,8	112,86	100,32	88,19	75,65	63,53	51,83	40,12
41	173,88	159,67	145,46	131,67	118,29	104,91	91,54	78,58	66,04	53,50	41,13
42	182,66	167,61	152,57	137,94	123,72	109,51	95,72	81,9	68,55	55,17	42,21
43	192,28	175,91	159,25	144,62	129,16	114,11	99,48	85,27	71,06	56,84	43,05
44	201,89	184,75	169,03	151,31	135,43	119,54	103,66	88,61	73,56	58,52	44,30
45	212,34	193,95	176,39	158,84	141,70	124,56	108,26	91,96	76,07	60,61	45,14
46	223,21	203,98	185,17	166,36	147,97	129,99	112,44	95,30	78,58	62,28	45,98
47	234,9	214,01	193,95	173,88	154,66	135,85	117,45	99,06	81,5	63,95	47,23
48	246,62	224,88	203,14	182,24	161,76	141,70	122,05	102,82	84,43	63,95	48,07
49	259,57	236,17	213,18	191,02	169,29	146,97	127,07	107,0	87,36	68,13	49,32
50	272,95	247,87	223,63	199,80	176,81	154,24	132,5	111,18	90,28	69,80	50,16
51	287,16	260,41	234,49	209,41	184,75	160,93	137,94	115,36	93,21	71,89	50,99

Продолжение табл. I.2

Температура, °С	Значения i, кДж/кг, при относительной влажности воздуха φ, %										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
52	301,79	273,37	245,78	219,03	188,93	168,03	143,37	119,54	96,55	73,98	52,25
53	317,68	287,16	257,90	229,48	201,89	175,56	149,64	124,14	99,48	76,07	53,08
54	334,4	301,79	270,44	240,35	211,09	183,08	155,49	129,16	103,24	78,58	54,34
55	351,95	317,26	284,24	252,05	221,12	191,02	162,18	134,17	107,0	80,67	55,17
56	369,93	332,31	297,61	263,75	230,73	199,38	168,45	139,19	110,35	82,76	56,0
57	389,1	348,6	312,66	276,71	241,18	208,16	175,56	144,62	114,11	85,27	57,26
58	409,64	366,16	327,71	289,67	252,05	216,94	182,66	150,06	117,87	87,78	58,10
59	430,95	383,30	343,59	303,46	263,75	225,75	190,19	155,49	122,05	90,28	59,35
60	454,36	401,69	360,31	317,68	276,29	235,33	197,71	161,34	126,23	92,37	60,19
65	593,56	526,68	462,30	402,11	344,85	293,01	242,02	194,78	149,22	106,17	65,20
70	79,42	693,88	599,83	515,81	437,22	365,75	298,87	235,33	176,81	122,05	70,22

ТАБЛИЦА I.3
ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАСЫЩЕННОГО ПАРА (ПО ВУКАЛОВИЧУ)

Продолжение табл. I.3

Давление p, кПа	Температура t, °С	Удельный вес V, м³/кг	Плотность ρ, кг/м³	Энтальпия i, кДж/кг		Удельная теплота испарения r, кДж/кг
				жидкости	пара	
−99	6,7	131,6	0 007599	28,13	2508,8	2480,8
−95	32,55	28,72	0,03482	136,14	2556,0	2419,8
−90	45,45	14,95	0,06689	189,98	2579,0	2389,2
−80	59,67	7,789	0,1284	249,33	1604,5	2355,0
−70	68,68	5,324	0,1878	286,99	2620,0	2332,8
−60	75,42	4,066	0,2459	315,21	2631,3	2316,1
−50	80,86	3,299	0,3031	337,99	2640,0	2301,9
−40	85,45	2,782	0,3595	357,26	2648,0	2290,6
−30	89,45	2,408	0,4153	374,0	2654,7	2280,6
−20	92,99	2,125	0,4706	388,9	2660,15	2270,9
−10	96,18	1,903	0,5255	402,3	2665,1	2262,6
0	99,09	1,725	0,5797	414,6	2670,1	2255,5
10	101,76	1,578	0,6337	425,8	2674,3	2248,4
20	104,25	1,455	0,6873	436,30	2678,1	2241,7
30	106,56	1,35	0,7407	446,08	2681,8	2235,8
40	108,74	1,259	0,7943	455,28	2684,81	2229,6
50	110,79	1,181	0,8467	463,9	2688,1	2224,1
60	112,73	1,111	0,9001	472,10	2691,08	2218,7
70	114,57	1,05	0,9524	479,90	2694,0	2214,1
80	116,33	0,9954	1,0046	487,38	2696,5	2209,1
90	118,01	0,9462	1,057	494,49	2699,0	2204,5
100	119,62	0,9018	1,109	501,34	2701,5	2200,3
150	126,79	0,7318	1,367	531,69	2711,5	2179,8
200	132,88	0,6169	1,621	557,6	2719,9	2162,3
250	138,19	0,5338	1,873	580,6	2727,0	2146,4
300	142,92	0,4709	2,124	600,66	2733,3	2132,6
350	147,2	0,4215	2,373	619,05	2738,7	2119,67
400	151,11	0,3817	2,61	635,77	2743,3	2107,55
500	158,08	0,3214	3,111	665,8	2751,6	2085,4
600	164,17	0,2778	3,6	692,6	2754,6	2065,7
700	169,61	0,2448	4,085	716,4	2763,8	2047,36
800	174,53	0,2189	4,508	737,77	2768,4	2028,5
900	179,04	0,198	5,051	757,8	2772,59	2015,1
1000	183,2	0,181	5,54	775,8	2775,10	1998,04
1100	187,1	0,166	6,03	793,36	2778,0	1984,6
1200	190,71	0,154	6,5	809,24	2780,95	1971,7
1300	194,13	0,143	7	824,71	2783,0	1958,3
1400	197,36	0,134	7,46	838,92	2785,13	1946,2
1500	200,43	0,126	7,94	852,72	2787,22	1934,5
1600	203,35	0,119	8,4	866,0	2788,89	1922,8

ТАБЛИЦА I.4

УДЕЛЬНЫЙ ОБЪЕМ *V* ПЕРЕГРЕТОГО ВОДЯНОГО ПАРА

Давление	Значения V, м³/кг, при температуре перегретого водяного пара t, °С									
$p \cdot 10^3$ кПа	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
0	1,83	1,93	2,02	2,12	2,21	2,31	2,4	2,5	2,59	2,69
0,02	1,52	1,6	1,68	1,76	1,84	1,92	2	2,08	2,16	2,24
0,04	1,3	1,37	1,44	1,51	1,58	1,65	1,71	1,78	1,85	1,92
0,06	1,13	1,2	1,26	1,32	1,38	1,44	1,5	1,56	1,62	1,67
0,08	1,01	1,06	1,12	1,17	1,22	1,28	1,33	1,38	1,44	1,5
0,1	0,9	0,95	1	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,34
0,15	–	0,76	0,8	0,84	0,88	0,92	0,96	0,99	1,03	1,07
0,2		0,63	0,66	0,7	0,73	0,76	0,79	0,83	0,86	0,89
0,25		0,53	0,57	0,6	0,62	0,65	0,68	0,71	0,73	0,77
0,03	—	—	0,49	0,52	0,54	0,57	0,59	0,62	0,64	0,67
0,04	—	—	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,51	0,53
0,05	—	—	0,32	0,34	0,35	0,38	0,39	0,41	0,43	0,44
0,06	–	–		0,29	0,3	0,32	0,33	0,35	0,36	0,38
0,07		—	—	0,25	0,26	0,28	0,29	0,3	0,32	0,33
0 08		—	—	0,22	0 23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
0,09	–	—	—	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26
1,0	—				0,19	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24
1,1		—	—	—	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21	0,22
1,2	—	—	—	—	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19	0,2
1,3				—	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19
1,4	—	—			0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
1,5	—	—	—	—	—	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16
1,6		–	—	–	—	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15

ТАБЛИЦА I.5

ЭНТАЛЬПИЯ *i* ПЕРЕГРЕТОГО ВОДЯНОГО ПАРА

Давление	Значения i, кДж/кг, при температуре перегретого водяного пара t, °С									
p, кПа	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
0	2712,8	2752 1	2791,4	2830,6	2869,9	2909,2	2940,99	2988,7	3029,2	3069,37
20	2710,73	2750,44	2790,1	2829,44	2869,11	2908,44	2948,15	2988,28	3028,4	3068,95
40	2708,64	2749,18	2788,89	2828,6	2867,89	2907,6	2947,3	2987,4	3027,57	3068,1
60	2706,55	2747,51	2787,6	2827,35	2867,06	2906,77	2946,48	2986,61	3027,1	3067,7
80	2704,46	2745,84	2786,38	2826,0	2866,22	2905,93	2946,06	2986,19	3026,3	3067,28
100	2702,37	2744,17	2785,55	2825,26	2864,97	2905,1	2945,22	2985,3	3025,9	3066,86
150		2740,4	2780,95	2822,33	2862,46	2902,5	2942,7	2983,2	3024,2	3065,19
200		2735,8	2778,4	2819,41	2859,95	2900,5	2941,04	2982,0	3022,9	3063,9
250		2729,5	2775,5	2817,32	2857,86	2898,8	2939,79	2980,75	3022,14	3025,9
300	—		2771,75	2813,97	2854,94	2892,56	2937,28	2978,66	3020,0	3023,81
400		—	2762,98	2807,7	2849,5	2891,3	2933,10	2974,9	3017,12	3058,92
500		—	2756,2	2801,01	2844,12	2929,76	2971,56	2971,56	3014,19	3056,41
600	—	—		2795,58	2840,3	2882,94	2925,58	2968,2	3010,85	3053,49
700	—	—		2789,3	2834,87	2878,76	2921,82	2964,87	3007,9	3050,98
800	–	—	—	2781,79	2829,02	2873,75	2918,05	2961,53	3005,0	3048,47
900	—		—	2774,68	2823,17	2869,57	2914,29	2957,35	3002,07	3045,54
1000			—	—	2818,15	2866,22	2912,62	2957,35	3001,24	3044,29
1100	–	–	—		2812,30	2861,62	2908,44	2954	2998,31	3041,78
1200		–	–	—	2805,61	2856,61	2904,26	2950,24	2994,97	3039,27
1300	—	—	—		2799,34	2851,59	2900,08	2946,9	2992,04	3036,35
1400	—	—		—	2792,65	2846,16	2895,90	2943,13	2989,11	3033,84
1500	–	–	—	—	—	2840,72	2891,72	2939,79	2985,77	3030,91
1600	—	—	—	—	–	2835,29	2887,12	2936,03	2982,84	3028,41

ТАБЛИЦА I.6

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

Температура t, °С	Давление $p\ 10^3$, кПа	Плотность ρ, кг/м^3	Энтальпия i, кДж/кг	Удельная теплоемкость c, кДж/(кг·°С)	Теплопроводность λ, Вт/(м °С)	Температуропроводность $10^7 a$, м^2/с	Динамическая вязкость 10^6 μ, с/м^2	Кинематическая вязкость 10^6 ν, м^2/с
0	0	999,8	0	4,20	0,56	1,334	1788,5	1,79
10	0	999,6	41,84	4,18	0,562	1,362	1303,4	1,3
20	0	998,2	83,72	4,17	0,59	1,417	999,6	1,0
30	0	995,6	125,4	4,17	0,61	1,473	800,6	0,805
40	0	992,2	166,9	4,17	0,626	1,50	652,6	0,659
50	0	988	208,79	4,17	0,64	1,556	548,8	0,556
60	0	983,2	250,54	4,17	0,657	1,584	470,4	0,479
70	0	977,7	292,30	4,18	0,667	1,64	405,72	0,415
80	0	971,8	334,19	4,188	0,675	1,66	355,6	0,366
90	0	965,3	376,11	4,20	0,680	1,695	314,58	0,326
100	0,03	958,3	418,16	4,20	0,682	1,695	282,24	0,295
110	0,046	951	460,30	4,22	0,685	1,695	254,8	0,268
120	0,102	943,1	502,85	4,238	0,686	1,723	230,3	0,244
130	0,175	934,8	545,07	4,26	0,686	1,723	211,68	0,226
140	0,268	926,1	586,87	4,284	0,685	1,723	196	0,212
150	0,385	916,9	630,76	4,313	0,683	1,723	185,22	0,202
160	0,53	907,4	674,2	4,34	0,682	1,723	171,5	0,19
170	0,708	897,3	717,7	4,38	0,679	1,723	162,68	0,181
180	0,923	886,9	761,59	4,41	0,674	1,723	152.88	0,173
190	1,18	876	805,9	4,455	0,681	1,723	145,04	0,166

Приложение II.

ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ ПРИ ПЕРЕПАДАХ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В СИСТЕМЕ 95–70°С, 105–70° и $K_ш = 0{,}2$ мм

Таблица II 1 Расчет

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным водогазопроводным (ГОСТ 3262– 75*) условным проходом, мм													
	легким							обыкновенным						
	10	15	20	25	32	40	50	10	15	20	25	32	40	50
0,5	2,3 0,005	5,8 0,008	19 0,014	51,9 0,024	121 0,033	161 0,033	288 0,036	2,0 0,005	5,0 0,007	17 0,014	46,1 0,023	117 0,033	154 0,033	274 0,035
0,55	2,5 0,005	6,4 0,009	20,9 0,016	57,1 0,026	125 0,034	162 0,034	303 0,037	2,2 0,005	5,5 0,008	18,7 0,015	50,7 0,025	121 0,034	159 0,034	288 0,037
0,6	2,8 0,006	7,0 0,009	22,8 0,017	62,2 0,029	127 0,035	171 0,035	319 0,039	2,4 0,006	6,0 0,009	20,4 0,016	55,3 0,027	124 0,035	168 0,036	303 0,039
0,65	3,0 0,006	7,6 0,01	24,7 0,019	67,4 0,031	129 0,035	174 0,036	333 0,041	2,6 0,006	6,5 0,009	22,1 0,018	59,9 0,029	127 0,036	172 0,037	317 0,041
0,7	3,2 0,007	8,1 0,011	26,6 0,020	72,6 0,034	135 0,036	175 0,036	347 0,043	2,8 0,006	7,0 0,01	23,8 0,019	64,5 0,032	131 0,037	173 0,037	329 0,042
0,75	3,5 0,007	8,7 0,012	28,6 0,022	78,5 0,036	139 0,037	181 0,037	360 0,044	3,0 0,007	7,5 0,011	25,5 0,02	69,1 0,034	133 0,037	176 0,38	342 0,044
0,8	3,7 0,008	9,3 0,013	30,5 0,023	80,6 0,037	140 0,037	187 0,038	374 0,046	3,2 0,007	8,0 0,012	27,2 0,022	75,9 0,037	135 0,038	177 0,038	355 0,046
0,85	3,9 0,008	9,9 0,013	32,4 0,025	82,8 0,038	141 0,038	194 0,040	387 0,048	3,4 0,008	8,5 0,012	28,9 0,023	75,9 0,037	136 0,038	182 0,039	368 0,047
0,9	4,2 0,009	10,5 0,014	34,3 0,026	82,8 0,038	142 0,038	200 0,041	400 0,049	3,7 0,008	9,0 0,013	30,6 0,024	77,9 0,038	140 0,039	188 0,040	380 0,049
0,95	4,4 0,009	11,1 0,015	36,2 0,027	85,8 0,039	147 0,039	207 0,042	412 0,051	3,9 0,009	9,5 0,014	32,3 0,026	80,0 0,039	143 0,040	194 0,041	392 0,050
1,00	4,6 0,010	11,6 0,016	38,1 0,029	87,1 0,040	153 0,041	213 0,043	424 0,052	4,1 0,009	10,0 0,015	34,0 0,027	82,0 0,040	147 0,041	199 0,043	403 0,052
1,10	5,1 0,011	12,8 0,017	41,9 0,032	89,3 0,041	155 0,042	225 0,046	448 0,055	4,5 0,010	11,0 0,016	37,4 0,030	84,0 0,041	150 0,042	211 0,045	426 0,055
1,2	5,5 0,012	14,0 0,019	45,7 0,035	91,5 0,042	163 0,044	237 0,048	469 0,058	4,9 0,011	12,0 0,017	40,8 0,033	86,1 0,042	154 0,043	222 0,047	445 0,057
1,3	6,0 0,013	15,1 0,020	49,5 0,037	93,6 0,043	171 0,046	246 0,050	490 0,061	5,3 0,012	13,0 0,019	44,2 0,035	88,1 0,043	161 0,045	231 0,049	466 0,060
1,4	6,5 0,014	16,3 0,022	53,3 0,040	95,8 0,044	177 0,047	257 0,052	511 0,063	5,7 0,013	14,0 0,020	47,6 0,038	90,2 0,044	167 0,047	241 0,052	486 0,062
1,5	6,9 0,015	17,5 0,024	57,7 0,044	97,9 0,045	184 0,049	267 0,055	531 0,066	6,1 0,014	15,0 0,022	51,0 0,041	92,2 0,045	174 0,049	250 0,054	505 0,065
1,6	7,4 0,016	18,6 0,025	59,0 0,045	100 0,046	191 0,051	277 0,057	551 0,068	6,5 0,015	16,0 0,023	54,4 0,044	94,2 0,046	180 0,050	260 0,056	523 0,067
1,7	7,8 0,017	19,8 0,027	60,3 0,046	102 0,047	198 0,053	287 0,059	570 0,070	6,9 0,016	17,0 0,025	57,2 0,046	96,3 0,047	186 0,052	268 0,057	541 0,069

1,8	8,3 0,018	20,9 0,028	61,7 0,047	103 0,048	205 0,055	296 0,060	588 0,073	7,3 0,017	18,0 0,026	58,4 0,047	98,3 0 048	193 0,054	277 0,059	559 0,072
1,9	8,8 0,019	22,1 0,030	63,0 0,048	105 0,049	211 0,056	305 0,062	606 0,075	7,7 0.017	19,0 0,028	59,7 0,048	100 0,049	199 0,055	286 0,061	576 0,074
2,0	9,2 0,020	23,3 0,032	64,3 0,049	107 0,049	217 0,058	314 0,064	623 0,077	8,1 0,018	20,0 0,029	60,9 0,049	102 0,050	204 0,057	294 0,063	592 0,076
2,2	10,1 0,022	25,6 0,035	67,0 0,051	108 0,051	230 0,061	332 0,068	655 0,081	8,9 0,020	22,0 0,032	62,2 0,050	103 0,050	216 0,060	311 0,067	623 0,080
2,4	11,1 0,024	27,9 0,038	68,3 0,052	114 0,053	240 0,064	347 0,071	688 0,085	9,7 0,022	24,0 0,035	64,7 0,052	105 0,051	226 0,063	325 0,070	654 0,084
2,6	12,0 0,026	30,3 0,041	69,6 0,053	118 0,055	251 0,067	363 0,074	718 0,089	10,5 0,024	26,0 0,038	65,9 0,053	110 0,054	236 0,066	340 0,073	683 0,088
2,8	12,9 0,027	32,6 0,044	72,2 0,055	123 0,057	262 0,070	378 0,077	749 0,092	11,4 0,026	28,0 0,041	67,2 0,054	114 0,056	246 0,069	354 0,076	712 0,091
3,0	13,8 0,029	34,9 0,047	73,6 0,056	128 0,059	272 0,073	293 0,080	778 0,096	12,2 0,028	30,0 0,044	69,7 0,056	118 0,058	256 0,071	368 0,079	739 0,095
3,2	14,8 0,031	37,2 0,050	74,9 0,057	133 0,061	282 0,075	407 0,083	805 0,099	13,0 0,029	31,9 0,047	70,9 0,057	123 0,060	265 0,074	381 0,082	766 0,098
3,4	15,7 0,033	39,6 0,054	76,2 0,058	138 0,064	292 0,078	421 0,086	833 0,103	13,8 0,031	33,9 0,050	72,1 0,058	127 0,062	274 0,077	394 0,084	792 0,101
3,6	16,6 0,035	40,8 0,055	78,8 0,060	142 0,066	301 0,080	435 0,089	859 0,106	14,6 0,033	35,9 0,052	73,4 0,059	131 0,064	283 0,079	407 0,087	817 0,105
3,8	17,5 0,037	42,3 0,057	80,2 0,061	146 0,068	310 0,083	448 0,091	885 0,109	15,4 0,035	37,9 0,056	74,6 0,060	135 0,066	292 0,082	419 0,090	842 0,108
4,0	18,4 0,039	43,0 0,058	81,5 0,062	151 0,070	319 0,085	460 0,094	910 0,112	16,2 0,037	39,2 0,057	75,9 0,061	139 0,068	300 0,084	431 0,092	865 0,111
4,5	20,8 0,044	45,3 0,061	82,1 0,062	161 0,074	341 0,091	492 0,100	968 0,119	18,3 0,041	41,2 0,060	77,1 0,062	149 0,073	321 0,090	461 0,099	920 0,118
5,0	23,1 0,049	46,7 0,063	86,7 0,066	171 0,079	360 0,096	519 0,106	1025 0,126	20,3 0,046	43,3 0,063	80,3 0,064	158 0,077	339 0,095	486 0,104	974 0,125
5,5	25,4 0,054	48,2 0,064	91,6 0,069	179 0,083	379 0,101	546 0,112	1079 0,133	22,3 0,051	44,6 0,065	84,8 0,068	166 0,081	357 0,100	512 0,110	1026 0,131
6,0	27,7 0,059	49,7 0,067	95,7 0,072	188 0,087	398 0,106	573 0,117	1131 0,140	24,3 0,056	46,0 0,067	88,6 0,071	174 0,085	374 0,105	537 0,115	1076 0,138
6,5	30,0 0,064	51,2 0,069	100 0,076	197 0,091	416 0,111	599 0,122	1181 0,146	26,4 0,060	47,4 0,069	92,7 0,074	182 0,089	391 0,109	561 0,120	1123 0,144
7,0	31,8 0,068	52,6 0,071	104 0,079	205 0,095	433 0,116	624 0,127	1230 0,152	28,4 0,064	48,8 0,071	96,6 0,077	189 0,093	408 0,114	584 0,125	1169 0,150
7,5	32,7 0,070	54,1 0,073	108 0,082	213 0,099	449 0,120	648 0,132	1276 0,158	30,4 0,069	49,4 0,072	100 0,080	197 0,097	423 0,118	607 0,130	1214 0,155
8,0	33,6 0,072	54,9 0,074	112 0,084	221 0,102	465 0,124	671 0,137	1321 0,163	31,1 0,071	50,8 0,074	104 0,083	204 0,100	438 0,122	628 0,135	1256 0,161
8,5	34,1 0,073	56,3 0,076	116 0,088	228 0,106	481 0,129	693 0,141	1365 0,168	32,0 0,073	52,2 0,076	108 0 086	211 0,103	453 0,127	649 0 139	1298 0,166
9,0	35,1 0,075	57,8 0,078	120 0,091	236 0,109	496 0,133	715 0,146	1407 0,174	32,4 0,074	52,9 0,077	111 0,089	218 0,107	467 0,130	670 0,143	1338 0,171
9,5	36,0 0,077	59,3 0,080	124 0,094	243 0,112	511 0,136	736 0,150	1448 0,179	33,3 0,076	54,2 0,079	114 0,092	224 0,110	481 0,134	689 0,148	1378 0,176
10,0	36,5 0,078	60,0 0,081	127 0,096	250 0,115	525 0,140	756 0,154	1489 0,184	34,2 0,078	54,9 0,080	118 0,094	230 0,113	495 0,138	709 0,152	1416 0,181
11,0	37,9 0,081	60,4 0,082	134 0,101	262 0,121	552 0,147	795 0,162	1564 0,193	35,1 0,080	55,5 0,080	124 0,099	242 0,119	520 0,145	745 0,159	1487 0,191

Продолжение табл. II 1

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным водогазопроводным (ГОСТ 3262–75*) условным проходом, мм													
	легким							обыкновенным						
	10	15	20	25	32	40	50	10	15	20	25	32	40	50
12,0	38,8 0,083	63,1 0,086	140 0,106	275 0,127	578 0,155	833 0,170	1638 0,202	36,4 0,083	56,9 0,083	130 0,104	254 0,125	545 0,152	780 0,167	1558 0,200
13,0	40,2 0,086	66,0 0,089	147 0,111	287 0,133	604 0,161	869 0,177	1710 0,211	37,3 0,085	59,5 0,087	136 0,109	265 0,130	569 0,159	815 0,174	1626 0,208
14,0	41,2 0,088	68,8 0,093	153 0,116	299 0,138	629 0,168	905 0,185	1778 0,219	38,6 0,088	62,1 0,091	142 0,113	276 0,135	592 0,165	848 0,182	1691 0,217
15,0	42,1 0,090	71,5 0,097	159 0,120	310 0,144	652 0,174	939 0,192	1845 0,228	39,5 0,090	64,5 0,094	147 0,118	287 0,141	615 0,172	880 0,188	1754 0,225
16,0	43,0 0,092	74,1 0,100	164 0,124	322 0,149	675 0,180	972 0,198	1909 0,236	40,4 0,092	66,8 0,098	152 0,122	297 0,146	636 0,178	910 0,195	1815 0,233
17,0	44,0 0,094	76,6 0,104	170 0,129	332 0,154	698 0,186	1003 0,205	1971 0,243	41,3 0,094	69,1 0,101	157 0,126	307 0,150	657 0,184	940 0,201	1875 0,240
18,0	44,9 0,096	79,1 0,107	175 0,133	343 0,158	719 0,192	1034 0,211	2031 0,25	42,2 0,096	71,3 0,104	162 0,130	317 0,155	678 0,189	969 0,208	1932 0,248
19,0	46,3 0,099	81,5 0,110	180 0,137	353 0,163	740 0,198	1064 0,217	2090 0,258	43,0 0,098	73,5 0,107	167 0,134	326 0,160	698 0,195	998 0,214	1988 0,255
20,0	46,8 0,100	83,8 0,114	186 0,140	363 0,168	761 0,203	1094 0,223	2147 0,265	43,9 0,100	75,6 0,110	172 0,138	335 0,164	717 0,200	1025 0,219	2042 0,262
22,0	47,3 0,101	88,1 0,119	195 0,148	381 0,176	799 0,214	1149 0,234	2255 0,278	44,5 0,101	79,5 0,116	181 0,145	352 0,173	753 0,210	1077 0,231	2145 0,275
24,0	49,6 0,106	92,4 0,125	204 0,155	399 0,185	837 0,224	1203 0,245	2361 0,291	45,5 0,103	83,4 0,122	189 0,152	369 0,181	789 0,220	1128 0,241	2246 0,288
26,0	51,9 0,110	96,5 0,131	213 0,162	417 0,193	873 0,233	1255 0,256	2462 0,304	47,6 0,108	87,1 0,127	198 0,158	385 0,189	823 0,230	1176 0,252	2342 0,300
28,0	54,0 0,115	100 0,136	222 0,168	434 0,200	908 0,243	1305 0,266	2560 0,316	49,6 0,112	90,7 0,132	206 0,165	401 0,196	856 0,239	1224 0,262	2435 0,312
30,0	56,2 0,120	104 0,141	230 0,175	450 0,208	942 0,252	1354 0,276	2654 0,328	51,5 0,117	94,2 0,138	214 0,171	416 0,204	888 0,248	1269 0,272	2525 0,323
32,0	58,1 0,124	108 0,146	239 0,181	466 0,215	975 0,260	1400 0,286	2745 0,339	53,4 0,121	97,6 0,142	221 0,177	430 0,211	919 0,257	1313 0,281	2611 0,335
34,0	60,1 0,128	112 0,151	246 0,187	481 0,222	1006 0,269	1446 0,295	2833 0,350	55,2 0,125	101 0,147	228 0,183	444 0,218	948 0,265	1355 0,290	2695 0,345
36,0	62,0 0,132	115 0,156	254 0,192	496 0,229	1037 0,277	1490 0,304	2919 0,360	56,9 0,129	104 0,152	236 0,189	458 0,225	978 0,273	1396 0,299	2777 0,356
38,0	63,9 0,136	119 0,161	262 0,198	510 0,236	1067 0,285	1532 0,313	3003 0,371	58,6 0,133	107 0,156	243 0,194	472 0,231	1006 0,281	1437 0,308	2856 0,366
40,0	65,7 0,140	122 0,165	269 0,204	524 0,242	1096 0,293	1574 0,321	30,84 0,381	60,3 0,137	110 0,161	249 0,200	484 0,237	1033 0,289	1476 0,316	2934 0,376
45,0	69,8 0,149	130 0,176	286 0,216	557 0,257	1164 0,311	1672 0,341	3274 0,404	64,1 0,145	117 0,171	265 0,212	515 0,252	1097 0,306	1567 0,336	3115 0,399

50,0	73,9	137	302	589	1230	1767	3459	67,9	124	280	544	1160	1656	3290
	0,157	0,186	0,229	0,272	0,329	0,360	0,427	0,154	0,181	0,224	0,267	0,324	0,355	0,422
55,0	779	144	317	619	1293	1856	3634	71	130	294	572	1219	1740	3457
	0,166	0,196	0,241	0,286	0,346	0,376	0,449	0,162	0,190	0,236	0,280	0,340	0,373	0,443
60,0	81,6	151	333	648	1353	1942	3802	74,9	136	308	599	1276	1821	3617
	0,174	0,205	0,252	0,300	0,362	0,396	0,469	0,170	0,199	0,247	0,294	0,356	0,390	0,463
65,0	85,2	157	347	675	1411	2025	3963	78,2	142	322	624	1330	1899	3770
	0,181	0,214	0,263	0,312	0,377	0,413	0,489	0,177	0,208	0,258	0,306	0,372	0,407	0,483
70,0	88,7	164	361	702	1467	2105	4118	81,4	148	335	649	1383	1973	3917
	0,189	0,223	0,274	0,325	0,392	0,430	0,508	0,185	0,217	0,268	0,318	0,386	0,423	0,502
75,0	92,0	170	374	728	1520	2181	4267	84,5	153	347	673	1433	2045	4060
	0,196	0,231	0,284	0,337	0,406	0,445	0,527	0,192	0,225	0,278	0,330	0,400	0,438	0,520
80,0	95,3	176	387	753	1572	2256	4411	87,5	159	359	696	1482	2115	4197
	0,203	0,239	0,294	0,348	0,420	0,460	0,545	0,198	0,233	0,288	0,341	0,414	0,453	0,538
85,0	98,4	182	400	777	1622	2328	4551	90,3	164	371	719	1529	2182	4330
	0,210	0,247	0,303	0,360	0,434	0,475	0,562	0,205	0,240	0,297	0,352	0,427	0,467	0,555
90	101	188	412	801	1672	2397	4688	93,1	169	382	741	1576	2248	4460
	0,216	0,254	0,312	0,371	0,447	0,489	0,579	0,211	0,248	0,306	0,363	0,440	0,481	0,571
95	104	193	424	824	1719	2465	4820	96,0	174	393	762	1620	2312	4586
	0,222	0,262	0,321	0,381	0,459	0,503	0,595	0,217	0,255	0,315	0,374	0,453	0,495	0,588
100	107	198	435	846	1765	2532	4949	98,0	179	404	783	1664	2374	4708
	0,228	0,269	0,330	0,391	0,472	0,517	0,611	0,223	0,262	0,324	0,384	0,465	0,508	0,603
110	113	208	457	889	1853	2658	5194	103	188	421	822	1747	2492	4942
	0,240	0,282	0,346	0,411	0,495	0,542	0,641	0,235	0,275	0,346	0,403	0,488	0,534	0,633
120	118	218	478	930	1938	2779	5431	108	197	444	860	1827	2606	5168
	0,251	0,296	0,363	0,430	0,518	0,567	0,670	0,246	0,288	0,356	0,421	0,510	0,558	0,662
130	123	227	499	969	2020	2897	5659	113	206	463	896	1904	2716	5384
	0,262	0,308	0,378	0,448	0,540	0,591	0,669	0,256	0,300	0,371	0,439	0,532	0,582	0,690
140	128	236	519	1007	2099	3009	5878	117	213	481	931	1979	2822	5593
	0,273	0,321	0,393	0,466	0,561	0,611	0,726	0,2670	0,312	0,385	0,457	0,553	0,604	0,717
150	132	245	538	1044	2175	3118	6090	122	221	499	965	2051	2924	5795
	0,283	0,332	0,407	0,483	0,581	0,636	0,752	0,277	0,324	0,400	0,473	0,573	0,626	0,742
160	137	254	556	1079	2248	3223	6295	126	229	516	998	2120	3022	5989
	0,293	0,344	0,421	0,499	0,601	0,658	0,777	0,286	0,335	0,413	0,489	0,592	0,647	0,767
170	142	262	574	1113	2320	3325	6492	130	236	532	1030	2187	3118	6178
	0,302	0,355	0,435	0,515	0,620	0,678	0,801	0,295	0,346	0,426	0,505	0,611	0,668	0,792
180	146	269	591	1147	2389	3424	6685	134	244	548	1061	2252	3211	6361
	0,311	0,366	0,448	0,530	0,638	0,699	0,825	0,304	0,356	0,439	0,520	0,629	0,688	0,815
190	150	277	608	1179	2456	3520	6872	138	250	564	1091	2316	3301	6539
	0,320	0,376	0,461	0,545	0,656	0,718	0,348	0,313	0,366	0,452	0,535	0,647	0,707	0,838
200	154	285	624	1211	2521	3614	7055	142	257	579	1120	2377	3389	6713
	0,329	0,386	0,473	0,560	0,674	0,737	0,871	0,322	0,376	0,464	0,549	0,664	0,726	0,860

Продолжение табл II 1

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным водогазопроводным (ГОСТ 3262 75*) условным проходом, мм													
	легким							обыкновенным						
	10	15	20	25	32	40	50	10	15	20	25	32	40	50
220	162 0,346	299 0,408	655 0,497	1271 0,588	2646 0,707	3792 0,774	7403 0,914	149 0 338	270 0,395	608 0,487	1176 0,576	2495 0,697	3556 0,762	7044 0,903
240	169 0,362	313 0,424	685 0,519	1329 0,615	2767 0,740	3965 0,809	7739 0,955	156 0,354	283 0,413	636 0,510	1230 0,603	2609 0.729	3718 0,796	7364 0,944
260	177 0,377	326 0,442	714 0,541	1385 0,641	2883 0,770	4131 0,843	8061 0,995	162 0,369	295 0,431	663 0,531	1281 0 628	2718 0,759	3874 0,830	7671 0,983
280	184 0,392	339 0,460	742 0,562	1439 0,666	2994 0,800	4290 0,875	8371 1,033	169 0,383	306 0,448	689 0,552	1331 0,653	2823 0,789	4023 0.862	7966 1,021
300	190 0,406	351 0,477	769 0,583	1491 0,690	3102 0,829	4444 0,907	8671 1,070	175 0,397	317 0,464	714 0,572	1379 0 676	2925 0,817	4168 0,892	8251 1,057
320	197 0,420	363 0,491	795 0,603	1541 0,713	3206 0,857	4593 0,937	8960 1,106	181 0,411	328 0,480	738 0,591	1426 0,699	3023 0,844	4307 0.922	8526 1,092
340	203 0,434	375 0,508	820 0,622	1590 0,735	3307 0,884	4737 0,967	9240 1,141	187 0,424	339 0,495	761 0,610	1471 0,721	3118 0,871	4443 0,951	8793 1 127
360	209 0,447	386 0,524	845 0,640	1637 0,757	3405 0,910	4877 0,995	9513 1,174	192 0,437	349 0,510	784 0,628	1514 0,742	3210 0,897	4574 0,979	9052 1,160
380	215 0,460	397 0,539	869 0,658	1683 0,778	3500 0,935	5013 1,023	9936 1,226	198 0,449	359 0,525	806 0,646	1557 0,763	3300 0,922	4702 1,007	9304 1,192
400	221 0,472	408 0,553	892 0,676	1728 0,799	3593 0,960	5146 1,050	10194 1,258	203 0,462	369 0,539	827 0,663	1598 0,783	3388 0,946	4826 1,033	9702 1,243
450	235 0,501	433 0,587	947 0,717	1834 0,848	3812 1,019	5460 1,114	10813 1,335	216 0,490	391 0,572	878 0,704	1696 0,831	3595 1,004	5121 1,097	10291 1,319
500	248 0,529	457 0,620	999 0,757	1935 0,895	4023 1.075	5761 1,176	11397 1,407	228 0,518	413 0,604	927 0,743	1790 0,878	3793 1,059	5403 1,157	10848 1,390
550	261 0,556	480 0,651	1049 0,795	2032 0,940	4223 1,128	6145 1,254	11954 1,475	239 0,544	434 0,634	974 0,780	1880 0,921	3982 1,112	5765 1,234	11377 1,458
600	273 0,581	502 0,681	1097 0,831	2124 0,982	4414 1,180	6419 1,310	12485 1,541	250 0,569	454 0,663	1018 0,816	1965 0,963	4162 1,162	6021 1,289	11883 1,523
650	284 0,606	523 0,709	1143 0,866	2212 1,023	4672 1,248	6681 1,363	12995 1,604	261 0,593	473 0,691	1061 0,850	2047 1,003	4406 1,231	6267 1,342	12368 1,585
700	295 0,629	543 0,737	1187 0,899	2297 1,062	4848 1,296	6933 1,415	13486 1,665	271 0,616	491 0,718	1101 0,882	2126 1,042	4573 1,277	6504 1,393	12835 1,645
750	306 0,652	563 0,763	1230 0,932	2380 1,1	5018 1,341	7176 1,464	13959 1,723	281 0,638	509 0,744	1141 0,914	2202 1,079	4733 1,322	6732 1,441	13286 1,702
800	316 0,674	582 0,789	1271 0,963	2459 1,137	5183 1,385	7412 1,512	14417 1,779	290 0,660	526 0,769	1179 0,945	2275 1,115	4888 1 365	6953 1,489	13721 1,758
850	326 0,695	600 0,814	1311 0,993	2536 1,173	5342 1,428	7640 1,559	14861 1,834	300 0,680	543 0,793	1216 0,974	2346 1,15	5039 1,407	7167 1,535	14144 1,812
900	336 0,716	618 0,838	1349 0,022	2653 1,227	5497 1,469	7861 1,604	15291 1,887	309 0,701	559 0,817	1252 1,003	2415 1,184	5185 1,448	7375 1,579	14554 1,865
950	345 0,736	635 0,861	1387 1,051	2726 1,261	5648 1,509	8077 1,648	15710 1,939	317 0,720	574 0,839	1287 1,031	2523 1,237	5327 1,488	7577 1,622	14953 1 916

1000	354 0,756	652 0,884	1424 1,079	2797 1,293	5794 1,548	8286 1,691	16119 1,989	326 0,740	590 0,867	1321 1,058	2589 1,269	5465 1,526	7774 1,664	15341 1,966
1100	372 0,793	685 0,928	1494 1,132	2933 1,357	6077 1,624	8691 1,773	16905 2,087	342 0,776	619 0,904	1386 1,110	2715 1,331	5732 1,601	8153 1,746	16090 2,062
1200	389 0,829	716 0,970	1562 1,183	3064 1,417	6348 1,696	9077 1,852	17657 2,179	358 0,811	647 0,945	1449 1,161	2836 1,39	5987 1,67	8516 1,823	16805 2,153
1300	405 0,864	745 1,01	1653 1,252	3189 1,475	6607 1,766	9448 1,928	18378 2,268	372 0,845	674 0,985	1534 1,229	2951 1,447	6231 1,740	8863 1,898	17492 2,241
1400	421 0,897	774 1,049	1715 1,299	3309 1,530	6856 1,832	9805 2,001	19072 2,354	387 0,878	700 1,023	1592 1,275	3063 1,501	6467 1,806	9198 1,969	18162 2,326
1500	436 0,93	802 1,087	1776 1,345	3426 1,584	7097 1,896	10149 2,071	19741 2,437	401 0,910	725 1,059	1648 1,320	3170 1,554	6694 1,869	9521 2,039	18789 2,407
1600	451 0,963	829 1,123	1834 1,389	3538 1,636	7330 1,959	10482 2,139	20389 2,517	414 0,940	749 1,096	1702 1,363	3274 1,605	6913 1,931	9833 2,105	19405 2,486
1700	465 0,991	855 1,158	1890 1,432	3647 1,686	7555 2,019	10804 2,204	21016 2,594	427 0,97	773 1,129	1755 1,405	3375 1,654	7126 1,99	10136 1,17	20003 2,563
1800	479 1,020	880 1,192	1945 1,473	3753 1,735	7774 2,077	11118 2,268	21626 2,668	440 0,998	795 1,162	1805 1,446	3473 1,702	7333 2,048	10430 2,233	20582 2,637
1900	492 1,049	919 1,246	1999 1,514	3855 1,783	7988 2,134	11422 2,331	22219 2,742	453 1,026	818 1,194	1855 1,486	3568 1,749	7534 2,104	10716 2,294	21147 2,709
2000	505 1,076	943 1,278	2051 1,553	3956 1,829	8195 2,190	11719 2,391	22796 2,814	465 1,053	853 1,246	1904 1,524	3661 1,794	7730 2,159	10994 2,354	21696 2,780
2100	518 1,103	967 1,309	2101 1,591	4054 1,874	8398 2,244	12009 2,450	23358 2,883	476 1,080	874 1,277	1951 1,562	3752 1,839	7921 2,212	11266 2,412	22232 2,848
2200	531 1,130	989 1,340	2151 1,629	4149 1,918	8595 2,297	12291 2,508	23908 2,951	488 1,106	894 1,307	1997 1,599	3840 1,882	8107 2,264	11531 2,469	22755 2,916
2300	543 1,156	1012 1,370	2199 1,665	4242 1,962	8788 2,348	12568 2,564	24446 3,017	499 1,131	915 1,336	2041 1,635	3927 1,924	8289 2,315	11790 2,524	23266 2,981
2400	555 1,181	1033 1,400	2246 1,701	4334 2,004	8977 2,399	12858 2,619	24971 3,082	510 1,156	935 1,365	2085 1,670	4011 1,966	8468 2,365	12044 2,759	23767 3,045

Продолжение табл. II.1

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным электросварным прямошовным (ГОСТ 10704–76*) условным проходом, мм																
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
0,5	1,1 0,003	3,1 0,006	16,3 0,013	52,6 0,024	96,4 0,030	154 0,033	259 0,035	595 0,043	945 0,049	1655 0,057	2935 0,066	4792 0,075	11557 0,093	21308 0,109	34392 0,123	50688 0,135	70674 0,147
0,55	1,2 0,004	3,4 0,006	18 0,015	57,9 0,027	97,5 0,030	159 0,034	274 0,036	628 0,046	996 0,052	1739 0,06	3072 0,069	5029 0,078	12127 0,098	22298 0,114	35947 0,129	53069 0,142	74023 0,154
0,6	1,3 0,004	3,7 0,007	19,6 0,016	63,1 0,029	103 0,032	168 0,035	288 0,038	659 0,048	1041 0,054	1817 0,062	3224 0,072	5275 0,082	12715 0,103	23372 0,120	37670 0,135	55603 0,149	77545 0,161
0,65	1,4 0,004	4,1 0,007	21,3 0,017	68,4 0,031	106 0,033	102 0,036	301 0,04	686 0,05	1089 0,056	1899 0,065	3369 0,076	5512 0,086	13281 0,107	24404 0,125	39324 0,141	58035 0,155	80925 0,168

Продолжение табл. II.1

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным электросварным прямошовным (ГОСТ 10704–76*) условным проходом, мм																
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
0,7	1,5	4,4	22,9	73,7	112	1	312	716	1135	1979	3510	5740	13824	25397	40917	60376	84180
	0,005	0,008	0,019	0,034	0,035	0,036	0,042	0,052	0,059	0,068	0,079	0,089	0,112	0,130	0,147	0,161	0,175
0,75	1,6	4,7	24,5	78,8	119	176	325	744	1179	2056	3646	5961	14350	26357	42455	62637	87323
	0,005	0,009	0,02	0,036	0,037	0,037	0,043	0,054	0,061	0,071	0,082	0,093	0,116	0,135	0,152	0,167	0,182
0,8	1,7	5,0	26,2	81	123	177	337	771	1223	2131	3777	6174	14869	27285	43944	64825	90364
	0,005	0,009	0,021	0,037	0,038	0,038	0,045	0,056	0,063	0,073	0,085	0,096	0,12	0,14	0,157	0,173	0,188
0,85	1,8	5,3	27,8	83,2	126	182	349	798	1265	2204	3905	6382	15353	28186	45388	66948	93313
	0,006	0,01	0,023	0,038	0,039	0,039	0,046	0,058	0,065	0,076	0,088	0,099	0,124	0,144	0,163	0,179	0,194
0,9	1,9	5,6	29,4	83,2	129	188	360	824	1305	2274	4029	6584	15833	29061	46791	69009	96178
	0,006	0,010	0,024	0,038	0,040	0,040	0,048	0,060	0,068	0,078	0,090	0,103	0,128	0,149	0,168	0,184	0,200
0,95	2,0	5,9	31,1	853	130	194	372	849	1345	2343	4149	6780	16300	29913	48156	71015	98966
	0,006	0,011	0,025	0,039	0,041	0,041	0,049	0,062	0,070	0,080	0,093	0,106	0,132	0,153	0,172	0,190	0,206
1,00	2,2	6,2	32,7	87,5	132	199	383	874	1384	2410	4267	6971	16755	30743	49486	72970	101682
	0,007	0,011	0,027	0,040	0,041	0,043	0,051	0,063	0,072	0,083	0,096	0,109	0,135	0,158	0,177	0,195	0,211
1,10	2,4	6,9	36,0	89,7	135	211	404	919	1455	2534	4485	7326	17604	32296	51979	76640	106788
	0,007	0,013	0,029	0,041	0,042	0,045	0,054	0,067	0,075	0,087	0,101	0,114	0,142	0,166	0,186	0,205	0,222
1,2	2,6	7,5	39,2	91,9	138	222	425	965	1527	2658	4703	7680	18446	33831	54440	80253	111818
	0,008	0,014	0,032	0,042	0,043	0,047	0,057	0,070	0,079	0,091	0,106	0,120	0,149	0,173	0,195	0,214	0,233
1,3	2,8	8,1	42,5	94,1	138	231	442	1009	1596	2777	4912	8020	19255	35305	56799	83720	116624
	0,009	0,015	0,035	0,043	0,043	0,049	0,059	0,073	0,083	0,095	0,110	0,125	0,156	0,181	0,203	0,224	0,243
1,4	3,0	8,7	45,8	96,2	144	241	461	1051	1662	2892	5114	8347	20033	36724	59072	87058	121260
	0,009	0,016	0,037	0,044	0,045	0,052	0,061	0,076	0,086	0,099	0,115	0,130	0,162	0,188	0,212	0,233	0,252
1,5	3,2	9,4	49,0	98,4	150	250	479	1092	1727	3003	5309	8663	20785	38093	61265	90280	125735
	0,010	0,017	0,040	0,045	0,047	0,054	0,064	0,079	0,089	0,103	0,119	0,135	0,168	0,195	0,219	0,241	0,261
1,6	3,4	10,0	52,3	101	155	260	497	1131	1789	3110	5498	8969	21512	39419	63387	93397	130064
	0,011	0,018	0,043	0,046	0,048	0,056	0,066	0,082	0,093	0,107	0,123	0,140	0,174	0,202	0,227	0,250	0,270
1,7	3,7	10,6	55,3	101	161	268	514	1170	1849	3214	5681	9266	22218	40704	65445	96419	134262
	0,011	0,028	0,045	0,046	0,050	0,057	0,068	0,085	0,096	0,110	0,128	0,144	0,180	0,209	0,234	0,258	0,279
1,8	3,9	11,2	56,5	103	166	277	530	1207	1908	3316	5858	9555	22903	41952	67444	99354	138339
	0,012	0,021	0,046	0,047	0,052	0,059	0,071	0,088	0,099	0,114	0,132	0,149	0,185	0,215	0,242	0,265	0,288
1,9	4,1	11,9	57,8	105	171	286	547	1244	1965	3414	6032	9835	23570	43167	69389	102210	142305
	0,013	0,022	0,047	0,048	0,053	0,061	0,073	0,090	0,102	0,117	0,135	0,153	0,191	0,221	0,249	0,273	0,296
2,0	4,3	12,5	59,0	106	176	294	562	1279	2021	3510	6200	10109	24220	44351	71283	104992	146169
	0,013	0,025	0,048	0,049	0,055	0,063	0,075	0,093	0,105	0,120	0,139	0,157	0,196	0,227	0,255	0,281	0,304
2,2	4,7	13,7	61,4	109	186	311	591	1344	2124	3689	6515	10620	25439	46576	74853	110421	153467
	0,015	0,025	0,050	0,050	0,058	0,067	0,079	0,098	0,110	0,127	0,146	0,165	0,206	0,239	0,268	0,295	0,319
2,4	5,2	15,0	62,7	115	196	325	621	1410	2227	3867	6827	11126	26640	48763	78353	115379	160601
	0,016	0,028	0,051	0,053	0,061	0,070	0,083	0,102	0,115	0,133	0,153	0,173	0,215	0,250	0,281	0,308	0,334
2,6	5,6	16,2	65,1	119	204	340	649	1473	2326	4038	7126	11612	27793	50861	81711	120308	167444
	0,017	0,030	0,053	0,055	0,063	0,073	0,086	0,107	0,120	0,139	0,160	0,181	0,225	0,261	0,293	0,321	0,348
2,8	6,0	17,5	66,3	125	212	354	676	1534	2422	4202	7415	12079	28902	52880	84942	125052	174031
	0,019	0,032	0,054	0,057	0,066	0,076	0,090	0,111	0,125	0,144	0,166	0,188	0,234	0,271	0,304	0,334	0,362

3,0	6,5	18,7	67,6	130	221	368	702	1593	2514	4361	7693	12530	29973	54829	88061	129630	180386
	0,020	0,034	0,055	0,059	0,069	0,079	0,093	0,116	0,130	0,150	0,173	0,195	0,242	0,281	0,315	0,346	0,375
3,2	6,9	20,0	68,8	134	229	381	727	1650	2603	4515	7963	12967	31009	56715	91078	134059	186535
	0,021	0,037	0,056	0,062	0,071	0,082	0,097	0,020	0,135	0,155	0,179	0,202	0,251	0,291	0,326	0,358	0,388
3,4	7,3	21,2	71,2	139	237	394	752	1705	2690	4664	8224	13391	32014	58543	94003	138352	192494
	0,023	0,039	0,058	0,064	0,074	0,084	0,100	0,124	0,139	0,160	0,185	0,209	0,259	0,300	0,337	0,370	0,400
3,6	7,8	22,5	72,5	144	244	407	776	1758	2774	4809	8478	13802	32989	60318	96844	142521	198282
	0,024	0,041	0,059	0,066	0,076	0,087	0,103	0,128	0,144	0,165	0,190	0,215	0,267	0,309	0,347	0,381	0,412
3,8	8,2	23,7	73,7	148	252	419	799	1811	2855	4950	8725	14202	33939	62046	99607	146576	203912
	0,025	0,044	0,060	0,068	0,078	0,090	0,106	0,131	0,148	0,170	0,196	0,221	0,274	0,318	0,357	0,392	0,424
4,0	8,6	25,0	74,9	152	259	431	822	1862	2935	5087	8965	14592	34863	63728	102299	150527	209396
	0,027	0,046	0,061	0,070	0,081	0,092	0,109	0,135	0,152	0,175	0,201	0,227	0,282	0,327	0,366	0,402	0,435
4,5	9,7	28,1	74,0	163	277	461	874	1978	3119	5404	9523	15498	37021	67664	108607	159799	222283
	0,030	0,052	0,060	0,075	0,086	0,099	0,116	0,144	0,161	0,185	0,214	0,241	0,299	0,347	0,389	0,427	0,462
5,0	10,8	31,2	78,2	173	294	486	925	2094	3300	5717	10071	16386	39124	71488	114724	168774	234740
	0,033	0,057	0,064	0,079	0,091	0,104	0,123	0,152	0,171	0,196	0,226	0,255	0,316	0,366	0,411	0,451	0,488
5,5	11,8	34,4	82,6	181	308	512	975	2204	3474	6015	10593	17230	41124	75126	120542	177310	246587
	0,037	0,063	0,067	0,083	0,096	0,110	0,130	0,160	0,180	0,206	0,238	0,268	0,332	0,385	0,432	0,474	0,513
6,0	12,9	35,6	86,8	190	323	537	1022	2310	3639	6300	11091	18037	43036	78602	126100	185467	257907
	0,140	0,065	0,071	0,087	0,101	0,115	0,136	0,168	0,188	0,216	0,249	0,281	0,348	0,403	0,452	0,496	0,536
6,5	14,0	36,7	90,3	198	338	561	1067	2411	3798	6573	11569	18811	44869	81936	131432	193290	268764
	0,043	0,067	0,074	0,091	0,105	0,120	0,142	0,175	0,196	0,226	0,260	0,293	0,363	0,420	0,471	0,516	0,559
7,0	5,1	37,8	94,1	207	352	584	1111	2509	3950	6855	12029	19556	46634	85145	136563	200817	279211
	0,047	0,069	0,077	0,095	0,109	0,125	0,148	0,182	0,204	0,235	0,270	0,305	0,377	0,436	0,489	0,537	0,581
7,5	16,2	38,8	97,8	215	365	607	1153	2603	4098	7089	12473	20275	48337	88241	141514	208080	289291
	0,050	0,071	0,080	0,099	0,114	0,130	0,153	0,189	0,212	0,243	0,280	0,316	0,391	0,452	0,507	0,556	0,602
8,0	17,2	39,0	101	223	378	628	1194	2694	4240	7335	12903	20970	49984	91236	146302	215106	299041
	0,053	0,073	0,083	0,102	0,118	0,135	0,159	0,196	0,219	0,252	0,290	0,327	0,404	0,468	0,524	0,575	0,622
8,5	18,3	40,5	105	230	391	649	1233	2782	4379	7573	13320	21645	51581	94138	150944	221915	308491
	0,056	0,074	0,086	0,106	0,122	0,139	0,164	0,202	0,227	0,260	0,299	0,337	0,417	0,482	0,541	0,593	0,642
9,0	19,4	41,6	108	238	403	670	1271	2868	4513	7804	13724	22299	53131	96957	155451	228527	317667
	0,060	0,076	0,088	0,109	0,126	0,143	0,169	0,208	0,234	0,268	0,308	0,347	0,430	0,497	0,557	0,611	0,661
9,5	20,5	42,1	112	245	415	689	1309	2951	4644	8029	14118	22936	54639	99699	159834	234958	326591
	0,063	0,077	0,091	0,112	0,129	0,148	0,174	0,214	0,240	0,276	0,317	0,357	0,442	0,511	0,572	0,628	0,679
10,0	21,5	42,7	115	252	427	709	1345	3033	4771	8248	14501	23557	56108	102369	164104	241222	335284
	0,066	0,078	0,094	0,116	0,133	0,152	0,179	0,220	0,247	0,283	0,326	0,367	0,454	0,525	0,588	0,645	0,697
11,0	23,7	44,3	121	265	449	745	1413	3185	5011	8661	15225	24731	58896	107445	172229	253152	351852
	0,073	0,081	0,099	0,122	0,140	0,159	0,188	0,231	0,259	0,297	0,342	0,385	0,476	0,551	0,617	0,676	0,732
12,0	25,8	45,9	127	278	470	780	1480	3335	5246	9065	15933	25876	61606	112370	180104	264704	367881
	0,080	0,084	0,103	0,127	0,146	0,167	0,197	0,242	0,271	0,311	0,358	0,403	0,498	0,576	0,645	0,707	0,765
13,0	26,5	47,0	132	290	491	815	1545	3480	5472	9453	16612	26974	64205	117095	187656	275782	383253
	0,082	0,086	0,108	0,133	0,153	0,174	0,206	0,253	0,283	0,324	0,373	0,420	0,519	0,600	0,672	0,737	0,797
14,0	27,2	48,1	138	302	511	848	1607	3618	5689	9827	17265	28031	66707	121641	194923	286442	398044
	0,084	0,088	0,113	0,139	0,159	0,182	0,214	0,263	0,294	0,337	0,388	0,437	0,539	0,623	0,698	0,765	0,828
15,0	28,1	49,7	143	314	531	880	1668	3752	5898	10187	17895	29051	69120	126027	201935	296727	412316
	0,087	0,091	0,117	0,144	0,165	0,188	0,222	0,272	0,305	0,350	0,402	0,453	0,559	0,646	0,723	0,793	0,857
16,0	28,8	48,8	148	325	549	910	1725	3882	6101	10536	18505	30038	71455	130269	208716	306674	426118
	0,089	0,090	0,121	0,149	0,171	0,195	0,230	0,282	0,316	0,362	0,416	0,468	0,578	0,668	0,748	0,819	0,886

Продолжение табл. II.2

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным электросварным прямошовным (ГОСТ 10704–76*) условным проходом, мм																
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
17,0	29,4 0,091	50,4 0,093	153 0,125	336 0,154	568 0,177	940 0,201	1781 0,237	4008 0,091	6298 0,326	10874 0,373	19096 0,429	30994 0,483	73717 0,596	134381 0,689	215289 0,771	316315 0,845	439496 0,914
18,0	30,1 0,093	52,0 0,096	158 0,129	346 0,159	585 0,182	969 0,208	1836 0,244	4129 0,300	6489 0,336	11202 0,384	19670 0,442	31922 0,497	75914 0,614	138374 0,709	221671 0,794	325676 0,870	452485 0,941
19,0	30,7 0,095	53,6 0,098	163 0,133	356 0,164	602 0,188	998 0,214	1889 0,251	4248 0,308	6674 0,345	11521 0,395	20228 0,454	32825 0,511	78051 0,631	142257 0,729	227878 0,815	334780 0,895	465118 0,967
20,0	31,0 0,096	55,2 0,101	168 0,137	366 0,168	619 0,193	1025 0,219	1941 0,258	4364 0,317	6855 0,355	11832 0,406	20772 0,466	33705 0,525	80133 0,648	146039 0,748	233924 0,838	343648 0,918	477422 0,993
22,0	32,3 0,100	58,0 0,106	176 0,144	385 0,177	650 0,202	1077 0,231	2038 0,271	4582 0,333	7197 0,372	12421 0,426	21804 0,490	35376 0,551	84096 0,680	153251 0,785	245464 0,879	360588 0,964	500940 1,042
24,0	33,3 0,103	60,9 0,112	185 0,151	403 0,185	681 0,212	1128 0,241	2134 0,284	4795 0,348	7531 0,390	12995 0,446	22808 0,512	36999 0,576	87934 0,711	160225 0,821	256610 0,919	376934 1,007	523621 1,089
26,0	34,3 0,106	63,6 0,117	193 0,157	421 0,193	711 0,221	1176 0,252	2226 0,296	5000 0,363	7851 0,406	13545 0,465	23769 0,534	38555 0,601	91615 0,741	166913 0,855	267299 0,957	39612 1,049	545373 1,134
28,0	34,9 0,108	66,2 0,122	201 0,164	438 0,201	739 0,230	1224 0,262	2314 0,308	5197 0,377	8160 0,422	14075 0,483	24695 0,555	40052 0,624	95157 0,769	173347 0,888	277584 0,994	407696 1,089	566301 1,178
30,0	35,9 0,111	68,8 0,126	208 0,170	454 0,209	767 0,239	1269 0,272	2399 0,319	5387 0,391	8457 0,438	14586 0,501	25588 0,575	41497 0,646	98574 0,797	179556 0,920	287507 1,030	422250 1,128	595751 1,239
32,0	36,9 0,114	71,3 0,131	216 0,176	470 0,216	794 0,247	1313 0,281	2482 0,330	5571 0,405	8744 0,452	15080 0,518	26452 0,594	42895 0,668	101879 0,824	185561 0,951	297104 1,064	436325 1,166	615289 1,280
34,0	37,8 0,117	73,7 0,135	223 0,182	486 0,223	819 0,255	1355 0,290	2562 0,341	5749 0,417	9023 0,467	15559 0,534	27290 0,613	44249 0,689	105082 0,849	191380 0,981	306406 1,097	457144 1,222	634226 1,319
36,0	37,9 0,117	76,0 0,140	230 0,187	500 0,230	844 0,263	1396 0,299	2639 0,351	5922 0,430	9294 0,481	16024 0,550	28103 0,631	45564 0,710	108193 0,875	197031 1,010	315437 1,130	470397 1,257	652613 1,357
38,0	38,3 0,118	78,3 0,144	236 0,193	515 0,236	869 0,271	1437 0,308	2715 0,361	6090 0,442	9557 0,495	16476 0,566	28894 0,649	46843 0,730	111218 0,899	202527 1,038	324220 1,261	483288 1,291	670496 1,394
40,0	39,4 0,122	80,5 0,148	243 0,198	529 0,243	893 0,278	1476 0,316	2788 0,371	6254 0,454	9814 0,508	16917 0,581	29664 0,666	48089 0,749	114164 0,923	207879 1,065	332776 1,192	495842 1,325	687914 1,431
45,0	42,1 0,130	85,5 0,157	258 0,211	562 0,258	948 0,295	1567 0,336	2960 0,394	6639 0,482	10417 0,539	17956 0,616	31483 0,707	51034 0,795	121145 0,979	220580 1,130	358622 1,284	525920 1,405	729643 1,517
50,0	44,4 0,137	90,6 0,166	273 0,223	594 0,273	1002 0,312	1656 0,355	3127 0,416	7011 0,509	11000 0,569	18956 0,651	33231 0,746	53851 0,839	127830 1,033	232721 1,193	378021 1,354	554369 1,481	769112 1,600
55,0	46,8 0,144	95,4 0,175	287 0,234	625 0,287	1053 0,328	1740 0,373	3286 0,437	7365 0,535	11553 0,598	19907 0,683	34893 0,784	56549 0,881	134186 1,085	248096 1,271	396471 1,420	581426 1,554	806651 1,678
60,0	49,1 0,151	99,9 0,184	300 0,246	654 0,300	1102 0,343	1821 0,390	3438 0,458	7703 0,559	12082 0,625	20816 0,714	36482 0,819	59117 0,921	140259 0,134	259128 0,328	414100 1,483	607280 1,623	842519 1,752
65,0	51,3 0,158	104 0,192	314 0,256	682 0,313	1149 0,358	1899 0,407	3583 0,477	8028 0,583	12590 0,651	21687 0,744	38005 0,853	61580 0,959	146083 1,181	269709 1,382	431009 1,544	632077 1,689	876921 1,824
70,0	53,4 0,165	108 0,199	326 0,266	709 0,326	1195 0,372	1973 0,423	3723 0,496	8340 0,606	13078,2 0,677	22526 0,773	39471 0,886	63950 0,996	154092 1,246	279890 1,434	447280 1,602	655937 1,753	910025 1,893

75,0	55,4 0,171	112 0,207	338 0,276	735 0,338	1239 0,386	2045 0,438	3859 0,514	8641 0,628	13549 0,701	23335 0,801	40885 0,918	66237 1,032	159500 1,289	289714 1,485	462978 1,658	678960 1,814	941965 1,959
80,0	57,4 0,177	116 0,214	350 0,286	760 0,349	1281 0,399	2115 0,453	3989 0,531	8933 0,649	14005 0,725	24118 0.828	42252 0,949	68448 1.066	164731 1,332	299215 1,533	478162 1,713	701227 1,874	972857 2,023
85,0	59 3 0,183	120 0,221	361 0,295	785 0,361	1322 0.412	2182 0,467	4116 0,548	9215 0,669	14446 0,748	24876 0,854	43578 0,979	70592 1,100	169801 1,373	308424 1,581	492878 1,765	722808 1,931	1002798 2,086
90	61,1 0,189	124 0,228	373 0,304	809 0,371	1362 0,424	2248 0,481	4239 0,564	9490 0,689	14875 0,770	25613 0,879	44365 1,007	72673 1,132	174724 1,412	317366 1,627	507168 1,816	743764 1,987	1031871 2,146
95	62,9 0,194	127 0,235	383 0,313	832 0,382	1401 0,436	2312 0,495	4359 0,580	9756 0,708	15292 0,791	26329 0,904	46117 1,036	74697 1,164	179512 1,451	326062 1,671	521065 1,866	764144 2,042	1060146 2,205
100	64,7 0,200	131 0,241	394 0,321	855 0,392	4439 0,448	2374 0,508	4476 0,596	10015 0,727	15698 0,813	27026 0,928	47336 1,063	76668 1,194	184175 1,489	334553 1,714	534602 1,915	783996 2,095	1087687 2,262
110	67,9 0,210	137 0,253	413 0,338	897 0,412	1510 0,470	2492 0,534	4697 0,625	10511 0,763	16473 0,852	28359 0,973	49667 1,115	81707 1,273	193165 1,562	350861 1,798	560695 2,008	822261 2,197	1140776 2,372
120	71,2 0,220	144 0,265	433 0,353	939 0,431	1580 0,492	2606 0,558	4912 0,654	10989 0,798	17222 0,891	29645 1,018	51914 1,166	85341 1,329	201754 1,631	366463 1,878	585627 2,097	858824 2,295	1191502 2,478
130	74,3 0,229	150 0,277	451 0,368	979 0,449	1647 0,513	2716 0,582	5118 0,681	11449 0,832	17940 0,928	30878 1,060	54942 1,234	88826 1,384	209992 1,698	381426 1,955	609540 2,183	893892 2,389	1240155 2,579
140	77,0 0,238	156 0,288	469 0,383	1017 0,467	1711 0,533	2822 0,604	5317 0,708	11890 0,863	18631 0,964	32065 1,101	57015 1,280	92179 1,436	217019 1,762	395825 2,029	632549 2,265	927636 2,479	1286969 2,677
150	80,2 0,247	162 0,298	486 0,397	1054 0,484	1773 0,552	2924 0,626	5508 0,733	12317 0,894	19298 0,999	33209 1,140	59017 1,325	95414 1,486	225567 1,823	409718 2,100	654751 2,345	960195 2,566	1332140 2,770
160	82,9 0,256	168 0,309	503 0,411	1090 0,500	1833 0,571	3022 0,647	5693 0,758	12729 0,924	19942 1,032	24317 1,178	60952 1,369	98543 1,535	232965 1,883	423155 2,169	676224 2,422	991685 2,650	1375828 2,861
170	85,6 0,264	173 0,319	519 0,424	1125 0,516	1891 0,589	3118 0,668	5873 0,782	13129 0,953	20567 1,064	35957 1,234	62828 1,411	101576 1,582	240135 1,941	436178 2,235	697035 2,496	1022205 2,731	1418171 2,949
180	88,3 0,272	178 0,328	534 0,436	1158 0,532	1948 0,606	3211 0,688	6047 0,805	13517 0,982	21174 1.096	36999 1,270	64650 1,452	104521 1,628	247097 1,998	448823 2,300	717244 2,569	1051840 2,811	1459286 3,035
190	90,8 0,280	183 0,338	550 0,449	1191 0,547	2002 0,624	3301 0,707	6216 0,827	13894 1,009	21764 1,126	38013 1,305	66421 1,492	107385 1,673	353868 2,052	461122 2,363	736898 2,639	1080664 2,888	
200	93 0,288	188 0,347	564 0,461	1223 0,561	2056 0,640	3389 0,726	6381 0,849	14261 1,036	22339 1,156	39001 1,339	68147 1,530	110174 1,716	260463 2,106	473101 2,425	756041 2,708	1108737 2,963	
220	98,0 0,302	198 0,364	592 0,484	1283 0,589	2158 0,672	3556 0,762	6696 0,891	14964 1,087	23821 1,233	40904 1,404	71473 1,605	115552 1,800	273176 2,208	496193 2,543	792943 2,840	1162853 3,107	
240	102 0,317	207 0,381	620 0,506	1342 0,616	2256 0,703	3718 0,796	7000 0,932	15641 1,136	24880 1,287	42723 1,466	74651 1,676	120690 1,880	285323 2,307	518257 2,656	828202 2,966		
260	107 0,330	216 0,398	646 0,528	1399 0,642	2351 0,732	3874 0,830	7292 0,971	16291 1,183	25896 1,340	44468 1,526	77699 1,745	125618 1,957	296973 2,401	539419 2,765	862019 3,087		
280	111 0,343	225 0,413	672 0,548	1453 0,667	2442 0,760	4023 0,862	7573 1,008	17187 1,248	26874 1,391	46147 1,584	80632 1,811	130360 2,031	308184 2,401	559781 2,869			
300	115 0,356	233 0,428	696 0,568	1505 0,691	2530 0,787	4168 0,892	7843 1,044	17791 1,292	27817 1,439	47766 1,640	83462 1,874	134936 2,102	319001 2,579	579429 2,970			
320	119 0,368	241 0,443	719 0,587	1556 0,714	2615 0,814	4307 0,922	8105 1,079	18374 1,334	28730 1,487	49333 1,693	86200 1,936	139361 2,171	329462 2,663	598431 3,067			
340	123 0,380	249 0,457	742 0,606	1605 0,737	2697 0,840	4443 0,951	8359 1,113	18940 1,375	29614 1,532	50851 1,745	88852 1,995	143650 2,238	339602 2,745				
360	126 0,392	256 0,471	764 0,624	1653 0,759	2777 0,865	4574 0,979	8606 1,145	19489 1,415	30472 1,577	52325 1,796	91428 2,053	147815 2,303	349448 2,825				
380	130 0,403	263 0,484	786 0,642	1699 0,780	2855 0,889	4702 1,007	8845 1,177	20023 1,454	31307 1,620	53759 1,845	93934 2,109	151865 2,366	359023 2,902				

Продолжение табл. II 1

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным электросварным прямошовным (ГОСТ 10704 76*) условным проходом, мм																
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
400	134 0,414	270 0,497	807 0,659	1744 0,801	2930 0,912	4826 1,033	9226 1,228	20543 1,492	32121 1,662	55156 1,893	96374 1,164	155810 2,427	368350 2,978				
450	142 0,439	287 0,528	856 0,699	1851 0,850	3109 0,968	5121 1,097	9785 1,302	21789 1,582	34069 1,763	58502 2,008	102220 2,295	165262 2,574	390694 3,158				
500	150 0,464	303 0,557	904 0,738	1954 0,897	3281 1,022	5403 1,157	10315 1,373	22968 1,668	35912 1,858	61666 2,117	107750 2,420	174201 2,714					
550	158 0,487	318 0,585	949 0,775	2051 0,942	3445 1,073	5765 1,234	10818 1,440	24089 1,749	37665 1,949	64676 2,220	113009 2,538	182704 2,846					
600	165 0,510	333 0,612	992 0,810	2144 0,985	3601 1,121	6021 1,289	11299 1,504	25160 1,827	39340 2,036	67552 2,319	118034 2,650	190828 2,973					
650	172 0,531	347 0,638	1034 0,844	2234 1,026	3750 1,168	6267 1,342	11761 1,565	26187 1,902	40946 2,119	70310 2,413	122853 2,759	198620 3,094					
700	179 0,552	361 0,663	1074 0,877	2319 1,065	3958 1,232	6504 1,393	12204 1,624	27176 1,973	42492 2,199	72964 2,504	127491 2,863						
750	185 0,572	374 0,687	1112 0,908	2402 1,103	4097 1,276	6732 1,441	12633 1,681	28130 2,043	43983 2,276	75525 2,592	131966 2,963						
800	191 0,592	386 0,710	1150 0,939	2483 1,140	4231 1,317	6953 1,489	13047 1,737	29052 2,11	45426 2,351	78002 2,677	136294 3,061						
850	197 0,610	398 0,732	1186 0,968	2560 1,176	4361 1,358	7167 1,535	13449 1,790	29946 2,175	46824 2,423	80403 2,760							
900	203 0,629	410 0,754	1221 0,997	2679 1,230	4488 1,397	7375 1,579	13839 1,842	30815 2,238	48181 2,493	82734 2,840							
950	209 0,646	422 0,775	1255 1,024	2752 1,264	4611 1,436	7577 1,622	14218 1,892	31659 2,299	49502 2,561	85001 2,918							
1000	215 0,664	433 0,796	1288 1,052	2824 1,296	4731 1,473	7774 1,664	14587 1,942	32481 2,359	50788 2,628	87209 2,993							
1100	225 0,696	454 0,835	1352 1,103	2962 1,360	4962 1,545	8153 1,745	15299 2,036	34067 2,474	53266 2,756	91466 3,139							
1200	236 0,728	475 0,873	1413 1,153	3093 1,420	5182 1,614	8516 1,823	15980 2,127	35582 2,584	55635 2,879								
1300	245 0,759	495 0,910	1496 1,221	3220 1,478	5394 1,679	8863 1,898	16632 2,214	37035 2,689	57903 2,996								
1400	255 0,788	514 0,945	1552 1,267	3341 1,534	5597 1,743	9198 1,969	17260 2,297	38433 2,791	60093 3,109								
1500	264 0,816	532 0,979	1607 1,312	3458 1,588	5794 1,804	9521 2,039	17866 2,378	39782 2,889									
1600	273 0,844	550 1,011	1660 1,355	3572 1,640	5984 1,863	9833 2,105	18452 2,456	41086 2,984									
1700	282 0,870	568 1,043	1711 1,397	3682 1,690	6188 1,921	10136 2,17	19020 2,532	42351 3,075									
1800	290 0,896	584 1,074	1760 1,437	3789 1,739	6347 1,976	10403 2,233	19571 2,605										

1900	298 0,921	601 1,100	1809 1,476	3893 1,787	6521 2,030	10716 2,294	20108 2.676
2000	306 0,946	617 1,133	1856 1,515	3994 1,833	6691 2,083	10994 2,354	20630 2,746
2100	314 0,969	632 1,161	1902 1,552	4093 1,879	6856 2,135	11266 2,412	21139 2.814
2200	321 0,993	648 1,189	1947 1,589	4189 1,923	7017 2,185	11532 2,469	21637 2,880
2300	329 1,015	673 1,236	1990 1,624	4283 1,966	7175 2,234	11790 2,524	22123 2,945
2400	336 0,038	688 1,263	2033 1,659	4375 2,008	7329 2,282	12044 2,579	22599 3,008

ТАБЛИЦА II.2

РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ ПРИ ПЕРЕПАДАХ ТЕМПЕРАТУР ВОДЫ В СИСТЕМЕ 130–70°С, 150 70°С И $K_э$ = 0,2 ММ

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным водогазопроводным (ГОСТ 3262 75*) условным проходом, мм													
	легким							обыкновенным						
	10	15	20	25	32	40	50	10	15	20	25	32	40	50
0,50	3,0 0,007	7,6 0,010	24,9 0,019	62,4 0,029	110 0,030	148 0,031	296 0,037	2,7 0,006	6,5 0,010	22,2 0,018	58,3 0,029	103 0,029	140 0,030	282 0,037
0,55	3,3 0,007	8,4 0,011	27,4 0,021	64,6 0,030	112 0,030	157 0,032	313 0,039	2,9 0,007	7,2 0,011	24,5 0,020	60,3 0,030	107 0,030	147 0,032	297 0,038
0,60	3,6 0,008	9,1 0,013	29,9 0,023	66,7 0,031	114 0,031	165 0,034	328 0,041	3,2 0,007	7,8 0,012	26,7 0,022	62,3 0,031	110 0,031	154 0,033	312 0,040
0,65	3,9 0,008	9,9 0,014	32,4 0,025	68,8 0,032	119 0,032	172 0,036	341 0,043	3,5 0,008	8,5 0,013	28,9 0,023	64,3 0,032	112 0,032	162 0,035	325 0,042
0,70	4,2 0,009	10,7 0,015	34,9 0,027	68,8 0,032	123 0,033	179 0,037	356 0,044	3,7 0,009	9,1 0,014	31,1 0,025	66,3 0,033	116 0,033	168 0,036	339 0,044
0,75	4,5 0,010	11,4 0,016	37,4 0,029	71,0 0,033	129 0,035	186 0,038	370 0,046	4,0 0,009	9,8 0,014	33,4 0,027	66,3 0,033	121 0,034	174 0,038	352 0,046
0,80	4,8 0,010	12,2 0,017	39,9 0,031	73,1 0,034	133 0,036	193 0,040	384 0,048	4,2 0,010	10,5 0,015	35,6 0,029	68,3 0,034	126 0,035	181 0,039	365 0,047
0,85	5,1 0,011	12,9 0,018	42,4 0,032	73,1 0,034	138 0,037	199 0,041	397 0,050	4,5 0,010	11,1 0,016	37,8 0,031	70,4 0,035	130 0,037	187 0,041	378 0,049
0,90	5,4 0,012	13,7 0,019	43,9 0,034	75,2 0,035	143 0,039	206 0,043	410 0,051	4,8 0,011	11,8 0,017	40,0 0,032	70,4 0,035	134 0,038	193 0,042	390 0,051
1,0	6,0 0,013	15,2 0,021	46,5 0,036	79,5 0,037	151 0,041	219 0,045	435 0,054	5,3 0,012	13,1 0,019	43,8 0,035	74,4 0,037	142 0,040	205 0,044	413 0,054

Продолжение табл. II.2

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным водогазопроводным (ГОСТ 3262–75*) условным проходом, мм													
	легким							обыкновенным						
	10	15	20	25	32	40	50	10	15	20	25	32	40	50
1,10	6,6 0,014	16,8 0,023	47,8 0,037	81,3 0,037	160 0,043	232 0,048	457 0,057	5,8 0,013	14,4 0,021	45,0 0,036	76,4 0,038	151 0,043	217 0,047	435 0,056
1,20	7,2 0,016	18,3 0,025	49,1 0,038	82,0 0,038	168 0,045	242 0,050	480 0,060	6,4 0,015	15,7 0,023	46,2 0,037	77,1 0,038	158 0,045	226 0,049	456 0,059
1,30	8,0 0,017	20,0 0,027	50,4 0,039	83,0 0,039	175 0,047	253 0,052	502 0,063	7,0 0,016	17,0 0,025	47,5 0,038	78,4 0,039	165 0,047	237 0,051	477 0,062
1,40	8,4 0,018	21,3 0,029	52,0 0,040	86,0 0,040	182 0,049	264 0,054	523 0,065	7,4 0,017	18,3 0,027	49,0 0,039	79,3 0,039	172 0,049	247 0,054	497 0,064
1,50	9,1 0,020	23,0 0,031	53,0 0,041	89,0 0,042	190 0,051	274 0,057	543 0,068	8,0 0,018	20,0 0,029	50,0 0,040	82,4 0,041	179 0,050	257 0,056	516 0,067
1,60	10,0 0,021	24,4 0,033	54,3 0,042	93,0 0,043	197 0,053	284 0,059	563 0,070	8,5 0,019	21,0 0,031	51,2 0,041	85,5 0,042	185 0,052	266 0,058	535 0,069
1,70	10,3 0,022	26,0 0,035	56,0 0,043	96,0 0,045	203 0,055	294 0,061	582 0,073	9,0 0,021	22,2 0,033	52,4 0,042	89,0 0,044	192 0,054	275 0,060	553 0,072
1,80	11,0 0,023	27,4 0,038	57,0 0,044	99,0 0,046	210 0,057	303 0,063	600 0,075	10,0 0,022	23,5 0,035	54,0 0,043	91,4 0,045	198 0,056	284 0,062	571 0,074
1,90	11,5 0,025	29,0 0,040	57,0 0,044	102 0,048	216 0,058	312 0,065	618 0,077	10,1 0,023	24,8 0,037	54,0 0,043	94,2 0,047	203 0,058	292 0,063	588 0,076
2,00	12,1 0,026	30,5 0,042	58,2 0,045	105 0,049	223 0,060	321 0,066	636 0,079	11,0 0,024	26,1 0,039	55,0 0,044	97,0 0,048	210 0,059	301 0,065	604 0,078
2,20	13,3 0,029	32,3 0,044	61,0 0,047	111 0,052	234 0,063	338 0,070	668 0,083	12,0 0,027	29,0 0,042	57,3 0,046	102 0,051	220 0,062	317 0,069	635 0,082
2,40	14,5 0,031	33,0 0,045	59,3 0,045	116 0,054	246 0,066	355 0,073	701 0,088	12,7 0,029	30,3 0,045	59,0 0,047	107 0,053	231 0,065	332 0,072	666 0,086
2,60	16,0 0,034	34,5 0,047	62,0 0,047	121 0,057	257 0,069	370 0,077	732 0,091	14,0 0,032	32,0 0,047	59,3 0,047	112 0,056	242 0,068	347 0,075	696 0,090
2,80	17,0 0,036	35,2 0,048	64,2 0,049	126 0,059	268 0,072	386 0,080	762 0,095	15,0 0,034	32,3 0,048	59,5 0,048	117 0,058	252 0,071	362 0,078	725 0,094
3,00	18,1 0,039	35,9 0,049	67,0 0,051	131 0,062	278 0,075	400 0,083	791 0,099	16,0 0,037	33,0 0,049	62,0 0,050	121 0,060	262 0,074	376 0,081	753 0,098
3,20	19,3 0,042	37,0 0,050	69,2 0,053	136 0,064	288 0,078	415 0,086	820 0,102	17,0 0,039	33,6 0,050	64,1 0,052	126 0,062	271 0,077	389 0,084	779 0,101
3,40	20,5 0,044	37,4 0,051	71,6 0,055	141 0,066	298 0,080	429 0,089	847 0,106	18,1 0,041	34,3 0,051	66,3 0,054	130 0,065	280 0,079	402 0,087	805 0,104
3,60	21,7 0,047	38,1 0,052	74,0 0,057	145 0,068	307 0,083	443 0,091	873 0,109	19,1 0,044	36,0 0,053	68,5 0,055	134 0,067	289 0,082	415 0,090	831 0,108
3,80	22,9 0,049	39,0 0,053	76,2 0,058	150 0,070	316 0,086	456 0,094	899 0,112	20,2 0,046	36,0 0,053	71,0 0,057	138 0,069	298 0,084	427 0,093	855 0,111
4,0	24,0 0,052	40,0 0,054	78,5 0,060	154 0,072	325 0,088	469 0,097	924 0,115	21,2 0,049	36,4 0,054	73,0 0,059	142 0,071	306 0,087	439 0,095	879 0,114

4,50	25,0 0,054	41,1 0,056	84,0 0,064	165 0,077	346 0,093	498 0,103	982 0,123	23,2 0,053	38,4 0,057	78,0 0,063	152 0,075	326 0,092	467 0,101	934 0,121
5,0	26,3 0,057	43,2 0,059	89,0 0,068	174 0,081	366 0,099	528 0,109	1040 0,130	24,5 0,156	40,0 0,159	82,4 0,067	161 0,080	345 0,097	494 0,107	989 0,128
5,50	27,2 0,059	45,0 0,061	93,3 0,072	183 0,086	386 0,104	556 0,115	1094 0,137	25,4 0,058	41,1 0,061	86,5 0,070	169 0,084	363 0,103	521 0,113	1041 0,135
6,00	28,2 0,061	45,2 0,062	98,0 0,075	192 0,090	404 0,109	582 0,120	1147 0,143	26,2 0,060	42,4 0,063	91,0 0,074	177 0,088	381 0,108	546 0,118	1090 0,141
6,50	29,0 0,062	46,1 0,063	102 0,078	201 0,094	422 0,114	608 0,126	1197 0,149	27,1 0,062	42,0 0,062	95,0 0,077	185 0,092	398 0,112	570 0,123	1138 0,148
7,00	30,0 0,064	48,0 0,066	107 0,082	209 0,098	440 0,119	633 0,131	1245 0,155	27,5 0,063	43,3 0,064	99,0 0,080	193 0,096	414 0,117	593 0,128	1184 0,153
7,50	30,5 0,066	50,0 0,068	111 0,085	217 0,102	456 0,123	657 0,136	1291 0,161	28,4 0,065	45,0 0,066	103 0,083	200 0,099	430 0,121	615 0,133	1228 0,159
8,00	31,0 0,067	52,0 0,071	115 0,088	225 0,105	472 0,128	680 0,140	1336 0,167	29,0 0,066	47,0 0,069	106 0,086	208 0,103	445 0,126	637 0,138	1271 0,165
8,50	31,4 0,068	53,5 0,073	119 0,091	232 0,109	488 0,132	702 0,145	1380 0,172	30,0 0,068	48,2 0,071	110 0,089	215 0,106	460 0,130	658 0,143	1313 0,170
9,00	32,3 0,070	55,2 0,076	122 0,094	240 0,112	503 0,136	724 0,149	1423 0,178	30,1 0,069	50,0 0,074	113 0,092	221 0,110	474 0,134	678 0,147	1353 0,175
9,50	33,0 0,071	57,0 0,078	126 0,097	247 0,115	518 0,140	745 0,154	1464 0,183	31,0 0,070	51,3 0,076	116 0,095	228 0,113	488 0,138	698 0,151	1392 0,180
10,00	34,0 0,073	58,5 0,080	130 0,099	254 0,119	532 0,144	766 0,158	1504 0,188	31,5 0,072	53,0 0,078	120 0,097	234 0,116	502 0,142	718 0,155	1430 0,185
11,00	35,1 0,076	61,5 0,084	136 0,104	266 0,125	559 0,151	804 0,166	1580 0,197	32,3 0,074	55,5 0,082	126 0,102	246 0,122	527 0,149	754 0,163	1502 0,195
12,00	36,0 0,077	64,5 0,088	143 0,109	279 0,131	586 0,158	842 0,174	1654 0,207	34,0 0,077	58,2 0,086	132 0,107	258 0,128	552 0,156	790 0,171	1573 0,204
13,00	36,2 0,078	67,4 0,092	149 0,114	292 0,136	611 0,165	879 0,181	1725 0,215	33,1 0,076	61,0 0,090	138 0,112	269 0,134	576 0,163	824 0,178	1640 0,213
14,00	37,7 0,081	70,2 0,096	155 0,119	303 0,142	636 0,172	914 0,189	1794 0,224	35,0 0,079	63,4 0,094	144 0,117	280 0,139	599 0,169	857 0,186	1706 0,221
15,00	39,2 0,084	72,9 0,100	161 0,124	315 0,147	660 0,178	948 0,196	1860 0,232	36,0 0,082	66,0 0,097	149 0,121	291 0,144	622 0,176	889 0,193	1769 0,229
16,00	41,0 0,087	75,5 0,104	167 0,128	326 0,152	683 0,185	981 0,202	1924 0,240	37,3 0,085	68,2 0,101	155 0,125	301 0,149	643 0,182	919 0,199	1830 0,237
17,00	42,0 0,090	78,1 0,107	172 0,132	336 0,157	705 0,191	1013 0,209	1986 0,248	38,5 0,088	70,5 0,104	160 0,130	311 0,154	664 0,188	949 0,206	1890 0,245
18,00	43,3 0,093	82,5 0,110	178 0,136	347 0,162	726 0,196	1044 0,215	2046 0,265	40,0 0,091	73,0 0,107	165 0,134	321 0,159	685 0,193	978 0,212	1946 0,252
19,00	45,0 0,096	83,0 0,114	183 0,140	357 0,167	747 0,202	1074 0,222	2105 0,263	41,0 0,094	75,0 0,111	170 0,137	331 0,164	704 0,199	1007 0,218	2002 0,260
20,00	46,0 0,099	85,3 0,117	188 0,144	367 0,172	768 0,208	1103 0,228	2162 0,270	42,1 0,097	77,0 0,114	174 0,141	339 0,168	724 0,204	1034 0,224	2056 0,267
22,00	48,2 0,104	90,0 0,123	198 0,151	385 0,180	806 0,218	1158 0,239	2270 0,283	44,3 0,102	81,0 0,119	183 0,148	356 0,177	760 0,215	1086 0,235	2159 0,280
24,0	51,0 0,109	94,0 0,129	207 0,159	404 0,189	844 0,228	1212 0,250	2375 0,297	46,4 0,106	85,0 0,125	192 0,156	373 0,185	796 0,225	1137 0,246	2259 0,293
26,00	53,0 0,114	98,1 0,134	216 0,166	421 0,197	881 0,238	1264 0,261	2476 0,309	48,5 0,111	88,5 0,131	200 0,162	389 0,193	830 0,234	1185 0,257	2356 0,305

Продолжение табл II 2

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным водогазопроводным (ГОСТ 3262–75*) условным проходом, мм													
	легким							обыкновенным						
	10	15	20	25	32	40	50	10	15	20	25	32	40	50
28 00	55,0 0,119	102 0,140	225 0 [illegible]	438 0 205	915 0,247	1314 0,271	2573 0,321	50,5 0,116	92,1 0,136	208 0,169	405 0,201	863 0,244	1232 0,267	2448 0,317
30,00	57,1 0,123	106 0 145	23[illegible] 0 [illegible]	454 0,212	949 0,257	1362 0,281	2667 0,333	52,4 0,120	96,0 0,141	216 0,175	420 0,208	895 0,253	1277 0,277	2537 0,329
32,00	59,1 0,127	110 0,150	241 0,185	470 0,220	982 0,265	1409 0,291	2758 0,344	54,3 0,124	99,0 0,146	224 0,181	434 0 215	925 0,261	1321 0,286	2624 0,340
34,00	61,1 0,132	113 0,155	249 0,191	485 0,227	1013 0,274	1454 0,300	2846 0,355	56,1 0,129	102 0,151	231 0,187	449 0,222	955 0,270	1363 0,295	2707 0,351
36,00	63,0 0,136	117 0,160	260 0,197	500 0,234	1044 0,282	1498 0,309	2931 0,366	58,0 0,133	105 0,156	238 0,193	462 0,229	984 0,278	1405 0,304	2789 0,362
38,00	65,0 0,140	120 0,165	264 0,203	514 0,241	1073 0,290	1541 0,318	3014 0,376	60,0 0,137	109 0,160	245 0,199	475 0,236	1012 0 286	1445 0,313	2868 0,372
40,00	67,0 0,144	123 0,169	272 0,208	528 0,247	1103 0,298	1582 0,327	3095 0,387	61,2 0,140	111 0,165	252 0,204	489 0,242	1040 0,294	1484 0,321	2945 0,382
45,00	71,0 0,153	131 0,180	288 0,221	561 0,262	1171 0,317	1680 0,347	3286 0,410	65,0 0,149	118 0,175	267 0,217	519 0,257	1104 0,312	1575 0,341	3126 0,405
50,00	75,0 0,162	139 0,190	305 0,234	593 0,277	1237 0,334	1774 0,366	3470 0,433	69,0 0,158	125 0,185	283 0,229	548 0,272	1166 0,329	1664 0,360	3301 0,428
55,00	79,0 0,170	146 0,200	321 0,246	623 0,291	1299 0,351	1864 0,385	3644 0,455	72,4 0,166	132 0,195	297 0,241	576 0,286	1225 0,346	1748 0,379	3467 0,449
60,00	83,0 0,178	152 0,209	336 0,257	652 0,305	1360 0,368	1950 0,403	3811 0,476	76,0 0,174	138 0,204	311 0,252	603 0,299	1282 0,362	1828 0,396	3626 0,470
65,00	86,2 0,186	159 0,219	350 0,268	680 0,318	1417 0,383	2032 0,420	3971 0,496	79,2 0,182	144 0,213	325 0,263	629 0,312	1336 0,377	1906 0,413	3779 0,490
70,00	90,0 0,193	166 0,227	364 0,279	706 0,330	1473 0,398	2111 0,436	4125 0,515	82,4 0,189	150 0,221	337 0,273	653 0,324	1388 0,392	1980 0,429	3925 0,509
75,00	93,0 0,200	172 0,236	377 0,289	732 0,343	1526 0,413	2188 0,452	4274 0,534	85,4 0,196	155 0,229	350 0,283	677 0,336	1439 0 406	2052 0,444	4067 0,527
80,00	96,3 0,207	178 0,244	390 0,299	757 0,354	1577 0,427	2262 0,467	4418 0,552	88,4 0,203	161 0,237	362 0,293	700 0,347	1487 0,420	2121 0,459	4204 0,545
85,00	99,4 0,214	184 0.252	402 0,308	781 0,365	1628 0,440	2333 0,482	4557 0,569	91,3 0,209	166 0,245	373 0,303	723 0,358	1535 0,434	2188 0,474	4336 0,562
90,00	102 0,221	189 0,259	414 0,318	804 0,376	1676 0,453	2402 0,496	4693 0,586	94,1 0,216	171 0,252	385 0,312	744 0,369	1580 0,447	2253 0,488	4465 0,579
95,00	105 0,227	195 0,267	426 0,327	827 0,387	1724 0,466	2470 0,510	4824 0,602	97,0 0,222	176 0,260	396 0,321	765 0,379	1625 0,459	2316 0,502	4590 0,595
100,00	108 0,233	200 0,274	438 0,336	849 0,397	1770 0,478	2536 0,524	4952 0,618	99,5 0,228	181 0,267	406 0,329	786 0,390	1668 0,471	2379 0,515	4712 0,611
110,00	114 0,245	210 0,288	460 0,352	892 0,417	1857 0,502	2662 0,549	5197 0,649	104,4 0,240	190 0,280	426 0,346	825 0,409	1751 0,495	2496 0,541	4945 0,641
120,00	119 0,256	220 0,301	481 0,369	933 0,436	1942 0,525	2783 0,575	5433 0,678	109 0,251	198 0,293	446 0,362	863 0,428	1831 0,517	2610 0,565	5169 0,670

130,00	124 0,267	229 0,314	501 0,384	972 0,455	2023 0,547	2900 0,599	5660 0,707	114 0,262	207 0,306	465 0,377	899 0,446	1908 0,539	2719 0,589	5385 0,698
140,00	129 0,278	238 0,326	521 0,399	1010 0,472	2102 0,568	3012 0,622	5878 0,734	118 0,272	215 0,318	483 0,392	934 0,463	1982 0,560	2824 0,612	5593 0,725
150,00	134 0,288	247 0,338	540 0,414	1046 0,490	2178 0,589	3120 0,644	6088 0,760	123 0,282	223 0,329	501 0,406	968 0,480	2053 0,580	2926 0,634	5793 0,751
160,00	138 0,298	255 0,350	558 0,428	1082 0,506	2251 0,608	3225 0,666	6292 0,786	127 0,292	230 0,341	518,0 0,420	1001 0,496	2122 0,600	3024 0,655	5987 0,776
170,00	143 0,308	263 0,361	576 0,441	1116 0,522	2322 0,628	3326 0,687	6489 0,810	131 0,301	238 0,351	534 0,433	1032 0,512	2189 0,618	3119 0,676	6174 0,800
180,00	147 0,317	271 0,372	593 0,454	1149 0,538	2390 0,646	3424 0,707	6680 0,834	135 0,310	245 0,362	550 0,446	1063 0,527	2254 0,637	3211 0,696	6357 0,824
190,00	151 0,326	279 0,382	610 0,467	1181 0,553	2457 0,664	3520 0,727	6866 0,857	139 0,319	252 0,372	566 0,458	1093 0,542	2317 0,655	3301 0,715	6534 0,847
200,00	155 0,335	286 0,392	626 0,480	1213 0,567	2522 0,682	3613 0,746	7048 0,880	142 0,327	259 0,382	581 0,471	1122 0,556	2378 0,672	3389 0,734	6706 0,869
220,00	163 0,351	301 0,412	657 0,503	1273 0,595	2647 0,716	3791 0 783	7517 0,939	150 0,344	272 0,401	610 0,494	1177 0,584	2496 0,705	3556 0,770	7037 0,912
240,00	171 0,368	314 0,431	687 0,527	1331 0,623	2767 0,748	3963 0,818	7851 0,980	157 0,360	284 0,420	638 0,517	1231 0,610	2609 0,737	3717 0,805	7472 0,969
260,00	178 0,383	328 0,449	716 0,549	1386 0,649	2882 0,779	4128 0,852	8171 1,020	163 0,375	296 0,437	664 0,538	1283 0,636	2718 0,768	3872 0,839	7777 1,008
280,00	185 0,398	340 0,467	744 0,570	1440 0,674	2993 0,809	4286 0,885	8480 1,059	170 0,390	308 0,455	690 0,559	1332 0,661	2822 0,797	4020 0,871	8071 1,046
300,00	191 0,413	353 0,483	770 0,590	1492 0,698	3100 0,838	4512 0,931	8777 1,096	176 0,404	319 0,471	715 0,579	1380 0,684	2923 0,826	4164 0,902	8354 1,083
320,00	198 0,427	365 0,500	796 0,610	1541 0,721	3203 0,866	4660 0,962	9065 1,132	182 0,417	330 0,487	739 0,599	1426 0,707	3021 0,853	4372 0,947	8628 1,118
340,00	204 0,440	376 0,515	821 0,629	1590 0,744	3304 0,893	4804 0,992	9344 1,167	188 0,431	340 0,502	762 0,618	1471 0,729	3115 0,880	4507 0,976	8894 1,153
360,00	210 0,453	387 0,531	846 0,648	1637 0,766	3457 0,935	4943 1,020	9615 1,201	193 0,444	350 0,517	785 0,636	1514 0,751	3207 0,906	4637 1,005	9151 1,186
380,00	216 0,466	398 0,546	869 0,666	1683 0,787	3551 0,960	5079 1,048	9879 1,234	199 0,456	360 0,532	807 0,654	1557 0,772	3350 0,946	4764 1,032	9402 1,219
400,00	222 0,479	409 0,560	893 0,684	1727 0,808	3644 0,985	5211 1,076	10135 1,266	204 0,468	370 0,546	828 0,671	1598 0,792	3437 0,971	4888 1,059	9646 1,250
450,00	236 0,508	434 0,595	947 0,726	1833 0,857	3865 1,045	5527 1,141	10750 1,342	217 0,497	392 0,579	879 0,712	1696 0,841	3645 1,030	5185 1,123	10232 1,326
500,00	249 0,536	458 0,628	999 0,766	1934 0,905	4074 1,101	5826 1,203	11332 1,415	229 0,525	414 0,612	927 0,751	1789 0,887	3842 1,086	5465 1,184	10785 1,398
550,00	261 0,563	481 0,659	1049 0,804	2062 0,965	4273 1,155	6110 1,261	11885 1,484	240 0,551	435 0,642	974 0,789	1909 0,946	4030 1,139	5732 1,242	11311 1,466
600,00	273 0,589	503 0,689	1097 0,840	2154 1,008	4463 1,206	6382 1,317	12413 1,550	251 0,576	455 0,671	1018 0,825	1993 0,989	4209 1,189	5987 1,297	11814 1,531
650,00	285 0,614	524 0,718	1142 0,875	2242 1,049	4645 1,256	6642 1,371	12920 1,613	262 0,600	473 0,699	1060 0,859	2075 1,029	4381 1,238	6231 1,350	12297 1,594
700,00	296 0,637	544 0,745	1186 0,909	2327 1,088	4820 1,303	6893 1,423	13408 1,674	272 0,624	492 0,726	1101 0,892	2153 1,068	4546 1,284	6466 1,401	12761 1,654
750,00	306 0,660	563 0,772	1248 0,957	2408 1,127	4989 1,349	7135 1,473	13878 1,733	282 0,646	509 0,752	1159 0,939	2229 1,105	4706 1,330	6693 1,450	13209 1,712

Продолжение табл. 11.2

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным водогазопроводным (ГОСТ 3262 75*) условным проходом, мм													
	легким							обыкновенным						
	10	15	20	25	32	40	50	10	15	20	25	32	40	50
800,00	317 0,682	582 0,798	1289 0.988	2487 1,164	5153 1,393	7369 1,521	14333 1,790	291 0,668	526 0,778	1197 0,970	2302 1,141	4860 1,373	6913 1,497	13642 1,768
850,00	327 0,704	600 0,823	1329 1,018	2564 1,199	5312 1,436	7596 1,568	14775 1,845	300 0,689	543 0,802	1234 1,000	2373 1,177	5010 1,415	7126 1,544	14062 1,823
900,00	336 0,725	618 0,847	1368 1,048	2638 1,234	5466 1,478	7816 1,613	15203 1,898	309 0,709	559 0,826	1270 1,029	2442 1,211	5155 1,456	7332 1,588	14470 1,876
950,00	346 0,745	635 0,871	1405 1,077	2711 1,268	5615 1,518	8030 1,658	15620 1,950	318 0,729	574 0,849	1304 1,057	2509 1,244	5296 1,496	7533 1,632	14866 1,927
1000,00	355 0,765	652 0,894	1442 1,105	2781 1,301	5761 1,558	8239 1,701	16025 2,01	326 0,748	590 0,871	1338 1,084	2574 1,276	5434 1,535	7729 1,674	15252 1,977
1100,00	372 0,802	695 0 953	1512 1,158	2917 1,364	6042 1,634	8641 1,784	16807 2,099	342 0,785	619 0,914	1404 1,137	2700 1,338	5699 1,610	8106 1,756	15997 2,074
1200,00	389 0,839	726 0,996	1579 1,210	3046 1,425	6311 1,706	9025 1,863	17555 2,192	358 0,821	657 0,971	1466 1,188	2820 1,398	5953 1,682	8467 1,834	16708 2,166
1300,00	405 0,873	756 1,036	1644 1,259	3171 1,483	6569 1,776	9394 1,939	18272 2,282	373 0,855	684 1,010	1526 1,236	2935 1,455	6196 1,750	8813 1,909	17390 2,254
1400,00	421 0,907	785 1,075	1706 1,307	3291 1,539	6817 1,843	9748 2,012	18961 2,368	387 0,888	710 1,048	1583 1,283	3046 1,510	6429 1,817	9145 1,981	18047 2,339
1500,00	443 0,955	812 1,113	1766 1,353	3406 1,593	7056 1,908	10090 2,083	19627 2,451	407 0,935	735 1,085	1639 1,328	3152 1,563	6655 1,880	9466 2,050	18680 2,421
1600,00	458 0,986	839 1,150	1823 1,397	3518 1,646	7287 1,970	10421 2,151	20271 2,531	421 0,965	759 1,121	1693 1,371	3256 1,614	6873 1,942	9776 2,118	19293 2,501
1700,00	472 1,016	865 1,185	1880 1,440	3626 1,696	7512 2,031	10742 2,217	20894 2,609	434 0,995	782 1,155	1745 1,414	3356 1,664	7085 2,002	10077 2,183	19887 2,578
1800,00	485 1,046	890 1,219	1934 1,482	3731 1,745	7729 2,090	11053 2,282	21500 2,685	446 1,024	804 1,189	1795 1,455	3453 1,712	7290 2,060	10369 2,246	20463 2,653
1900,00	499 1,075	914 1,253	1987 1,523	3833 1,793	7941 2,147	11356 2,344	22089 2,758	459 1,052	827 1,221	1845 1,494	3548 1,759	7490 2,116	10654 2,308	21024 2,725
2000,00	512 1,102	938 1,285	2039 1,562	3933 1,840	8148 2,203	11651 2,405	22663 2,830	470 1,079	848 1,253	1893 1,533	3640 1,805	7684 2,171	10930 2,368	21570 2,796
2100,00	524 1,130	961 1,317	2089 1,601	4030 1,885	8349 2,257	11939 2,464	23223 2,900	482 1,106	869 1,284	1939 1,571	3730 1,849	7874 2,225	11200 2,426	22103 2,865
2200,00	537 1,156	984 1,348	2138 1,638	4125 1,930	8545 2,310	12220 2,522	23769 2,968	493 1,132	890 1,314	1985 1,608	3818 1,893	8060 2,277	11464 2,483	22623 2,933
2300,00	549 1,182	1006 1,378	2186 1,675	4218 1,973	8737 2,362	12495 2,579	24304 3,035	505 1,157	910 1,344	2029 1,644	3904 1,935	8241 2,328	11722 2,539	23131 2,998
2400,00	560 1,208	1027 1,408	2233 1,711	4308 2,015	8925 2,413	12763 2,636	24826 3,100	515 1,182	929 1,373	2073 1,680	3988 1,977	8418 2,378	11974 2,594	23629 3,063
2500,00	572 1,233	1049 1,437	2279 1,746	4397 2,057	9109 2,463	13027 2,689	25338 3,164	526 1,207	948 1,401	2116 1,714	4070 2,018	8592 2,427	12221 2,647	24116 3,126
2600,00	583 1,257	1069 1,466	2325 1,781	4484 2,098	9290 2,511	13284 2,742	25840 3,227	536 1,230	967 1,429	2158 1,748	4150 2,058	8762 2,476	12463 2,700	24594 3,188

2700,00	594 1,281	1090 1,493	2369 1,815	4570 2,138	9467 2,559	13538 2,794	26332 3,288	547 1,254	986 1,456	2199 1,782	4229 2,097	8929 2,523	12700 2,751	25062 3,249
2800,00	605 1,304	1110 1,521	2412 1,848	4654 2,177	9640 2,606	13786 2,846	26816 3,349	557 1,277	1004 1,483	2239 1,814	4307 2,135	9093 2,569	12933 2,801	25522 3,308
2900,00	616 1,328	1129 1,548	2455 1,881	4736 2,215	9811 2,652	14030 2,896	27290 3,408	567 1,299	1021 1,509	2279 1,846	4383 2,173	9254 2,614	13162 2,851	25974 3,367
3000,00	627 1,350	1149 1,574	2497 1,913	4817 2,253	9979 2,698	14270 2,946	27757 3,466	576 1,322	1039 1,535	2318 1,878	4458 2,210	9412 2,659	13387 2,900	26418 3,425

Продолжение табл. 11.2

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным электросварным прямошовным (ГОСТ 10704–76*) условным проходом, мм																
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
0,50	1,4 0,004	4,1 0,008	21,4 0,018	62,7 0,029	92,1 0,029	140 0,030	267 0,036	613 0,045	968 0,051	1687 0,059	2991 0,068	4885 0,077	11780 0,096	21610 0,112	34707 0,126	51152 0,138	71320 0,150
0,55	1,6 0,005	4,5 0,008	23,5 0,019	64,8 0,030	95,2 0,030	146 0,032	282 0,038	644 0,047	1016 0,052	1769 0,061	3133 0,071	5121 0,081	12314 0,101	22600 0,117	36386 0,132	53663 0,145	74788 0,157
0,60	1,7 0,005	4,9 0,009	25,7 0,021	67,0 0,031	98,4 0,031	154 0,033	296 0,040	673 0,049	1066 0,056	1856 0,064	3287 0,075	5369 0,085	12905 0,106	23678 0,123	38113 0,138	56199 0,152	78312 0,165
0,65	1,8 0,006	5,3 0,010	27,8 0,023	69,1 0,032	99,6 0,032	162 0,035	308 0,042	704 0,052	1114 0,058	1940 0,067	3433 0,078	5607 0,088	13472 0,110	24712 0,128	39769 0,144	58633 0,159	81693 0,172
0,70	2,0 0,006	5,7 0,011	30,0 0,025	69,1 0,032	101 0,032	167 0,036	321 0,043	733 0,054	1161 0,061	2020 0,070	3574 0,081	5837 0,092	14018 0,115	25707 0,133	41364 0,150	60976 0,165	84948 0,179
0,75	2,1 0,007	6,1 0,011	32,1 0,026	71,3 0,033	104 0,033	174 0,038	334 0,045	762 0,056	1205 0,063	2097 0,073	3711 0,084	6059 0,095	14545 0,119	26668 0,138	42904 0,155	63238 0,171	88090 0,185
0,80	2,3 0,007	6,5 0,012	34,2 0,028	73,4 0,034	108 0,034	181 0,039	347 0,047	790 0,058	1249 0,065	2173 0,075	3843 0,087	6273 0,099	15056 0,123	27599 0,143	44394 0,161	65427 0,177	91131 0,192
0,85	2,4 0,007	7,0 0,013	36,4 0,030	75,6 0,035	112 0,035	187 0,041	358 0,048	817 0,060	1292 0,068	2246 0,078	3972 0,090	6481 0,102	15551 0,127	28501 0,148	45839 0,166	67548 0,183	94078 0,198
0,90	2,5 0,008	7,4 0,014	38,5 0,032	75,6 0,035	115 0,036	193 0,042	370 0,050	843 0,062	1333 0,070	2317 0,080	4097 0,093	6684 0,105	16032 0,131	29377 0,152	47242 0,171	69610 0,188	96941 0,204
1,00	2,8 0,009	8,2 0,015	42,1 0,035	79,9 0,037	123 0,039	205 0,044	392 0,053	893 0,066	1412 0,074	2454 0,085	4336 0,099	7073 0,111	16956 0,139	31061 0,161	49938 0,181	73569 0,199	102440 0,216
1,10	3,1 0,010	9,0 0,017	44,5 0,037	80,3 0,037	130 0,041	217 0,047	412 0,056	939 0,069	1484 0,078	2579 0,090	4556 0,104	7430 0,117	17810 0,146	32622 0,169	52442 0,190	77251 0,209	107560 0,226
1,20	3,4 0,011	9,8 0,018	45,7 0,038	81,5 0,038	136 0,043	226 0,049	433 0,058	985 0,072	1556 0,081	2703 0,094	4775 0,108	7785 0,123	18653 0,153	34157 0,177	54899 0,199	80859 0,219	112571 0,237
1,30	4,0 0,011	10,6 0,020	47,0 0,039	84,0 0,039	142 0,045	237 0,051	453 0,061	1030 0,076	1626 0,085	2823 0,098	4985 0,113	8126 0,128	19462 0,159	35630 0,185	57257 0,207	84321 0,228	117378 0,247
1,40	4,0 0,012	11,4 0,021	48,1 0,040	87,0 0,040	148 0,047	247 0,054	472 0,064	1072 0,079	1693 0,089	2939 0,102	5188 0,118	8454 0,133	20241 0,166	37048 0,192	59527 0,216	87654 0,237	122005 0,257
1,50	4,2 0,013	12,5 0,023	49,3 0,041	90,2 0,042	154 0,048	257 0,056	490 0,066	1113 0,082	1757 0,092	3050 0,106	5383 0,122	8771 0,138	20993 0,172	38417 0,199	61717 0,224	90870 0,246	12647 0,266

Продолжение табл. 11.2

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным электросварным прямошовным (ГОСТ 10704–76*) условным проходом, мм																
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
1,60	4,5 0,014	13,1 0,024	50,5 0,042	94,0 0,043	159 0,050	266 0,058	508 0,068	1153 0,085	1820 0,095	3158 0,110	5572 0,127	9078 0,143	21721 0,178	39741 0,206	63837 0,231	93980 0,254	130789 0,275
1,70	5,0 0,015	13,9 0,026	50,5 0,042	97,0 0,045	165 0,052	275 0,060	525 0,071	1192 0,088	1881 0,098	3263 0,113	5756 0,131	9375 0,148	22426 0,183	41025 0,213	65891 0,239	96996 0,262	134976 0,284
1,80	5,1 0,016	15,0 0,027	52,0 0,043	100 0,046	170 0,054	284 0,062	542 0,073	1229 0,090	1940 0,102	3364 0,117	5934 0,135	9664 0,152	23111 0,189	42272 0,219	67886 0,246	99925 0,270	139042 0,293
1,90	5,4 0,017	15,5 0,029	53,0 0,044	103 0,048	175 0,055	293 0,063	558 0,075	1266 0,093	1997 0,105	3463 0,120	6107 0,139	9945 0,157	23778 0,194	43486 0,225	69827 0,253	102774 0,278	142998 0,301
2,00	6,0 0,018	16,4 0,030	54,2 0,045	106 0,049	181 0,057	301 0,065	574 0,077	1301 0,096	2053 0,107	3560 0,124	6276 0,143	10219 0,161	24427 0,200	44667 0,232	71718 0,260	105549 0,285	146850 0,309
2,20	6,2 0,019	18,0 0,033	55,4 0,046	112 0,052	190 0,060	317 0,069	603 0,081	1368 0,100	2157 0,113	3740 0,130	6593 0,150	10732 0,169	25651 0,210	46898 0,263	75294 0,243	110804 0,300	154153 0,324
2,40	7,0 0,021	20,0 0,036	56,0 0,046	117 0,054	199 0,063	332 0,072	633 0,085	1434 0,105	2261 0,118	3918 0,136	6905 0,157	11238 0,177	26850 0,220	49080 0,254	78784 0,285	115926 0,313	161263 0,339
2,60	7,3 0,023	21,3 0,039	56,5 0,047	123 0,057	208 0,066	347 0,075	661 0,089	1497 0,110	2360 0,124	4089 0,142	7205 0,164	11724 0,185	28001 0,229	51173 0,265	82132 0,298	120839 0,327	16083 0,354
2,80	8,0 0,025	23,0 0,043	58,0 0,048	128 0,059	217 0,068	362 0,078	668 0,093	1558 0,114	2456 0,129	4254 0,148	7493 0,170	12191 0,192	29108 0,238	53187 0,276	85354 0,309	125567 0,339	174645 0,367
3,00	8,5 0,026	24,5 0,046	60,2 0,050	133 0,062	226 0,071	376 0,081	715 0,096	1617 0,119	2548 0,133	4413 0,153	7772 0,177	12642 0,199	30177 0,247	55131 0,286	88463 0,321	130129 0,352	180977 0,381
3,20	9,0 0,028	26,0 0,048	62,5 0,052	138 0,064	234 0,074	389 0,084	740 0,100	1674 0,123	2637 0,138	4566 0,159	8041 0,183	13078 0,206	31211 0,255	57011 0,296	91470 0,331	134542 0,364	187102 0,394
3,40	9,6 0,030	27,0 0,049	65,0 0,053	142 0,066	242 0,076	402 0,087	765 0,103	1729 0,127	2724 0,143	4716 0,164	8302 0,189	13501 0,213	32213 0,263	58834 0,305	94386 0,342	138820 0,375	193039 0,406
3,60	10,1 0,032	27,1 0,050	67,0 0,055	147 0,068	249 0,079	415 0,090	789 0,106	1783 0,131	2808 0,147	4861 0,169	8556 0,194	13912 0,219	33186 0,271	60604 0,314	97216 0,352	142973 0,387	198804 0,418
3,80	10,7 0,033	28,0 0,051	69,0 0,057	151 0,070	257 0,081	427 0,093	812 0,109	1835 0,135	2890 0,151	5002 0,174	8803 0,200	14312 0,226	34133 0,279	62326 0,323	99970 0,362	147013 0,397	204411 0,430
4,00	11,3 0,035	28,2 0,052	70,8 0,058	156 0,072	264 0,083	439 0,095	835 0,112	1886 0,139	2970 0,155	5139 0,178	9043 0,205	14701 0,232	35056 0,287	64003 0,332	102652 0,372	150948 0,408	209872 0,442
4,50	13,0 0,040	30,0 0,055	76,0 0,062	166 0,077	282 0,089	467 0,101	887 0,120	2004 0,147	3155 0,165	5458 0,190	9603 0,218	15610 0,246	37217 0,304	67943 0,352	108963 0,395	160220 0,433	222753 0,469
5,00	14,1 0,044	31,0 0,057	80,3 0,066	175 0,082	298 0,094	494 0,107	939 0,126	2120 0,156	3336 0,175	5771 0,200	10150 0,231	16495 0,260	39313 0,322	71752 0,372	115054 0,417	169155 0,457	235152 0,495
5,50	15,5 0,048	32,0 0,059	84,2 0,070	185 0,086	314 0,099	521 0,113	989 0,133	2230 0,164	3509 0,184	6068 0,211	10671 0,242	17337 0,273	41306 0,338	75376 0,391	120846 0,438	177652 0,480	246944 0,520
6,00	17,0 0,053	33,0 0,061	88,4 0,073	194 0,090	329 0,104	546 0,118	1036 0,140	2336 0,172	3674 0,192	6352 0,221	11168 0,254	18142 0,286	43211 0,353	78838 0,409	126381 0,458	185771 0,502	258210 0,543
6,50	18,3 0,057	34,0 0,062	92,4 0,076	203 0,094	343 0,108	570 0,123	1081 0,146	2437 0,179	3833 0,201	6625 0,230	11645 0,265	18914 0,298	45037 0,368	82158 0,426	131689 0,477	193557 0,523	269014 0,566

7,00	19,5	35,0	96,3	211	357	593	1125	2534	3986	6887	12104	19656	46795	85353	136796	201050	279411
	0,061	0,064	0,079	0,098	0,113	0,128	0,151	0,186	0,209	0,239	0,275	0,310	0,383	0,443	0,496	0,544	0,588
7,50	20,0	35,7	100	219	371	615	1167	2628	4133	7140	12547	20373	48492	88435	141725	208278	289441
	0,062	0,066	0,083	0,102	0,117	0,133	0,157	0,193	0,216	0,248	0,285	0,321	0,397	0,459	0,514	0,563	0,609
8,00	20,5	36,5	104	227	384	637	1208	2719	4275	7385	12975	21066	50132	91417	146491	215270	299143
	0,064	0,067	0,086	0,105	0,121	0,138	0,163	0,200	0,224	0,256	0,295	0,332	0,410	0,474	0,531	0,582	0,629
8,50	21,1	37,4	107	234	397	658	1247	2808	4413	7622	13390	21738	51722	94307	151110	222046	308546
	0,066	0,069	0,088	0,109	0,125	0,143	0,168	0,206	0,231	0,265	0,304	0,343	0,423	0,489	0,548	0,600	0,649
9,00	21,5	38,4	110	242	409	678	1286	2893	4547	7853	13794	22391	53266	97113	155596	228626	317676
	0,067	0,071	0,091	0,112	0,129	0,147	0,173	0,213	0,238	0,273	0,313	0,353	0,436	0,504	0,564	0,618	0,668
9,50	22,0	39,0	114	249	421	698	1322	2976	4678	8077	14186	23025	54768	99842	159960	235025	326556
	0,069	0,071	0,094	0,116	0,133	0,151	0,178	0,219	0,245	0,280	0,322	0,363	0,448	0,518	0,580	0,635	0,687
10,00	22,4	39,0	117	256	433	718	1359	3058	4805	8296	14568	23643	56231	102500	164208	241258	335205
	0,070	0,072	0,097	0,119	0,136	0,155	0,183	0,225	0,252	0,288	0,331	0,373	0,460	0,531	0,595	0,652	0,705
11,00	23,1	40,5	123	269	455	754	1428	3211	5045	8709	15292	24817	59014	107566	172315	253158	351726
	0,072	0,075	0,102	0,125	0,143	0,163	0,192	0,236	0,264	0,302	0,347	0,391	0,483	0,558	0,624	0,684	0,740
12,00	24,0	42,5	129	282	476	790	1495	3361	5279	9112	15997	25957	61712	112467	180149	264649	367670
	0,075	0,079	0,107	0,131	0,150	0,171	0,201	0,247	0,276	0,316	0,363	0,409	0,505	0,583	0,653	0,715	0,774
13,00	24,7	44,4	135	294	498	824	1559	3504	5504	9499	16673	27051	64299	117168	187663	275669	382960
	0,077	0,082	0,111	0,137	0,157	0,178	0,210	0,257	0,288	0,330	0,379	0,426	0,526	0,608	0,680	0,745	0,806
14,00	25,3	46,3	140	306	518	857	1621	3642	5721	9871	17324	28103	66788	121691	194892	286272	397672
	0,079	0,086	0,116	0,142	0,163	0,186	0,218	0,268	0,299	0,343	0,394	0,443	0,546	0,631	0,706	0,774	0,837
15,00	26,0	48,1	146	318	537	889	1681	3776	5930	10230	17952	29119	69190	126055	201867	296502	411866
	0,081	0,089	0,120	0,148	0,169	0,193	0,226	0,277	0,310	0,355	0,408	0,459	0,566	0,654	0,731	0,802	0,867
16,00	27,0	50,0	151	329	556	919	1739	3905	6132	10577	18559	30101	71513	130276	208613	306397	425594
	0,083	0,092	0,125	0,153	0,175	0,199	0,234	0,287	0,321	0,367	0,422	0,474	0,585	0,675	0,756	0,828	0,895
17,00	27,0	51,5	156	340	574	949	1795	4031	6328	10914	19147	31053	73765	134366	215151	315986	445858
	0,084	0,096	0,129	0,158	0,181	0,206	0,242	0,296	0,331	0,379	0,435	0,489	0,603	0,697	0,780	0,854	0,938
18,00	27,5	53,1	161	350	591	978	1850	4152	6518	11240	19719	31977	75951	138339	221450	325297	458784
	0,086	0,099	0,133	0,163	0,186	0,212	0,249	0,305	0,341	0,390	0,448	0,504	0,621	0,717	0,803	0,879	0,965
19,00	28,2	55,0	165	360	609	1007	1903	4270	6703	11559	20275	32876	78077	142202	227674	334353	471355
	0,088	0,102	0,137	0,167	0,192	0,218	0,256	0,314	0,351	0,401	0,461	0,518	0,639	0,737	0,825	0,904	0,992
20,00	29,0	56,2	170	370	623	1034	1954	4386	6883	11868	20816	33751	80148	145964	233687	348575	483600
	0,090	0,104	0,140	0,172	0,197	0,224	0,263	0,322	0,360	0,412	0,473	0,532	0,656	0,757	0,847	0,942	1,018
22,00	29,1	59,1	179	389	657	1086	2052	4604	7225	12457	21846	35420	84102	153155	245190	365589	507204
	0,091	0,110	0,147	0,181	0,207	0,235	0,276	0,338	0,378	0,433	0,496	0,558	0,688	0,794	0,888	0,988	1,067
24,00	30,4	62,0	187	407	687	1137	2147	4816	7558	13028	22845	37034	87919	160091	260378	381845	529757
	0,095	0,115	0,155	0,189	0,217	0,246	0,289	0,354	0,396	0,452	0,519	0,584	0,719	0,830	0,943	1,032	1,115
26,00	32,0	65,0	195	425	717	1185	2239	5020	7877	13576	23802	38582	91581	166742	271009	397436	551389
	0,099	0,120	0,161	0,197	0,226	0,257	0,301	0,369	0,412	0,471	0,541	0,608	0,749	0,865	0,982	1,074	1,160
28,00	33,1	67,4	203	442	746	1232	2327	5216	8184	14103	24723	40072	95104	173142	281240	412439	572204
	0,103	0,125	0,168	0,205	0,235	0,267	0,313	0,383	0,428	0,490	0,562	0,632	0,778	0,898	1,019	1,115	1,204
30,00	34,3	70,0	211	458	773	1277	2412	5406	8480	14612	25612	41509	98503	182166	291111	426915	592287
	0,107	0,130	0,174	0,213	0,244	0,277	0,325	0,397	0,444	0,507	0,582	0,654	0,806	0,945	1,055	1,154	1,246
32,00	36,0	72,4	218	474	780	1321	2494	5589	8766	15103	26472	42899	101790	188140	300658	440916	611711
	0,111	0,135	0,180	0,220	0,252	0,286	0,336	0,411	0,459	0,524	0,601	0,676	0,833	0,976	1,089	1,192	1,287
34,00	37,0	75,0	225	490	825	1363	2573	5766	9043	15580	27305	44247	104976	193930	309911	454486	630538
	0,115	0,139	0,186	0,227	0,260	0,295	0,347	0,424	0,473	0,541	0,620	0,697	0,859	1,006	1,123	1,229	1,327
36,00	38,0	77,1	232	505	850	1405	2651	5938	9313	16043	28114	45555	108069	199553	318896	467662	648818
	0,118	0,143	0,192	0,234	0,268	0,304	0,357	0,436	0,488	0,557	0,639	0,718	0,884	1,035	1,156	1,264	1,1365

Продолжение табл. 11.2

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным электросварным прямошовным (ГОСТ 10704–76*) условным проходом, мм																
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
38,00	39,0	80,0	239	519	875	1445	2726	6106	9575	16493	28901	46827	111078	205021	327635	480477	666597
	0,122	0,148	0,197	0,241	0,276	0,313	0,367	0,449	0,501	0,573	0,657	0,738	0,908	1,063	1,187	1,299	1,403
40,00	40,1	82,0	245	533	899	1484	2799	6269	9830	16932	29667	48067	115805	210347	336146	492959	683914
	0,125	0,152	0,203	0,248	0,283	0,321	0,377	0,461	0,515	0,588	0,674	0,758	0,947	1,091	1,218	1,333	1,439
45,00	43,0	87,0	261	566	954	1575	2971	6654	10433	17969	31482	51005	122830	223107	356537	522862	725401
	0,133	0,161	0,215	0,263	0,301	0,341	0,400	0,489	0,546	0,624	0,715	0,804	1,005	1,157	1,292	1,414	1,526
50,00	45,1	92,0	276	598	1008	1664	3138	7025	11012	18964	33221	53816	129475	235175	375823	551146	764639
	0,141	0,170	0,228	0,278	0,317	0,360	0,423	0,516	0,577	0,659	0,755	0,848	1,059	1,219	1,362	1,490	1,609
55,00	47,5	96,5	290	629	1059	1748	3296	7377	11563	19910	34875	56489	135794	246654	394166	578046	801961
	0,148	0,179	0,239	0,292	0,334	0,379	0,444	0,542	0,605	0,691	0,792	0,890	1,111	1,279	1,428	1,563	1,687
60,00	50,0	101	303	658	1108	1828	3447	7713	12090	20814	36454	59994	141832	257621	411693	603750	837621
	0,155	0,188	0,250	0,306	0,349	0,396	0,464	0,567	0,633	0,723	0,828	0,946	1,160	1,336	1,492	1,632	1,762
65,00	52,0	105	316	686	1155	1906	3592	8036	12595	21681	37969	62444	147623	268141	428504	628402	871823
	0,162	0,196	0,261	0,319	0,364	0,413	0,484	0,590	0,659	0,753	0,863	0,984	1,207	1,390	1,553	1,699	1,834
70,00	54,1	110	329	713	1200	1980	3731	8347	13080	22515	39427	64801	153196	278263	444679	652124	904733
	0,169	0,204	0,272	0,331	0,378	0,429	0,502	0,613	0,685	0,782	0,896	1,021	1,253	1,443	1,611	1,763	1,904
75,00	56,1	114	341	739	1243	2052	3866	8646	13549	23320	41489	67076	158573	288030	460287	675012	936488
	0,175	0,211	0,282	0,343	0,392	0,444	0,521	0,635	0,709	0,810	0,943	1,057	1,297	1,493	1,668	1,825	1,970
80,00	58,1	118	353	764	1286	2121	3996	8936	14002	24098	42849	69276	163774	297476	475382	697150	967201
	0,181	0,219	0,291	0,355	0,405	0,459	0,538	0,657	0,733	0,837	0,973	1,092	1,339	1,542	1,723	1,885	2,035
85,00	60,0	122	364	789	1327	2188	4122	9217	14441	24852	44168	71408	168814	306631	490013	718606	996968
	0,187	0,226	0,301	0,366	0,418	0,474	0,555	0,679	0,756	0,863	1,003	1,125	1,381	1,590	1,776	1,943	2,098
90,00	62,0	125	375	812	1367	2253	4244	9490	14868	25585	45449	73478	173708	315521	504219	739439	1025872
	0,193	0,233	0,310	0,377	0,430	0,488	0,572	0,697	0,778	0,888	1,033	1,158	1,421	1,636	1,827	1,999	2,159
95,00	64,0	129	386	835	1405	2317	4363	9755	15283	26297	46694	75491	178468	324167	518036	759702	1053982
	0,199	0,239	0,318	0,388	0,443	0,502	0,588	0,717	0,800	0,913	1,061	1,190	1,460	1,681	1,877	2,054	2,218
100,00	65,4	132	396	858	1443	2379	4479	10013	15687	27418	47907	77452	183104	332588	531944	779437	1081363
	0,204	0,246	0,327	0,398	0,454	0,515	0,603	0,736	0,821	0,952	1,088	1,221	1,498	1,725	1,926	2,107	2,275
110,00	69,0	139	416	900	1514	2496	4701	10507	16459	28756	50245	81233	192042	348822	557435	817481	1134143
	0,214	0,258	0,343	0,418	0,477	0,541	0,633	0,772	0,862	0,999	1,142	1,280	1,571	1,809	2,020	2,210	2,386
120,00	71,9	145	435	942	1584	2610	4914	10983	17204	30035	52480	84845	200581	364332	582222	853831	1184574
	0,224	0,270	0,359	0,437	0,499	0,565	0,662	0,807	0,901	1,043	1,192	1,337	1,640	1,889	2,110	2,308	2,492
130,00	75,0	152	453	982	1650	2719	5120	11440	18205	31261	54622	88309	208771	379209	605996	888695	1232944
	0,234	0,282	0,374	0,456	0,520	0,589	0,689	0,840	0,953	1,086	1,241	1,392	1,707	1,966	2,196	2,403	2,594
140,00	78,0	158	471	1020	1714	2825	5317	11879	18893	32441	56684	91643	216652	393524	628872	922243	1279486
	0,243	0,295	0,389	0,474	0,540	0,612	0,716	0,873	0,989	1,127	1,288	1,444	1,772	2,040	2,279	2,493	2,692
150,00	81,0	163	488	1057	1776	2926	5507	12303	19556	33580	58674	94859	224256	407336	650944	954612	1324394
	0,252	0,304	0,403	0,491	0,559	0,634	0,742	0,904	1,024	1,166	1,333	1,495	1,834	2,112	2,359	2,581	2,787
160,00	84,0	169	505	1092	1835	3024	5691	12917	20197	34681	60598	97970	231611	420695	672292	985919	1367828
	0,261	0,314	0,417	0,507	0,578	0,655	0,766	0,949	1,057	1,204	1,377	1,544	1,894	2,181	2,436	2,665	2,878

170,00	86,3 0,269	174 0,324	521 0,430	1127 0,523	1893 0,596	3119 0,676	5870 0,790	13315 0,978	20819 1,090	35748 1,241	62463 1,419	100986 1,592	238739 1,953	433642 2,248	692983 2,511	1016262 2,747	1409925 2,967
180,00	89,0 0,278	180 0,334	536 0,443	1160 0,539	1949 0,614	3211 0,696	6043 0,814	13701 1,007	21422 1,121	36785 1,277	64274 1,460	103913 1,638	245660 2,009	446214 2,314	713073 2,584	1045725 2,827	1450801 3,053
190,00	91,5 0,286	185 0,343	552 0,455	1193 0,554	2004 0,631	3301 0,715	6212 0,836	14076 1,034	22009 1,152	37793 1,312	66035 1,500	106760 1,683	252392 2,064	458441 2,377	732613 2,655	1074380 2,905	
200,00	94,0 0,293	190 0,353	566 0,468	1225 0,569	2057 0,648	3389 0,734	6376 0,859	14442 1,061	22581 1,182	38774 1,346	67751 1,539	109534 1,726	258949 2,118	470351 2,439	751645 2,724	1102290 2,980	
220,00	99,0 0,308	199 0,370	594 0,491	1285 0,597	2159 0,680	3556 0,770	6690 0,901	15147 1,113	23683 1,240	40667 1,412	71058 1,614	114880 1,811	271588 2,221	493308 2,558	788332 2,857	1156092 3,125	
240,00	103 0,322	209 0,387	622 0,513	1344 0,624	2257 0,711	3717 0,805	7105 0,957	15820 1,162	24736 1,295	42475 1,475	74217 1,686	119989 1,891	283664 2,320	515244 2,672	823386 2,984		
260,00	108 0,336	217 0,404	648 0,535	1400 0,650	2351 0,741	3872 0,839	7395 0,996	16466 1,210	25746 1,348	44210 1,535	77248 1,755	124888 1,968	295247 2,415	536283 2,781	857008 3,105		
280,00	112 0,349	226 0,420	673 0,555	1454 0,675	2441 0,769	4020 0,871	7674 1,033	17088 1,255	26718 1,399	45879 1,593	80164 1,821	129603 2,043	306392 2,506	556527 2,886			
300,00	116 0,362	234 0,435	697 0,575	1506 0,699	2529 0,797	4164 0,902	7943 1,070	17688 1,299	27656 1,448	47489 1,649	82977 1,885	134152 2,114	317146 2,594	576060 2,987			
320,00	120 0,374	242 0,449	720 0,595	1556 0,723	2613 0,823	4372 0,947	8204 1,105	18268 1,342	28563 1,495	49046 1,703	85699 1,947	138551 2,184	327547 2,679	594952 3,085			
340,00	124 0,386	250 0,464	743 0,614	1605 0,746	2695 0,849	4507 0,976	8457 1,139	18830 1,383	29442 1,541	50556 1,756	88336 2,007	142815 2,251	337628 2,761				
360,00	127 0,398	257 0,478	765 0,632	1653 0,768	2775 0,874	4637 1,005	8702 1,172	19376 1,424	30296 1,586	52021 1,806	90897 2,065	146956 2,316	347416 2,841				
380,00	131 0,409	264 0,491	787 0,649	1699 0,789	2852 0,898	4764 1,032	8940 1,204	19907 1,463	31126 1,629	53447 1,856	93388 2,122	150983 2,380	356936 2,919				
400,00	134 0,420	271 0,504	807 0,667	1744 0,810	2975 0,937	4888 1,059	9172 1,235	20424 1,501	31934 1,672	54835 1,904	95814 2,177	154905 2,441	366209 2,995				
450,00	143 0,446	288 0,535	857 0,707	1850 0,859	3155 0,994	5185 1,123	9729 1,310	21663 1,592	33871 1,773	58162 2,020	101626 2,309	164301 2,589	388423 3,177				
500,00	151 0,471	304 0,565	904 0,747	1952 0,907	3326 1,048	5465 1,184	10255 1,381	22835 1,678	35704 1,869	61308 2,129	107123 2,434	173189 2,730					
550,00	158 0,494	319 0,593	949 0,784	2082 0,967	3488 1,099	5732 1,242	10756 1,448	23949 1,760	37446 1,960	64300 2,233	112352 2,552	181642 2,863					
600,00	166 0,517	334 0,620	992 0,819	2175 1,010	3643 1,148	5987 1,297	11234 1,513	25014 1,838	39111 2,048	67159 2,332	117348 2,666	189719 2,990					
650,00	173 0,539	348 0,646	1033 0,853	2264 1,051	3792 1,194	6231 1,350	11693 1,575	26035 1,913	40708 2,131	69902 2,427	122140 2,775	197466 3,112					
700,00	179 0,560	361 0,671	1073 0,886	2349 1,091	3935 1,240	6466 1,401	12134 1,634	27018 1,985	42245 2,212	72540 2,519	126750 2,880						
750,00	186 0,580	374 0,695	1130 0,933	2431 1,129	4073 1,283	6693 1,450	12560 1,691	27967 2,055	43728 2,289	75087 2,607	131199 2,981						
800,00	192 0,599	387 0,718	1167 0,964	2511 1,166	4207 1,325	6913 1,497	12971 1,747	28884 2,122	45162 2,364	77549 2,693	135502 3,078						
850,00	198 0,618	399 0,741	1203 0,993	2589 1,202	4336 1,366	7126 1,544	13371 1,801	29773 2,187	46552 2,437	79936 2,776							
900,00	204 0,636	411 0,763	1238 1,022	2664 1,237	4462 1,406	7332 1,588	13759 1,853	30636 2,251	47902 2,508	82253 2,856							
950,00	210 0,654	422 0,784	1272 1,050	2736 1,271	4584 1,444	7533 1,632	14136 1,904	31475 2,312	49214 2,576	84507 2,935							

Продолжение табл. II 2

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам стальным электросварным прямошовным (ГОСТ 10704–76*) условным проходом, мм																
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
1000,00	215 0,672	433 0,805	1305 1,077	2808 1,304	4704 1,482	7729 1,674	14503 1,953	32293 2,373	50493 2,643	86702 3,011							
1100,00	226 0,705	455 0,845	1368 1,130	2945 1,368	4933 1,554	8106 1,756	15211 2,048	33869 2,488	52957 2,772								
1200,00	236 0,737	475 0,883	1429 1,180	3076 1,428	5152 1,623	8467 1,834	15887 2,139	35375 2,599	55312 2,896								
1300,00	246 0,768	503 0,935	1488 1,228	3201 1,487	5363 1,689	8812 1,909	16536 2,227	36820 2,705	57570 3,014								
1400,00	255 0,797	522 0,970	1544 1,275	3322 1,543	5565 1,753	9145 1,981	17160 2,311	38210 2,807									
1500,00	264 0,826	540 1,004	1598 1,320	3439 1,597	5761 1,815	9466 2,050	17762 2,392	39551 2,906									
1600,00	273 0,853	558 1,037	1650 1,363	3551 1,649	5950 1,874	9776 2,118	18345 2,470	40848 3,001									
1700,00	282 0,880	575 1,069	1701 1,405	3661 1,700	6133 1,932	10077 2,183	18909 2,546										
1800,00	290 0,906	592 1,100	1751 1,445	3767 1,750	6310 1,988	10369 2,246	19457 2,620										
1900,00	303 0,946	608 1,130	1799 1,485	3870 1,797	6483 2,042	10654 2,308	19991 2,692										
2000,00	311 0,971	624 1,159	1845 1,524	3971 1,844	6652 2,095	10930 2,368	20510 2,762										
2100,00	319 0,995	639 1,188	1891 1,561	4069 1,890	6816 2,147	11200 2,426	21017 2,830										
2200,00	326 1,018	655 1,216	1935 1,598	4164 1,934	6977 2,198	11464 2,483	21511 2,897										
2300,00	333 1,041	669 1,243	1979 1,634	4258 1,978	7133 2,247	11722 2,539	21995 2,962										
2400,00	341 1,064	684 1,270	2021 1,669	4350 2,020	7287 2,295	11974 2,594	22468 3,026										
2500,00	348 1,085	698 1,296	2063 1,703	4439 2,062	7437 2,343	12221 2,647											
2600,00	355 1,107	712 1,322	2104 1,737	4527 2,103	7584 2,389	12463 2,700											
2700,00	361 1,128	725 1,347	2144 1,770	4613 2,143	7729 2,434	12700 2,751											
2800,00	368 1,149	739 1,372	2183 1,803	4698 2,182	7871 2,479	12933 2,801											
2900,00	374 1,169	752 1,396	2222 1,835	4871 2,221	8010 2,523	13162 2,851											
3000,00	381 1,189	764 1,420	2260 1,866	4863 2,259	8147 2,566	13387 2,900											

ТАБЛИЦА II.3

ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ НА МЕСТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДОВ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Скорость движения воды, м/с	Потери давления, Па, при сумме коэффициентов местных сопротивлений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,010	0,05	0,10	0,15	0,19	0,24	0,29	0,34	0,39	0,44	0,49
0,015	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10
0,020	0,19	0,39	0,59	0,78	0,98	1,17	0,37	1,56	1,76	1,96
0,025	0,30	0,61	0,92	1,22	1,53	1,83	2,14	2,44	2,65	3,06
0,030	0,44	0,88	1,32	1,76	2,20	2,64	3,08	3,52	3,96	4,40
0,035	0,60	1,20	1,80	2,39	2,99	3,59	4,19	4,79	5,39	5,99
0,040	0,78	1,56	2,35	3,13	3,91	4,69	5,48	6,26	7,04	7,82
0,045	0,99	1,98	2,97	3,96	4,95	5,94	6,93	7,92	8,91	9,90
0,050	1,22	2,24	3,67	4,89	6,11	7,33	8,56	9,78	11,0	12,2
0,055	1,48	2,96	4,44	5,92	7,39	8,87	10,4	11,8	13,3	14,8
0,060	1,76	3,52	5,28	7,04	8,80	10,6	12,3	14,1	15,8	17,6
0,065	2,06	4,13	6,19	8,26	10,33	12,4	14,5	16,5	18,6	20,7
0,070	2,39	4,79	7,18	9,58	12,0	14,4	16,8	19,1	21,6	24,0
0,075	2,75	5,50	8,25	10,1	13,7	16,5	19,2	22,0	24,7	27,5
0,080	3,13	6,26	9,39	12,5	15,6	18,8	21,9	25,0	28,2	31,5
0,085	3,53	7,06	12,6	14,1	17,7	21,2	24,7	28,3	31,8	35,3
0,090	3,96	7,92	11,8	15,8	19,8	23,8	27,7	31,7	35,6	39,6
0,095	4,41	8,82	13,2	17,6	22,1	26,5	30,9	35,3	39,7	44,1
0,10	4,89	9,78	14,7	19,6	24,4	29,3	34,2	39,1	44,0	48,9
0,105	5,39	10,8	16,2	21,6	26,9	32,3	37,7	43,1	48,5	53,9
0,110	5,91	11,8	17,7	23,7	29,6	35,5	41,4	47,3	53,2	59,2
0,115	6,46	12,9	19,4	25,9	32,3	38,8	45,3	51,7	58,2	64,7
0,120	7,04	14,1	21,1	28,2	35,2	42,2	49,3	56,3	63,4	70,4
0,125	7,64	15,3	22,9	30,0	38,2	45,8	53,5	61,1	74,3	82,6
0,130	8,26	16,5	24,8	33,0	41,3	49,6	57,8	66,1	74,3	82,6
0,135	8,91	17,8	26,7	35,6	44,5	53,5	62,4	71,3	80,2	89,1
0,140	9,58	19,2	28,7	38,3	47,9	57,5	67,1	76,7	86,2	95,8
0,145	10,3	20,6	30,8	41,1	51,4	61,7	71,9	82,2	92,5	102
0,150	11,7	23,5	35,2	47,0	58,7	70,5	82,2	94,0	105	117
0,155	11,7	23,5	35,2	47,0	58,7	70,5	82,2	94,0	105	117
0,160	12,5	25,0	37,5	50,1	62,6	75,1	87,6	100	113	125
0,165	13,3	26,6	40,0	53,2	66,5	79,9	93,2	106	120	133
0,170	14,1	28,3	42,4	56,5	70,6	84,8	98,9	113	127	141
0,175	15,0	30,0	45,0	60,0	75,0	90,0	104	120	135	150
0,180	16,7	33,5	50,2	67,0	83,7	100	117	133	150	167
0,185	15,8	31,7	47,5	63,4	89,2	95,0	111	127	143	158
0,190	17,6	35,3	53,0	70,6	88,2	105	123	141	159	176
0,195	18,6	37,2	55,8	74,3	93,0	111	130	148	167	186
0,200	19,6	39,1	58,7	78,2	97,8	117	136	156	176	195
0,205	20,5	41,1	61,6	82,2	102	123	143	164	184	205
0,210	21,6	43,1	64,7	86,2	107	129	151	172	194	215
0,215	22,6	45,2	67,8	90,6	112	135	158	180	203	226
0,220	23,7	47,5	71,0	94,6	118	142	166	189	213	237
0,225	24,7	49,5	74,2	99,0	123	148	173	198	223	247
0,230	25,9	51,7	77,6	103	129	155	181	207	233	259

Продолжение табл. II.3

Скорость движения воды, м/с	Потери давления, Па, при сумме коэффициентов местных сопротивлений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,235	27,0	54,0	81,0	107	135	162	189	216	243	270
0,240	28,1	56,3	84,5	112	141	169	197	225	253	281
0,245	29,3	58,7	88,0	117	147	176	205	235	265	293
0,250	30,5	61,1	91,7	122	152	183	214	244	275	305
0,255	31,8	63,6	95,4	127	159	191	222	254	286	318
0,260	33,0	66,1	99,1	132	165	198	231	264	297	330
0,265	34,3	68,6	103	137	172	206	240	275	309	343
0,270	35,6	71,3	106	142	178	214	249	285	321	356
0,275	37,0	74,0	110	148	185	221	259	296	333	370
0,280	38,3	76,6	115	153	192	230	268	307	345	383
0,285	39,7	79,4	119	159	198	238	278	318	357	397
0,290	41,1	82,2	123	164	205	247	288	329	370	411
0,295	42,5	85,1	128	170	213	255	298	340	383	425
0,300	44,0	88,0	132	176	220	264	308	352	396	440
0,305	45,5	90,9	136	182	227	273	318	364	409	455
0,310	47,0	94,0	140	188	235	282	329	375	423	470
0,315	48,5	97,0	145	194	242	291	339	388	436	485
0,320	50,0	100	150	200	250	300	350	400	450	500
0,325	51,6	103	155	206	258	310	361	413	465	516
0,330	53,2	106	159	213	266	319	373	426	479	532
0,335	54,9	109	164	219	274	329	384	439	494	549
0,340	56,5	113	169	226	282	339	395	452	508	565
0,345	58,2	116	174	232	291	349	407	465	524	582
0,350	59,9	120	180	239	299	359	419	479	539	599
0,355	61,6	123	184	246	308	369	413	493	554	616
0,360	63,3	127	190	253	317	380	443	507	570	633
0,365	65,1	130	195	260	325	391	456	521	586	651
0,370	66,9	134	201	268	335	401	468	535	602	669
0,375	68,7	137	206	275	344	412	481	550	619	687
0,380	70,6	141	212	282	353	423	494	565	635	706
0,385	72,5	145	217	290	362	435	507	580	652	724
0,390	74,3	149	223	297	371	446	520	595	669	743
0,395	76,3	152	229	305	381	458	534	610	686	763
0,400	78,2	156	234	313	391	469	547	626	704	782
0,405	80,1	160	240	321	401	481	561	641	722	802
0,410	82,2	164	246	328	411	493	575	657	739	822
0,415	84,2	168	252	337	412	505	589	673	758	842
0,420	86,2	172	259	345	431	517	604	690	776	862
0,425	88,3	176	265	353	441	530	618	706	795	883
0,430	90,4	181	271	361	452	542	633	723	813	904
0,435	92,5	185	277	370	462	555	647	740	832	925
0,440	94,6	189	284	378	473	568	662	757	852	946
0,445	96,8	194	290	387	484	581	678	774	871	968
0,450	99,0	198	297	396	495	594	693	792	891	990
0,455	101	202	303	404	506	607	708	809	911	1012
0,460	103	207	310	414	517	621	724	827	931	1034
0,465	105	211	317	423	528	634	740	846	951	1057
0,470	107	216	324	431	540	648	756	864	972	1080

Продолжение табл. II.3

Скорость движения воды, м/с	Потери давления, Па, при сумме коэффициентов местных сопротивлений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,475	110	220	331	441	551	662	772	882	993	1103
0,480	112	225	338	450	563	670	788	901	1014	1126
0,485	115	230	345	460	575	690	805	920	1035	1150
0,490	117	235	352	469	587	704	821	939	1056	1174
0,495	120	239	359	479	599	719	838	958	1078	1197
0,500	122	244	367	489	611	733	855	978	1100	1222
0,51	127	254	381	509	636	763	890	1017	1144	1271
0,52	132	264	397	529	661	793	925	1057	1189	1322
0,53	137	275	412	549	687	824	961	1098	1236	1373
0,54	142	285	427	570	713	855	998	1140	1283	1425
0,55	148	296	444	591	739	887	1035	1183	1331	1479
0,56	153	306	460	613	766	919	1073	1226	1380	1533
0,57	159	318	476	635	794	963	1111	1271	1429	1588
0,58	164	329	493	658	822	987	1151	1316	1480	1644
0,59	170	340	510	681	851	1021	1191	1361	1531	1701
0,60	176	352	528	704	880	1056	1232	1408	1584	1760
0,61	182	364	545	728	909	1091	1273	1455	1637	1819
0,62	188	376	564	752	940	1127	1315	1503	1691	1879
0,63	194	388	582	776	970	1164	1358	1552	1746	1940
0,64	200	400	600	801	1001	1201	1401	1602	1802	2002
0,65	206	413	619	826	1032	1239	1445	1652	1859	2065
0,66	213	426	639	852	1065	1278	1491	1703	1916	2129
0,67	219	439	658	878	1097	1316	1536	1775	1975	2194
0,68	226	452	678	904	1130	1356	1582	1808	2034	2260
0,69	233	465	698	931	1164	1396	1629	1862	2095	2327
0,70	239	479	719	958	1198	1437	1677	1916	2156	2395
0,71	246	493	739	985	1232	1478	1725	1971	2218	2464
0,72	253	507	760	1014	1267	1520	1774	2027	2281	2534
0,73	260	521	781	1042	1302	1563	1824	2084	2344	2605
0,74	268	535	803	1071	1338	1606	1873	2141	2409	2677
0,75	275	550	825	1100	1375	1650	1925	2200	2475	2750
0,76	282	564	847	1129	1412	1694	1976	2259	2541	2823
0,77	290	580	869	1159	1449	1739	2029	2319	2609	2898
0,78	297	594	892	1190	1487	1784	2082	2379	2676	2974
0,79	305	610	915	1220	1525	1830	2136	2441	2746	3051
0,80	313	626	939	1251	1564	1877	2190	2503	2816	3129
0,85	353	706	1059	1413	1766	2119	2472	2826	3179	3532
0,90	396	792	1188	1584	1980	2376	2772	3168	3564	3960
0,95	441	882	1323	1765	2226	2647	3088	3529	3971	4412
1,00	489	978	1466	1955	2444	2933	3422	3911	4400	4888
1,05	539	1078	1617	2156	2695	3234	3773	4311	4850	5390
1,10	592	1183	1775	2366	2958	3549	4141	4732	5324	5915
1,15	646	1293	1939	2586	3232	3879	4526	5172	5818	6465
1,20	704	1408	2112	2816	3520	4224	4928	5631	6335	7039
1,25	764	1528	2292	3055	3819	4583	5347	6111	6874	7638
1,30	826	1652	2478	3304	4131	4957	5783	6609	7435	8261
1,35	891	1782	2673	3564	4455	5346	6237	7127	8018	8909

Продолжение табл. 11.3

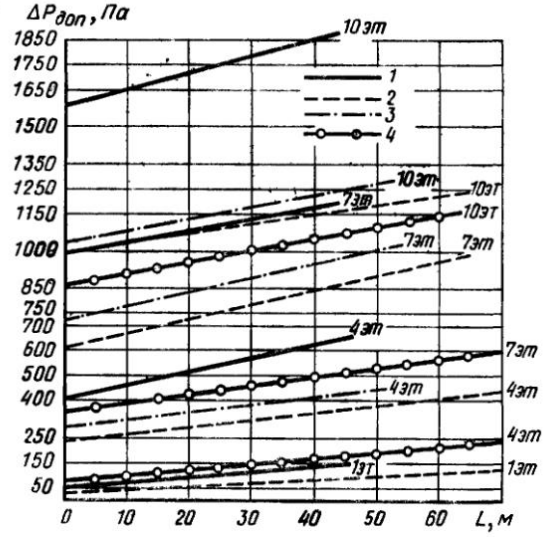
Скорость движения воды, м/с	Потери давления, Па, при сумме коэффициентов местных сопротивлений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,40	958	1916	2874	3832	4791	5749	6707	7665	8623	9581
1,45	1028	2056	3083	4111	5139	6167	7194	8222	9250	10278
1,50	1100	2200	3300	4400	5500	6600	7700	8800	9900	10999
1,55	1174	2349	3523	4698	5872	7047	8221	9396	10570	11744
1,60	1251	2503	3754	5006	6257	7509	8760	10011	11263	12514
1,65	1331	2662	3993	5324	6654	7985	9316	10647	11978	13309
1,70	1413	2826	4238	5651	7064	8477	9889	11302	12715	14127
1,75	1497	2994	4491	5988	7485	8982	10480	11977	13473	14971
1,80	1583	3167	4751	6335	7919	9503	11087	12671	14254	15838
1,85	1673	3346	5019	6692	8365	10038	11711	13384	15058	16731
1,90	1764	3529	5294	7060	8824	10588	12353	14118	15883	17647
1,95	1859	3718	5577	7435	9294	11153	13012	14870	16730	18588
2,00	1955	3911	5866	7821	9777	11732	13687	15643	17598	19554
2,05	2054	4109	6163	8218	10272	12326	14381	16435	18489	20544
2,10	2156	4312	6467	8623	10779	12935	15090	17247	19402	21558
2,15	2260	4619	6779	9039	11298	13558	15818	18078	20337	22597
2,20	2366	4732	7098	9464	11830	14196	16562	18928	21294	23660
2,25	2475	4950	7424	9899	12374	14848	17324	19798	22273	24748
2,30	2586	5172	7758	10344	12930	15516	18102	20688	23274	25860
2,35	2700	5399	8099	10798	13498	16198	18897	21597	24297	26997
2,40	2816	5641	8447	11263	14079	16895	19710	22526	25342	28158
2,45	2934	5868	8803	11737	14672	17606	20540	23475	26409	29343
2,50	3055	6111	9165	12212	15276	18331	21387	24442	27498	30553
2,55	3179	6357	9536	12715	15894	19072	22251	25430	28608	31787
2,60	3305	6609	9914	13218	16523	19827	23132	26437	29741	33046
2,65	3433	6866	10299	13731	17164	20597	24031	27464	30896	34329
2,70	3564	7127	10691	14254	17818	21382	24946	28510	32073	35637
2,75	3697	7394	11091	14788	18485	22182	25878	29565	33272	36969
2,80	3833	7665	11498	15330	19163	22996	26828	30661	34493	38325
2,85	3971	7941	11912	15883	19853	23824	27794	31765	35736	39706
2,90	4111	8222	12333	16444	20556	24667	28778	32889	37001	41112
2,95	4254	8508	12763	17017	21271	25525	29779	34034	38288	42542
3,00	4399	8799	13199	17599	21998	26397	30797	35197	39596	43996

Рис. II.1. График для определения дополнительных давлений за счет охлаждения воды в трубах

1 и *2* двухтрубная система с естественной и искусственной циркуляцией, *3* и *4* – однотрубная система с естественной и искусственной циркуляцией (*L*-горизонтальное расстояние от главного стояка до расчетного)

Примечания 1 График составлен для открытой прокладки стояков при изолированных магистральных трубопроводах

2. При прокладке стояков в бороздах без изоляции вводят поправочный коэффициент 0,75, при прокладке стояков в бороздах с изоляцией дополнительное давление, образующееся вследствие охлаждения воды, не учитывают



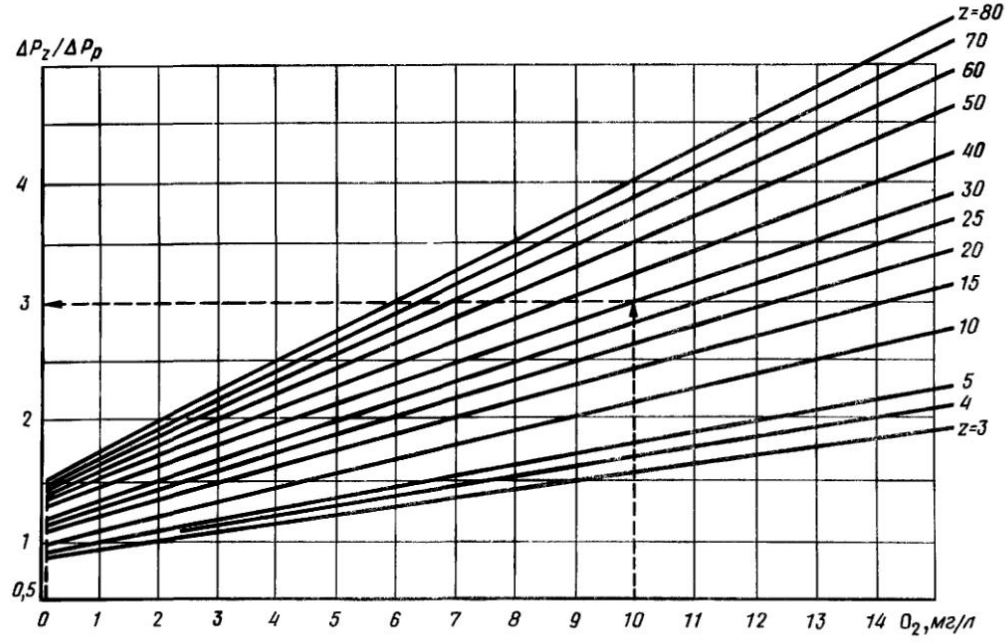


Рис II.2. Номограмма прогнозирования изменения потерь давления в зависимости от срока эксплуатации и содержания кислорода в теплоносителе системы водяного отопления

$\Delta p_р$ и Δp_z – расчетные и через 7 лет эксплуатации потери давления в системе отопления, Па, O_2 – содержание кислорода в теплосистеме (воде), мг/л, z срок эксплуатации системы отопления, лет

РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ ПАРОВОГО

Потери давления на трение на 1 м, Па	Тепловой поток, Вт, (верхняя строка), и скорость движения									
	стальным водогазопроводным обыкновенным (ГОСТ 3262 75*) условным проходом, мм							стальным электросварным		
	10	15	20	25	32	40	50	10	15	20
4,0	230	566	1243	2181	4721	6782	13653	122	354	1219
	1,29	2,05	2,47	2,66	3,27	3,61	4,35	0,94	1,62	2,47
4,5	258	637	1295	2328	5032	7229	14516	137	399	1269
	1,46	2,31	2,58	2,83	3,49	3,85	4,62	1,05	1,82	2,57
5	287	695	1349	2471	5337	7664	15304	153	443	1320
	1,62	2,52	2,68	3,01	3,7	4,08	4,87	1,17	2,02	2,67
5,5	316	720	1330	2607	5599	8038	16123	168	487	1374
	1,78	2,61	2,65	3,17	3,88	4,28	5,13	1,29	2,22	2 79
6	345	746	1393	2724	5876	8433	16907	183	532	1361
	1,94	2,70	2,77	3,32	4,08	4,49	5,38	1,41	2,42	2,76
6,5	374	769	1450	2849	6141	8812	17659	199	576	1413
	2,11	2,79	2,89	3,47	4,26	4,68	5,62	1,52	2,63	2,87
7	403	790	1512	2969	6397	9177	18384	214	612	1473
	2,27	2,87	3,01	3,62	4,44	4,88	5,85	1,64	2,79	2,99
7,5	431	810	1572	3085	6644	9529	19083	229	623	1532
	2,43	2,94	3,13	3,76	4,61	5,07	6,07	1,76	2,84	3,11
8	460	829	1630	3197	6883	9871	19760	244	640	1588
	2,59	3,0	3,24	3,89	4,77	5,25	6,28	1,87	2,92	3,22
8,5	488	846	1686	3306	7115	10202	20417	259	656	1643
	2,75	3,07	3,35	4,02	4,93	5,42	6,49	1,99	2,99	3,33
9	517	863	1741	3413	7341	10524	21055	274	671	1696
	2,91	3,13	3,46	4,15	5,09	5,59	6,70	2,10	3,06	3,43
9,5	544	879	1794	3516	7560	10837	21676	290	685	1748
	3,06	3,19	3,57	4,28	5,24	5,76	6,89	2,22	3,12	3,54
10	546	895	1846	3617	7774	11142	22281	305	698	1799
	3,08	3,24	3,67	4,40	5,39	5,92	7,09	2,34	3,18	3,64
11	569	925	1942	3802	8171	11709	23410	335	723	1892
	3,20	3,35	3,86	4,62	5,66	6,22	7,45	2,58	3,29	3,83
12	590	956	2038	3989	8567	12274	24529	366	745	1986
	3,23	3,46	4,05	4,85	5,94	6,52	7,80	2,80	3,40	4,02
13	608	987	2131	4168	8948	12817	25603	397	766	2076
	3,42	3,58	4,23	5,07	6,20	6,81	8,14	3,04	3,49	4,20
14	625	975	2220	4341	9314	13339	26637	427	786	2163
	3,52	3,53	4,41	5,28	6,46	7,09	8,47	3,27	3,58	4,38
15	641	1010	2306	4507	9668	13843	27635	458	805	2247
	3,61	3,66	4,58	5,48	6,70	7,36	8,79	3,51	3,67	4,55
16	656	1047	2389	4669	10010	14331	28601	461	824	2328
	3,69	3,79	4,75	5,68	6,94	7,62	9,10	3,54	3,76	4,72
17	670	1083	2470	4825	10342	14804	29538	474	843	2407
	3,77	3,93	4,91	5,87	7,17	7,87	9,40	3,63	3,84	4,88
18	684	1118	2549	4977	10664	15263	30447	485	862	2484
	3,85	4,05	5,07	6,06	7,39	8,11	9,69	3,72	3,93	5,03
19	697	1152	2625	5125	10978	15710	31332	496	882	2558
	3,92	4,18	5,22	6,24	7,61	8,35	9,97	3,80	4,02	5,18
20	709	1185	2700	5269	11284	16146	32194	506	904	2631
	3,99	4,30	5,37	6,41	7,82	8,58	10,2	3,88	4,12	5,33
22	734	1246	2838	5537	11855	16961	33813	525	912	2766
	4,13	4,52	5,64	6,74	8,22	9,02	10,7	4,02	4,16	5,60
24	758	1308	2976	5804	12420	17760	35406	542	954	2900
	4,27	4,74	5,92	7,06	8,61	9,45	11,2	4,15	4,35	5,88
26	784	1367	3109	6060	12963	18539	36934	558	997	3029
	4,41	4,95	6,18	7,37	8,99	9,86	11,7	4,27	4,57	6,14
28	780	1424	3236	6307	13485	19283	38405	572	1039	3154
	4,39	5,16	6,43	7,67	9,35	10,2	12,2	4,38	4,74	6,39
30	807	1479	3360	6545	13989	20001	39825	586	1079	3274
	4,54	5,36	6,68	7,96	9,70	10,6	12,6	4,49	4,92	6,63

ТАБЛИЦА II.4

ОТОПЛЕНИЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ $K_{\text{э}} = 0{,}2$ мм

пара, м/с (нижняя строка), по трубам

прямошовным (ГОСТ 10704–76*) условным проходом, мм

25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
2391	4066	6782	12982	29342	46337	80363	141823	230433	552956
2,73	3,15	3,61	4,29	5,29	5,96	6,85	7,91	8,9	11,1
2547	4337	7229	13786	31099	49061	85075	150014	244263	583971
2,90	3,35	3,85	4,56	5,61	6,31	7,25	8,37	9,45	11,7
2703	4600	7664	14535	32931	57934	90024	158686	258310	617271
3,08	3,56	4,08	4,81	5,94	6,68	7,68	8,85	9,99	12,3
2852	4827	8038	15314	34675	54669	94734	166936	271673	648949
3,25	3,73	4,28	5,06	6,26	7,03	8,08	9,31	10,5	13,0
2979	5066	8433	16059	36343	57284	99237	174823	284447	679223
3,4	3,92	4,49	5,31	6,56	7,36	8,46	9,75	11,0	13.6
3116	5296	8812	16774	37944	59794	103558	182391	296702	708265
3,55	4,10	4,69	5,55	6,85	7,69	8,83	10,1	11,5	14,2
3247	5517	9177	17462	39486	62210	107717	189675	308497	736214
3,7	4,27	4,88	5,77	7,12	8,0	9,18	10,6	11,9	14,7
3374	5730	9530	18127	40974	64543	111732	196705	319881	763188
3,85	4,43	5,07	5,99	7,39	8,29	9,53	10,9	12,4	15,3
3496	5937	9871	18770	42414	66799	115617	203507	330894	789277
3,98	4,59	5,25	6,2	7,65	8,58	9,85	11,3	12,8	15,8
3615	6137	10202	19395	43810	68988	119384	210101	341571	814568
4,12	4,74	5,42	6,41	7,90	8,86	10,1	11,7	13,2	16,3
3731	6332	10524	20001	45167	71114	123042	216506	351940	839131
4,25	4,89	5,59	6,61	8,14	9,14	10,4	12,0	13,6	16,8
3844	6522	10837	20591	46487	73182	126602	222737	362027	863023
4,38	5,04	5,76	6,80	8,38	9,40	10,7	12,4	14,0	17,3
3954	6707	11142	21167	47774	75198	130070	228808	371854	886297
4,50	5,18	5,92	6,99	8,61	9,66	11,0	12,7	14,3	17,7
4157	7050	11709	22239	50183	78980	136593	240253	390416	930390
4,74	5,45	6,22	7,35	9,05	10,1	11,6	13,4	15,1	18,6
4360	7393	12274	23303	52561	82704	142999	251462	408556	973336
4,97	5,71	6,52	7,70	9,48	10,6	12,1	14,0	15,8	19,5
4556	7722	12817	24324	54842	86277	149145	262215	425957	1014529
5,19	5,97	6,81	8,04	9,89	11,0	12,7	14,6	16,4	20,3
4744	8038	13339	25307	57038	89716	155059	272562	442702	1054167
5,41	6,21	7,09	8,36	10,2	11,5	13,2	15,2	17,1	21,1
4926	8344	13843	26256	59158	93035	160767	282548	458861	1092414
5,61	6,45	7,36	8,68	10,6	11,9	13,7	15,7	17,7	21,9
5102	8640	14331	27174	61209	96246	166288	292207	474490	1129409
5,81	6,68	7,62	8,98	11,0	12,3	14,1	16,3	18,3	22,6
5273	8927	14804	28065	63197	99359	171641	301571	489640	1165265
6,01	6,90	7,87	9,28	11,4	12,7	14,6	16,8	18,9	23,4
5439	9206	15263	28929	65128	102382	176839	310663	504352	1200084
6,20	7,12	8,11	9,56	11,7	13,1	15,0	17,3	19,5	24,1
5601	9478	15710	29771	67007	105325	181895	319508	518662	1233949
6,38	7,33	8,35	9,84	12,0	13,5	15,5	17,8	20,0	24,7
5758	9742	16146	30590	68837	108188	186821	328123	532602	1266936
6,56	7,57	8,58	10,1	12,4	13,9	15,9	18,3	20.6	25,4
6051	10235	16961	32129	72284	113595	196135	344446	559051	1329682
6,90	7,91	9,02	10,6	13,0	14,6	16,7	19,2	21,6	26,7
6342	10725	17766	33643	75664	118884	205226	360343	584766	1390520
7,23	8,29	9,45	11,1	13,6	15,2	17,5	20,1	22,6	27,9
6621	11194	18539	35096	78905	123958	213946	375591	609430	1448867
7,55	8,65	9,86	11,6	14,2	15,9	18,2	20,9	23,5	29.0
6890	11646	19283	36495	82025	128840	222336	390262	633162	1505008
7,85	9,00	10,2	12,0	14,7	16,5	18,9	21,7	24,5	30,2
7150	12082	20001	37844	85036	133551	230433	404419	656060	1559177
8,15	9,34	10,6	12,5	15,3	17,1	19,6	22,5	25,3	31,3

Потери давления на трение на 1 м, Па	Тепловой поток, Вт, (верхняя строка), и скорость движения									
	стальным водогазопроводным обыкновенным (ГОСТ 3262 75*) условным проходом, мм							стальным электросварным		
	10	15	20	25	32	40	50	10	15	20
32	837	1532	3479	6775	14477	20695	41198	599	1118	3390
	4,71	5,55	6,92	8,24	10,0	11,0	13,1	4,59	5,10	6,87
34	865	1583	3595	6998	14949	21368	42529	612	1156	3503
	4,87	5,74	7,15	8,52	10,3	11,3	13,5	4,69	5,27	7,10
36	893	1634	3707	7215	15409	22022	43822	625	1193	3613
	5,03	5,92	7,37	8,78	10,6	11,7	13,9	4,79	5,44	7,32
38	920	1682	3817	7426	15855	22658	45079	638	1229	3719
	5,18	6,10	7,59	9,04	10,9	12,0	14,3	4,89	5,60	7,54
40	946	1730	3923	7632	16291	23278	46304	651	1264	3823
	5,33	6,27	7,80	9,29	11,3	12,3	14,7	4,99	5,76	7,75
45	1011	1839	4169	8107	17302	24721	49166	663	1343	4062
	5,69	6,67	8,29	9,87	12,0	13,1	15,6	5,08	6,13	8,23
50	1066	1947	4411	8575	18292	26130	51951	697	1423	4299
	6,00	7,06	8,77	10,4	12,6	13,8	16,5	5,34	6,49	8,71
55	1123	2050	4642	9020	19234	27471	54599	735	1499	4524
	6,32	7,43	9,23	10,9	13,3	14,6	17,3	5,63	6,84	9,17
60	1177	2149	4863	9446	20134	28752	57129	771	1571	4740
	6,63	7,79	9,67	11,5	13,9	15,2	18,1	5,91	7,16	9,61
65	1230	2244	5075	9854	20997	29980	59556	805	1641	4946
	6,92	8,13	10,0	11,9	14,5	15,9	18,9	6,17	7,48	10,0
70	1280	2335	5279	10247	21827	31162	61891	838	1708	5145
	7,21	8,47	10,5	12,4	15,1	16,5	19,6	6,42	7,79	10,4
75	1329	2423	5475	10626	22629	32303	64144	870	1772	5337
	7,48	8,78	10,8	12,9	15,6	17,1	20,4	6,67	8,08	10,8
80	1376	2508	5666	10993	23404	33406	66324	901	1835	5522
	7,74	9,09	11,2	13,3	16,2	17,7	21,1	6,91	8,37	11,1
85	1421	2590	5850	11348	24156	34476	68436	931	1895	5702
	8,00	9,39	11,6	13,8	16,7	18,3	21,7	7,14	8,64	11,5
90	1466	2670	6029	11693	24885	35514	70487	961	1954	5877
	8,25	9,68	11,9	14,2	17,2	18,8	22,4	7,36	8,91	11,9
95	1509	2748	6204	12029	25595	36524	72482	989	2011	6047
	8,49	9,97	12,3	14,6	17,7	19,4	23,0	7,58	9,17	12,2
100	1551	2824	6373	12356	26287	37508	74425	1017	2067	6212
	8,73	10,2	12,6	15,0	18,2	19,9	23,6	7,79	9,43	12,5
110	1629	2966	6693	12973	27595	39373	78116	1068	2172	6524
	9,17	10,7	13,7	15,7	19,1	20,9	24,8	8,19	9,90	13,2
120	1707	3107	7006	13577	28871	41188	81700	1120	2275	6829
	9,61	11,2	13,9	16,5	20,0	21,9	26,0	8,58	10,3	13,8
130	1781	3241	7307	14156	30095	42929	85137	1169	2374	7123
	10,0	11,7	14,5	17,2	20,8	22,8	27,0	8,96	10,8	14,4
140	1853	3371	7597	14713	31272	44604	88445	1216	2469	7405
	10,4	12,2	15,1	17,9	21,6	23,7	28,1	9,32	11,2	15,0
150	1922	3496	7876	15251	32408	46221	91636	1262	2561	7677
	10,8	12,6	15,6	18,5	22,4	24,5	29,1	9,67	11,6	15,6
160	1989	3617	8146	15771	33507	47784	94722	1306	2650	7940
	11,2	13,1	16,2	19,2	23,2	25,4	30,1	10,0	12,0	16,0
170	2054	3734	8408	16275	34572	49299	97713	1349	2736	8196
	11,5	13,5	16,7	19,8	23,9	26,2	31,1	10,3	12,4	16,6
180	2117	3848	8662	16764	35606	50770	100617	1391	2819	8444
	11,9	13,9	17,2	20,4	24,7	27,0	32,0	10,6	12,8	17,1
190	2178	3958	8909	17241	36611	52200	103441	1431	2901	8685
	12,2	14,3	17,7	20,9	25,3	27,7	32,9	10,9	13,2	17,6
200	2238	4066	9150	17704	37591	53594	106193	1470	2980	8919
	12,6	14,7	18,2	21,5	26,0	28,5	33,8	11,2	13,5	18,0
220	2350	4269	9606	18584	39453	56246	111438	1544	3129	9364
	13,2	15,4	19,1	22,6	27,3	29,9	35,4	11,8	14,2	18,9

Продолжение табл. II.4

пара, м/с (нижняя строка), по трубам

прямошовным (ГОСТ 10704–76*) условным проходом, мм

25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
7401	12504	20695	39150	87948	138108	238264	418112	678207	1611566
8,44	9,67	11,0	12,9	15,8	17,7	20,3	23,3	26,2	32,3
7645	12913	21368	40415	90771	142525	245855	431383	699673	1662343
8,71	9,98	11,3	13,3	16,3	18,3	20,9	24,0	27,0	33,3
7882	13310	22022	41644	93512	146815	253225	444270	720516	1711648
8,98	10,2	11,7	13,7	16,8	18,8	21,5	24,7	27,8	34,4
8112	13696	22658	42840	96179	150987	260395	456804	740788	1759599
9,25	10,5	12,0	14,1	17,3	19,4	22,2	25,4	28,6	35,3
8336	14073	23278	44005	98776	155051	267378	469013	760534	1806305
9,50	10,8	12,3	14,5	17,8	19,9	22,7	26,1	29,4	36,2
8855	14947	24721	46725	104865	164596	283813	497800	807163	1916856
10,0	11,5	13,1	15,4	18,9	21,1	24,1	27,7	31,2	38,4
9366	15804	26130	49373	110767	173827	299669	525515	851979	2022832
10,6	12,2	13,8	16,3	19,9	22,3	25,5	29,3	32,9	40,6
9852	16619	27471	51890	116379	182606	314749	551872	894598	2123611
11,2	12,8	14,6	17,1	20,9	23,4	26,8	30,7	34,6	42,6
10316	17397	28752	54296	121740	190992	329155	577052	935315	2219893
11,7	13,4	15,2	17,9	21,9	24,5	28,0	32,1	36,1	44,5
10761	18144	29980	56604	126883	199036	342972	601201	974365	2312230
12,2	14,0	15,9	18,7	22,8	25,5	29,2	33,5	37,7	46,4
11190	18863	31162	58824	131831	206775	356267	624436	1011937	2401074
12,7	14,5	16,5	19,4	23,7	26,5	30,7	34,8	39,1	48,2
11603	19557	32303	60966	136605	214242	369093	646854	1048187	2486792
13,2	15,1	17,1	20,1	24,6	27,5	31,4	36,0	40,5	49,9
12004	20228	33406	63038	141222	221464	381499	668536	1083247	2569692
13,6	15,6	17,8	20,8	25,4	28,4	32,5	37,2	41,9	51,6
12391	20878	34476	65047	145698	228464	393522	689550	1117225	2692374
14,1	16,1	18,3	21,5	26,2	29,3	33,5	38,4	43,2	54,0
12768	21509	35514	66997	150043	235261	405196	709953	1150218	2770432
14,5	16,6	18,8	22,1	27,0	30,2	34,5	39,6	44,5	55,6
13134	21124	36524	68893	154270	241872	416551	729797	1182306	2846348
14,9	17,1	19,4	22,7	27,8	31,0	35,5	40,7	45,7	57,1
13491	22722	37508	70741	158387	248310	427610	749126	1213559	2920290
15,3	17,5	19,9	23,3	28,5	31,9	36,4	41,7	46,9	58,6
14165	23854	39373	74250	166223	260581	448713	786049	1273316	3062829
16,1	18,4	20,9	24,5	29,9	33,4	38,2	43,8	49,2	61,5
14824	24958	41188	77658	173815	272452	469100	821677	1330920	3199019
16,9	19,3	21,9	25,6	31,5	35,0	39,9	45,8	51,5	64,2
15455	26017	42929	80926	181095	283838	488653	855845	1408426	3329645
17,6	20,1	22,8	26,7	32,6	36,4	41,6	47,7	54,5	66,8
16063	27036	44604	84071	188099	294792	507466	888721	1461593	3455335
18,3	20,9	23,7	27,7	33,9	37,8	43,2	49,5	56,5	69,3
16650	28019	46221	87105	194858	305361	525617	920439	1512892	3576612
18,9	21,6	24,5	28,8	35,1	39,2	44,8	51,3	58,5	71,8
17217	28970	47784	90039	201394	315582	543171	966466	1562509	3693910
19,6	22,4	25,4	29,7	36,3	40,5	46,3	53,9	60,4	74,1
17767	29892	49299	92883	207729	325489	560185	996211	1610597	3807594
20,2	23,1	26,2	30,7	37,4	41,8	47,7	55,5	62,3	76,4
18301	30787	50770	95644	213880	335108	576704	1025093	1657290	3917983
20,8	23,8	27,0	31,6	38,5	43,0	49,1	57,1	64,1	78,6
18820	31657	52200	98330	219862	344463	592770	1053183	1702704	4025344
21,4	24,4	27,7	32,5	39,6	44,2	50,5	58,7	65,8	80,8
19326	32505	53594	100946	225689	353575	608418	1080542	1746937	4129916
22,0	25,1	28,5	33,3	40,7	45,4	51,8	60,2	67,6	82,9
20285	34116	56246	105933	236817	370991	648590	1133283	1832204	4331493
23,1	26,3	29,9	35,0	42,7	47,6	55,3	63,2	70,9	86,9

Потери давления на трение на 1 м, Па	Тепловой поток, Вт, (верхняя строка), и скорость движения									
	стальным водогазопроводным обыкновенным (ГОСТ 3262–75*) условным проходом, мм							стальным электросварным		
	10	15	20	25	32	40	50	10	15	20
240	2461	4468	10050	19439	41260	58816	116510	1617	3276	9797
	13,8	16,2	19,9	23,6	28,6	31,2	37,0	12,4	14,9	19,8
260	2567	4659	10477	20259	42992	61281	121371	1687	3416	10213
	14,4	16,9	20,8	24,6	29,8	32,5	38,6	12,9	15,5	20,7
280	2668	4843	10887	21048	44659	63652	126055	1754	3551	10613
	15,0	17,5	21,6	25,6	30,9	33,8	40,1	13,4	16,2	21,5
300	2767	5020	11282	21810	46267	65939	130570	1819	3682	10998
	15,5	18,2	22,4	26,5	32,0	35,0	41,5	13,9	16,7	22,2
320	2862	5192	11665	22546	47822	68152	134937	1882	3808	11372
	16,1	18,8	23,2	27,4	33,1	36,2	42,9	14,4	17,3	23,0
340	2954	5358	12036	23260	49330	70296	139170	1943	3930	11733
	16,6	19,4	23,9	28,3	34,2	37,4	44,3	14,9	17,9	23,8
360	3043	5519	12396	23953	50793	72379	143279	2002	4048	12084
	17,1	20,0	24,7	29,2	35,2	38,5	45,6	15,3	18,5	24,5
380	3130	5676	12747	24627	52217	74404	147276	2059	4164	12426
	17,6	20,6	25,4	30,0	36,2	39,6	46,9	15,8	19,0	25,2
400	3215	5829	13088	25284	53603	76376	151169	2115	4276	12759
	18,1	21,1	26,0	30,8	37,2	40,6	48,1	16,2	19,5	25,8
450	3413	6188	13892	26834	56884	81047	160404	2246	4540	13542
	19,2	22,4	27,6	32,7	39,5	43,1	51,1	17,2	20,7	27,5
500	3606	6535	14666	28324	60030	85522	172008	2373	4796	14298
	20,3	23,7	29,2	34,5	41,6	45,5	54,7	18,1	21,9	28,9

ТАБЛИЦА II.5

ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ НА МЕСТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДОВ ПАРОВОГО ОТОПЛЕНИЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Скорость движения пара, м/с	Потери давления, Па, при сумме коэффициентов местных сопротивлений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3,00	2,9	5,7	8,6	11,4	14,3	17,1	20,0	22,8	25,7	28,5
3,50	3,9	7,8	11,6	15,5	19,4	23,3	27,2	31,1	34,9	38,8
4,00	5,1	10,1	15,2	20,3	25,3	30,4	35,5	40,6	45,6	50,7
4,50	6,4	19,2	19,2	25,7	32,1	38,5	44,9	51,3	57,7	64,2
5.00	7,9	15,8	23,8	31,7	39,6	47,5	55,4	63,4	71,3	79,2
5,50	9,6	19,2	28,8	38,3	47,9	57,5	67,1	76,7	86,3	95,8
6,00	11,4	22,8	34,2	45,6	57,0	68,4	79,8	91,3	103	114
6,50	13,4	26,8	40,2	53,5	66,9	80,3	93,7	107	120	134
7,00	15,5	31,1	46,6	62,1	77,7	93,2	109	124	139	155
7,50	17,8	35,6	53,5	71.3	89,1	107	125	143	160	178
8,00	20,3	40,6	60,8	81,1	101	122	142	162	182	203
8,50	22,9	54,8	68,7	91,6	114	137	160	183	206	229
9,00	25,7	51,3	77,0	103	128	154	179	205	231	257
9,50	28,6	57,2	85,8	114	143	172	200	229	257	286
10,00	31,7	63,4	95,1	127	158	190	222	253	285	317
10,50	34,9	69,9	105	140	175	110	244	279	314	349
11,00	38,3	76,7	115	153	192	230	268	307	345	383
11,50	41,9	83,8	125	168	209	251	293	335	377	419
12,00	45,6	91,3	137	182	228	274	319	365	411	456
12,50	49.5	99,0	148	198	247	297	347	396	446	495
13,00	53,5	107	161	214	268	321	375	428	482	535
13,50	57,7	115	173	231	289	346	404	462	511	577

Продолжение табл II 4

пара, м/с (нижняя строка), по трубам

прямошовным (ГОСТ 10704–76*) условным проходом, мм

25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
21218	35679	58816	110756	247557	387786	677430	1183675	1913674	4524096
24,1	27,5	31,2	36,2	44,6	49,8	57,7	66,0	74,0	90,8
22114	37179	61281	115381	257858	403892	705091	1232008	1991815	4708829
25,2	28,7	32,5	38,1	46,5	51,9	60,1	68,7	77,0	94,5
22974	38622	63652	119831	267768	426123	731708	1278515	2067004	4886585
26 2	29,8	33,8	39,6	48,3	54,7	62,3	71,3	79,9	98,1
23805	40014	65939	124125	277330	441079	757389	1323389	2139553	5058095
27 1	30,9	35,0	41,0	50,0	56,6	64,5	73,8	82,7	101
24608	41360	68152	128277	286578	455544	782229	1366790	2209721	5223976
28,0	31,9	36,2	42,4	51,6	58,5	66,6	76,2	85,5	104
25387	42665	70296	132302	300314	469565	806303	1408855	2277728	5384752
28,9	32,9	37,4	43,7	54,2	60,3	68,7	78,6	88,1	108
26143	43931	72379	136209	309020	483178	829679	1449700	2343763	5540865
29,8	33,9	38,5	45,0	55,7	62,1	70,7	80,9	90,7	111
26878	45164	74404	140010	317488	496418	852414	1489426	2407987	5692699
30,6	34,9	39,6	46,3	57,3	63,8	72,7	83,1	93,2	114
27594	46363	76376	143711	325736	509314	874558	1528118	2470543	5840585
31,5	35,8	40,6	47,5	58,7	65,5	74,6	85,2	95,6	117
29286	49202	81047	152492	345495	540209	927609	1620814	2620406	6194877
33,4	38,0	43,1	50,4	62,3	69,4	79,1	90,4	101	124
30901	51925	85522	163555	364184	569430	977786	1708488	2762149	6529972
35,3	40,1	45,5	54,1	65,7	73,2	83,4	95,3	107	131

Продолжение табл II 5

Скорость движения пара, м/с	Потери давления, Па, при сумме коэффициентов местных сопротивлений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14,00	62,1	124	186	248	310	372	435	497	559	621
14,50	66,6	133	200	266	333	399	466	533	599	666
15,00	71,3	143	214	285	356	428	499	570	642	713
15,50	76,1	152	228	304	381	457	532	609	685	761
16,00	81,1	162	243	324	406	487	568	649	730	811
16,50	86,5	172	259	345	431	517	604	690	776	863
17,00	91,6	183	275	366	458	549	641	733	824	916
17,50	97,0	194	291	388	485	582	670	776	873	970
18,00	103	205	308	410	513	616	719	821	924	1027
18,50	108	217	325	434	542	651	759	867	976	1084
19,00	114	229	343	457	572	686	801	915	1029	1144
19,50	120	241	361	482	602	723	843	964	1084	1205
20,00	127	253	380	507	634	760	887	1014	1141	1267
21,00	140	279	419	559	699	838	978	1118	1258	1397
22,00	153	307	460	613	767	920	1073	1227	1380	1534
23,00	168	335	530	670	838	1006	1173	1341	1509	1676
24,00	183	365	548	730	913	1096	1278	1460	1643	1825
25,00	198	396	594	792	990	1188	1386	1584	1782	1980
26,00	214	428	643	857	1071	1285	1499	1714	1928	2142
27 00	231	462	693	924	1155	1386	1617	1848	2079	2310
28,00	248	497	745	994	1242	1490	1739	1987	2236	2484
29,00	266	533	799	1066	1332	1599	1865	2132	2398	2665
30,00	285	570	855	1141	1426	1711	1996	2281	2566	2852

РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ ПАРОВОГО ОТОПЛЕНИЯ

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящего пара, кг/ч (верхняя строка), и стальным водогазопроводным обыкновенным (ГОСТ 3262–75*) условным проходом, мм						
	10	15	20	25	32	40	50
30	1,7	3,1	7,0	13,5	28,9	41,1	81,8
	3,71	4,37	5,43	6,46	7,85	8,56	10,2
35	1,8	3,3	7,5	14,6	31,1	44,3	88,1
	4,03	4,73	5,85	6,95	8,44	9,24	10,9
40	2,0	3,6	8,1	15,6	33,3	47,6	94,5
	4,33	5,06	6,28	7,46	9,06	9,91	11,8
45	2,1	3,8	8,6	16,6	35,4	50,6	100
	4,59	5,39	6,68	7,94	9,63	10,5	12,5
50	2,2	4,0	9,1	17,6	37,4	53,4	106
	4,86	5,7	7,07	8,39	10,2	11,1	13,2
55	2,3	4,2	9,5	18,5	39,3	56,2	111
	5,12	6,00	7,43	8,82	10,7	11,7	13,9
60	2,4	4,4	10,0	19,4	41,2	58,7	116
	5,36	6,29	7,78	9,23	11,2	12,2	14,5
65	2,5	4,6	10,4	20,2	42,9	61,1	121
	5,6	6,56	8,11	9,63	11,7	12,7	15,2
70	2,6	4,8	10,8	21,0	44,6	63,6	126
	5,82	6,82	8,44	10,0	12,1	13,3	15,7
75	2,7	5,0	11,2	21,7	46,2	65,9	130
	6,04	7,08	8,75	10,3	12,6	13,7	16,3
80	2,8	5,2	11,6	22,5	47,8	68,2	135
	6,25	7,32	9,05	10,7	13,0	14,2	16,9
85	2,9	5,3	12,0	23,2	49,3	70,3	139
	6,46	7,56	9,34	11,1	13,4	14,7	17,4
90	3,0	5,5	12,3	23,9	50,8	72,4	143
	6,65	7,79	9,62	11,4	13,8	15,1	17,9
95	3,1	5,6	12,7	24,6	52,2	74,5	147
	6,85	8,02	9,9	11,7	14,2	15,5	18,4
100	3,2	5,8	13,0	25,3	53,6	76,5	151
	7,04	8,24	10,2	12,0	14,6	15,9	18,9
110	3,3	6,1	13,7	26,5	56,3	80,3	159
	7,39	8,64	10,7	12,6	15,3	16,7	19,8
120	3,5	6,4	14,3	27,7	58,9	83,9	166
	7,73	9,05	11,1	13,2	16,0	17,5	20,7
130	3,7	6,6	14,9	28,9	61,3	87,5	173
	8,07	9,4	11,6	13,8	16,7	18,2	21,6
140	3,8	6,9	15,5	30,0	63,7	90,8	179
	8,39	9,81	12,1	14,3	17,3	18,9	22,4
150	3,9	7,2	16,1	31,1	66,0	94,1	186
	8,70	10,1	12,5	14,8	17,9	19,6	23,2
160	4,1	7,4	16,6	32,2	68,3	97,3	192
	9,0	10,5	12,9	15,3	18,5	20,2	24,0
170	4,2	7,6	17,2	33,2	70,4	100	198
	9,29	10,9	13,4	15,8	19,2	20,9	24,8
180	4,3	7,9	17,7	34,2	72,5	103	204
	9,6	11,2	13,8	16,3	19,7	21,5	25,5
190	4,5	8,1	18,2	35,1	74,5	106	210
	9,8	11,5	14,2	16,7	20,3	22,1	26,2
200	4,6	8,3	18,7	36,1	76,5	109	215
	10,1	11,8	14,6	17,2	20,8	22,7	26,9
220	4,8	8,7	19,6	37,9	80,3	114	226
	10,6	12,4	15,3	18,1	21,8	23,8	28,2
240	5,0	9,1	20,5	39,6	83,9	119	236
	11,1	12,9	15,9	18,9	22,8	24,9	29,5

ТАБЛИЦА II.6

ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ $K_э = 0{,}2$ мм

скорость движения пара, м/с (нижняя строка), по трубам

стальным электросварным прямошовным (10704–76*) условным проходом, мм

10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
1,1	2,2	6,8	14,8	24,9	41,1	77,8	174	273	472	825	1340	3185
3,3	4,0	5,39	6,60	7,53	8,56	10,1	12,3	13,8	15,8	18,0	20,3	25,0
1,2	2,4	7,3	15,9	26,8	44,3	83,8	187	294	507	890	1443	3425
3,58	4,35	5,81	7,11	8,13	9,24	10,8	13,3	14,8	16,9	19,5	21,9	26,9
1,3	2,6	7,8	17,1	28,8	47,6	89,8	201	315	544	953	1545	3667
3,86	4,66	6,23	7,63	8,72	9,91	11,6	14,2	15,9	18,2	20,8	23,4	28,9
1,4	2,8	8,4	18,2	30,6	50,6	95,5	213	335	577	1012	1641	3893
4,09	4,96	6,64	8,12	9,28	10,5	12,4	15,1	16,9	19,3	22,1	24,9	30,6
1,4	2,9	8,8	19,2	32,4	53,4	101	226	354	610	1069	1732	4174
4,34	5,25	7,02	8,58	9,81	11,1	13,1	15,9	17,8	20,3	23,4	26,3	32,8
1,5	3,1	9,3	20,2	34,0	56,2	106	237	372	640	1122	1818	4377
4,57	5,53	7,38	9,02	10,3	11,7	13,7	16,7	18,7	21,4	24,5	27,6	34,5
1,6	3,2	9,7	21,1	35,6	58,7	110	248	389	669	1173	1900	4572
4,8	5,8	7,7	9,44	10,8	12,2	14,4	17,5	19,6	22,4	25,6	28,8	35,9
1,7	3,4	10,2	22,0	37,1	61,2	115	258	405	697	1222	1979	4759
4,99	6,04	8,06	9,85	11,2	12,7	14,9	18,3	20,4	23,3	26,7	30,0	37,5
1,7	3,5	10,6	22,9	38,6	63,6	120	268	420	724	1269	2055	4938
5,2	6,3	8,4	10,2	11,7	13,2	15,5	18,9	21,2	24,2	27,7	31,1	38,9
1,8	3,6	10,9	23,7	40,0	65,9	124	278	435	750	1314	2162	5112
5,4	6,52	8,69	10,6	12,1	13,7	16,1	19,7	21,9	25,1	28,7	32,8	40,2
1,9	3,8	11,3	24,6	41,3	68,2	128	287	450	775	1358	2233	5279
5,59	6,75	8,99	10,9	12,5	14,2	16,6	20,3	22,7	25,9	29,7	33,9	41,5
1,9	3,9	11,7	25,3	42,6	70,3	132	296	464	779	1400	2302	5442
5,8	6,97	9,2	11,3	12,9	14,7	17,2	20,9	23,4	26,7	30,6	34,9	42,8
2,0	4,0	12,0	26,1	43,9	72,4	136	305	478	823	1465	2368	5600
5,95	7,18	9,56	11,7	13,3	15,1	17,7	21,6	24,1	27,5	32,0	35,9	44,1
2,0	4,1	12,4	26,8	45,2	74,5	140	313	491	846	1505	2433	5753
6,12	7,38	9,84	11,9	13,7	15,5	18,2	22,2	24,8	28,3	32,9	36,9	45,2
2,1	4,2	12,7	27,6	46,4	76,5	144	322	505	869	1544	2496	5903
6,3	7,6	10,1	12,3	14,1	15,9	18,7	22,7	25,4	29,0	33,7	37,8	46,4
2,2	4,5	13,4	28,9	48,7	80,3	151	338	529	911	1619	2618	6191
6,61	7,9	10,6	12,9	14,7	16,7	19,6	23,9	26,7	30,4	35,4	39,7	48,7
2,3	4,7	14,0	30,3	50,9	83,9	158	353	553	968	1692	2735	6466
6,92	8,35	11,1	13,5	15,4	17,5	20,5	24,9	27,9	32,4	36,9	41,5	50,9
2,4	4,9	14,6	31,5	53,1	87,5	165	368	576	1007	1761	2846	6730
7,22	8,70	11,6	14,1	16,1	18,2	21,3	26,0	29,0	33,7	38,5	43,2	52,9
2,5	5,1	15,1	32,8	55,1	90,8	171	382	598	1046	1827	2954	6985
7,51	9,05	12,0	14,6	16,7	18,9	22,1	27,0	30,1	34,9	39,9	44,8	54,9
2,6	5,2	15,7	34,0	57,1	94,1	177	396	620	1082	1891	3058	7229
7,79	9,38	12,5	15,2	17,3	19,6	22,9	27,9	31,2	36,1	41,3	46,4	56,9
2,7	5,4	16,2	35,1	59,0	97,3	183	409	651	1118	1953	3158	7466
8,06	9,7	12,9	15,7	17,9	20,3	23,7	28,9	32,8	37,4	42,7	47,9	58,8
2,8	5,6	16,7	36,2	60,9	100	189	422	671	1152	2013	3255	7696
8,31	10,0	13,3	16,2	18,5	20,9	24,5	29,8	33,8	38,5	44,0	49,4	60,6
2,9	5,8	17,2	37,3	62,7	103	194	434	690	1186	2072	3350	7919
8,6	10,3	13,7	16,7	19,0	21,5	25,2	30,7	34,8	39,6	45,3	50,8	62,3
2,9	5,9	17,7	38,4	64,5	106	199	454	709	1218	2128	3441	8136
8,8	10,6	14,1	17,1	19,5	22,1	25,9	32,1	35,7	40,7	46,5	52,2	64,0
3,0	6,1	18,2	39,4	66,2	109	205	465	728	1250	2184	3531	8348
9,06	10,9	14,5	17,6	20,0	22,7	26,6	32,9	36,7	41,7	47,7	53,5	65,7
3,2	6,4	19,1	41,3	69,4	114	215	488	763	1311	2290	3703	8755
9,5	11,4	15,2	18,5	21,0	23,8	27,9	34,5	38,5	43,8	50,1	56,2	68,9
3,3	6,7	20,0	43,2	72,6	119	225	510	797	1369	2392	3868	9144
9,9	11,9	15,9	19,3	22,0	24,9	29,2	36,1	40,1	45,8	52,3	58,6	71,9

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящего пара, кг/ч (верхняя строка), и стальным водогазопроводным обыкновенным (ГОСТ 3262–75*) условным проходом, мм						
	10	15	20	25	32	40	50
260	5,3	9,5	21,4	41,3	87,4	124	246
	11,6	13,5	16,6	19,7	23,8	25,9	30,7
280	5,5	9,9	22,2	42,9	90,8	129	260
	12,0	14,0	17,3	20,4	24,7	26,9	32,5
300	5,7	10,2	23,0	44,4	94,1	134	269
	12,5	14,6	17,9	21,2	25,6	27,9	33,6
320	5,8	10,6	23,8	45,9	97,2	138	278
	12,9	15,1	18,5	21,9	26,4	28,8	34,7
340	6,0	10,9	24,5	47,3	100	142	286
	13,3	15,5	19,1	22,6	27,3	29,7	35,8
360	6,2	11,3	25,2	48,7	103	147	295
	13,7	15,9	19,7	23,2	28,1	30,6	36,8
380	6,4	11,6	26,0	50,1	106	151	303
	14,1	16,5	20,3	23,9	28,8	31,5	37,8
400	6,6	11,9	26,6	51,4	109	158	311
	14,5	16,9	20,8	24,5	29,6	32,8	38,8
450	7,0	12,6	28,3	54,6	115	167	329
	15,4	17,9	22,0	26,0	31,4	34,8	41,1
500	7.4	13,3	29,8	57,6	123	176	347
	16.2	18,9	23,3	27,5	33,7	36,7	43,3
550	7.7	14,0	31,3	60,4	130	185	364
	17,0	19,9	24,4	28,8	35,3	38,5	45,5
600	8,1	14,6	32,8	63,2	136	193	381
	17,8	20,8	25,5	30,1	36,9	40,2	47,5
650	8,4	15,2	34,1	65,8	141	201	396
	18,6	21,6	26,6	31,4	38,4	41,8	49,4
700	8,7	15,8	35,4	69,4	146	208	411
	19,3	22,5	27,6	33,1	39,8	43,4	51,3
750	9,1	16,4	36,7	71,9	152	216	426
	20,0	23,3	28,6	34,3	41,2	44,9	53,1
800	9,4	16,9	37,9	74,2	156	223	439
	20,7	24,1	29,6	35,4	42,6	46,5	54,8
850	9,7	17,5	39,1	76,5	161	229	453
	21,3	24,8	30,5	36,5	43,9	47,9	56,6
900	9,9	18,0	40,3	78,7	166	236	466
	21,9	25,5	31,4	37,5	45,2	49,3	58,2
950	10,2	18,5	42,1	80,9	171	243	479
	22,6	26,3	32,8	38,6	46,4	50,6	59,8
1000	10,5	19,0	43,1	83,0	175	249	492
	23,1	26,9	33,6	39,6	47,6	51,9	61,3
1100	11,0	19,9	45,2	87,0	184	261	515
	24,3	28,3	35,3	41,5	49,9	54,5	64,3
1200	11,5	20,8	47,3	91	192	273	538
	25,4	29,6	36,8	43,3	52,2	56,9	67,2
1300	12,0	21,7	49,2	94,6	199	284	561
	26,5	30,8	38,3	45,1	54,3	59,2	69,9
1400	12,5	22,9	51,0	98,2	207	295	582
	27,5	32,5	39,8	46,8	56,3	61,4	72,6
1500	12,9	23,7	52,8	101	214	305	602
	28,5	33,7	41,2	48,5	58,3	63,6	75,1
1600	13,3	24,5	54,6	105	221	315	622
	29,4	34,7	42,5	50,0	60,2	65,7	77,6
1700	13,7	25,2	56,3	108	228	325	641
	30,3	35,8	43,8	51,6	62,1	67,7	79,9
1800	14,2	25,9	57,9	111	235	334	659
	31,2	36,9	45,1	53,1	63,9	69,6	82,3

Продолжение табл II 6

скорость движения пара, м/с (нижняя строка), по трубам

стальным электросварным прямошовным (10704–76 *) условным проходом мм

10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
3,5	7,0	20,8	45,0	75,6	124	234	530	830	1425	2490	4026	9518
10,4	12,5	16,5	20,1	22,9	25,9	30,4	37,5	41,8	47,6	54,4	61,0	74,9
3,6	7,3	21,6	46,8	78,6	129	247	551	861	1479	2584	4178	9877
10 8	12,9	17,2	20,9	23,8	26,9	32,0	38,9	43,4	49,4	56,5	63,3	77,7
3,7	7,5	22,4	48,4	81,4	134	256	570	891	1531	2675	4324	10224
11,2	13,4	17,8	21,6	24,7	27,9	33,2	40,3	44,9	51,2	58,5	65,6	80,5
3,9	7,8	23,2	50,1	84,1	138	264	589	921	1581	2762	4466	10560
11,6	13,9	18,4	22,4	25,5	28,9	34,3	41,6	46,4	52,8	60,4	67,7	83,1
4,0	8,0	23,9	51,6	86,7	142	272	607	949	1629	2847	4604	10884
11,9	14,3	18,9	23,1	26,3	29,8	35,3	42,9	47,8	54,5	62,2	69,8	85,6
4,1	8,3	24,6	53,2	89,3	147	280	624	976	1677	2930	4737	11200
12,3	14 7	19,6	23,7	27,1	30,6	36,3	44,2	49,2	56,0	64,0	71,8	88,1
4,2	8,5	25,3	54,7	91,8	151	288	642	1003	1723	3010	4867	11507
12,6	15,2	20,1	24,4	27,8	31,5	37,3	45,4	50,5	57,6	65,8	73,8	90,5
4,3	8,7	26,0	56,1	94 2	157	296	658	1029	1767	3088	4993	11806
12,9	15,6	20,6	25,1	28,5	32,8	38,3	46,5	51,8	59,1	67 5	75,7	92,9
4,6	9,3	27,6	59,5	100	167	313	698	1092	1875	3276	5296	12522
13,8	16,6	21,9	26,6	30,3	34,8	40,6	49,3	55,0	62,6	71,6	80,3	98,5
4,8	9,8	29,1	62,8	107	176	330	736	1151	1976	3453	5583	13199
14,5	17,5	23,1	28,1	32,5	36,7	42,8	52,0	57,9	66,0	75,5	84,7	103
5,1	10,3	30,5	66,0	112	184	346	772	1207	2072	3622	5855	13843
15,3	18,4	24,3	29,5	34,1	38,5	44,9	54,5	60,8	69,3	79,2	88,8	108
5,3	10,7	31,9	68,9	117	193	362	806	1261	2165	3783	6116	14459
15,9	19,2	25,4	30,8	35,6	40,2	46,9	57,0	63,5	72,3	82,7	92,7	113
5,5	11 2	33,3	73,0	122	201	377	839	1312	2253	3937	6366	15049
16,7	19,9	26,4	32,6	37,1	41,9	48,8	59,3	66,1	75,3	86,1	96,5	118
5,8	11,6	34,5	75,7	127	208	391	871	1362	2338	4086	6606	15617
17,3	20,8	27,4	33,8	38,4	43,5	50,7	61,6	68,6	78,1	89,3	100	122
6,0	12,0	35,8	78,4	131	215	405	902	1409	2420	4229	6838	16166
17,9	21,5	28,4	35,0	39,8	44,9	52,5	63,7	71,0	80,9	92,5	103	127
6,2	12,4	37,0	81,0	135	223	418	931	1456	2500	4368	7062	16696
18,5	22,2	29,4	36,2	41,1	46,5	54,2	65,8	73,3	83,5	95,5	107	131
6,4	12,8	38,1	83,5	139	229	431	959	1500	2577	4503	7279	17210
19,1	22,9	30,3	37,3	42,3	47,9	55,8	67,8	75,6	86,1	98,4	110	135
6,6	13,2	39,3	85,9	144	236	443	988	1544	2651	4633	7491	17709
19,7	23,6	31,2	38,4	43,6	49,3	57,4	69,8	77,8	88,6	101	113	139
6,7	13,6	41,0	88,2	148	243	455	1014	1586	2724	4760	7696	18194
20,2	24,3	32,6	39,4	44,8	50,6	59,0	71,7	79,9	91,0	104	116	143
6,9	13,9	42,1	90,5	151	249	467	1041	1628	2795	4884	7896	18667
20,8	24,9	33,4	40,4	45,9	51,9	60,6	73,6	82,0	93,4	106	119	147
7,3	14,6	44,1	95,0	159	261	490	1092	1707	2931	5122	8281	19578
21,8	26,1	35,1	42,4	48,2	54,5	63,5	77,2	85,9	97,9	111	125	154
7,6	15,3	46,1	99,2	166	273	512	1140	1783	3062	5350	8649	20448
22,8	27,3	36,6	44,3	50,3	56,9	66,4	80,6	89,8	102	117	131	161
7,9	15,9	48,0	103	173	284	533	1187	1856	3187	5569	9002	21283
23,7	28,5	38,1	46,1	52,4	59,2	69,1	83,9	93,5	106	122	136	167
8,2	16,5	49,8	107	179	294	553	1231	1926	3307	5778	9342	22087
24,7	29,6	39,5	47,8	54,3	61,4	71,7	87,1	97,0	110	126	141	174
8,5	17,1	51,5	111	185	305	572	1275	1994	3423	5981	9670	22862
25,6	30,6	40,9	49 5	56,3	63,6	74,2	90,1	100	114	130	146	179
8,8	18,0	53,2	114	192	315	591	1317	2059	3535	6177	9988	23611
26,4	32,2	42,2	51,1	58,1	65,7	76,6	93,1	103	118	135	151	185
9,1	18,6	54,8	118	198	325	609	1357	2122	3644	6368	10296	
27,2	33,1	43,6	52,7	59,9	67,7	78,9	95,9	106	121	139	156	
9,3	19,1	56,4	121	203	334	627	1397	2183	3750	6552	10593	
28,0	34,1	44,8	54,2	61,6	69,6	81,2	98,7	110	125	143	160	

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящего пара, кг/ч (верхняя строка), и стальным водогазопроводным обыкновенным (ГОСТ 3262–75*) условным проходом, мм						
	10	15	20	25	32	40	50
1900	14,8	26,7	59,5	114	241	343	677
	32,6	37,9	46,3	54,5	65,6	71,6	84,5
2000	15,2	27,3	61,0	117	247	352	695
	33,5	38,8	47,6	55,9	67,3	73,4	86,7
2100	15,5	28,0	62,5	120	253	361	712
	34,3	39,8	48,7	57,3	69,0	75,2	88,8
2200	15,9	28,7	64,0	123	259	369	729
	35,1	40,8	49,9	58,7	70,6	77,0	90,9
2300	16,3	29,3	65,4	125	265	377	745
	35,9	41,7	51,0	60,0	72,2	78,7	93,0
2400	16,6	30,0	66,8	128	271	386	761
	36,7	42,6	52,1	61,3	73,8	80,4	95,0
2500	17,0	30,6	68,2	131	277	394	777
	37,4	43,4	53,2	62,6	75,3	82,1	96,9
2600	17,3	31,2	69,6	133	282	401	792
	38,1	44,3	45,2	63,8	76,8	83,7	98,9
2700	17,6	31,8	70,9	136	288	409	808
	38,9	45,1	55,2	65,0	78,2	85,3	100
2800	17,9	32,4	72,2	139	293	417	823
	39,6	45,9	56,2	66,2	79,7	86,9	102
2900	18,3	32,9	73,5	141	298	424	837
	40,3	46,8	57,2	67,4	81,0	88,4	104
3000	18,6	33,5	74,7	143	303	431	851
	41,0	47,6	58,2	68,5	82,5	89,9	106
3500	20,1	36,2	80,7	155	328	466	919
	44,3	51,4	62,9	74,0	89,1	97,1	114
4000	21,5	38,7	86,3	166	350	498	983
	47,3	54,9	67,2	79,2	95,2	103	122
4500	22,8	41,0	91,5	176	371	528	1043
	50,2	58,3	71,3	83,9	101	110	130
5000	24,0	43,2	96,5	185	391	557	1099
	52,9	61,5	75,2	88,5	106	116	137
6000	26,3	47,4	105	203	429	610	1204
	57,9	67,3	82,3	96,9	116	127	150
7000	28,4	51,2	114	219	463	659	1300
	62,6	72,7	88,9	104	125	137	162
8000	30,3	54,7	122	234	495	704	1390
	66,9	77,7	95,1	111	134	146	173
10000	33,9	61,2	136	262	554	787	1554
	74,8	86,9	106	125	150	164	193

ТАБЛИЦА II.7

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ДЛИНЫ $l_{экв}$ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДОВ ПАРОВОГО ОТОПЛЕНИЯ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ $K_{ш}$ = 0,2 ММ

Условный проход, мм	Значения $l_{экв}$, м, при сумме коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta$														
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
10	0,14	0,23	0,34	0,46	0,57	0,69	0,80	0,92	1,03	1,15	1,37	1,60	1,83	2,06	2,29
15	0,20	0,33	0,49	0,65	0,82	0,98	1,14	1,31	1,47	1,63	1,96	2,29	2,94	2,94	3,27
20	0,34	0,56	0,85	1,13	1,41	1,69	1,97	2,26	2,54	2,82	3,38	3,95	4,51	5,08	5,64
25	0,50	0,83	1,24	1,65	2,07	2,48	2,89	3,31	3,72	4,13	4,96	5,78	6,61	7,44	8,26
32	0,64	1,07	1,60	2,13	2,67	3,20	3,73	4,27	4,27	4,80	5,33	6,40	7,47	8,53	10,67
40	0,82	1,36	2,04	2,72	3,40	4,09	4,77	5,45	6,13	6,81	8,17	9,53	10,90	12,26	13,62

Продолжение табл. II.6

скорость движения пара, м/с (нижняя строка), по трубам

стальным электросварным прямошовным (10704–76*) условным проходом, мм

10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
9,6	19,6	58,0	124	209	343	644	1435	2243	3852	6732	10883	
28,8	35,1	46,1	55,7	63,3	71,6	83,5	101	113	128	147	165	
9,9	20,1	59,5	128	214	352	661	1472	2302	3952	6907	11166	
29,6	35,9	47,3	57,2	64,9	73,4	85,6	104	115	132	150	169	
10,1	20,6	61,0	131	219	361	677	1508	2359	4050	7077	11442	
30,3	36,8	48,4	58,6	66,6	75,2	87,7	106	118	135	154	173	
10,3	21,1	62,4	134	224	369	693	1544	2414	4145	7244	11711	
31,0	37,7	49,5	59,9	68,1	77,0	89,8	109	121	138	158	177	
10,8	21,6	63,8	137	230	377	709	1578	2468	4239	7406	11974	
32,3	38,6	50,7	61,3	69,7	78,7	91,7	111	124	141	161	181	
11,0	22,0	65,2	140	234	386	724	1612	2521	4330	7566		
32,9	39,4	51,8	62,6	71,2	80,4	93,8	114	127	144	165		
11,2	22,5	66,5	143	239	394	739	1646	2573	4419	7722		
33,6	40,2	52,8	63,9	72,6	82,1	95,8	116	129	147	168		
11,4	22,9	67,8	146	244	401	754	1678	2624	4507	7875		
34,3	41,0	53,9	65,2	74,1	83,7	97,7	118	132	150	172		
11,6	23,4	69,1	148	249	409	768	1710	2674	4592	8025		
34,9	41,8	54,9	66,5	75,5	85,3	99,5	121	135	153	175		
11,9	23,8	70,4	151	253	417	782	1742	2723	4677	8172		
35,6	42,5	55,9	67,7	76,9	86,9	101	123	137	156	178		
12,1	24,2	71,6	154	258	424	796	1772	2772	4759	8317		
36,2	43,3	56,9	68,9	78,3	88,4	103	125	139	159	181		
12,3	24,6	72,9	156,8	262	431	809	1803	2819	4841	8459		
36,9	44,0	57,9	70,1	79,6	89,9	104	127	142	161	184		
13,3	26,6	78,7	159	283	466	874	1947	3045	5229			
39,8	47,6	62,5	75,6	85,9	97,1	113	137	153	174			
14,2	28,5	84,1	181	303	498	935	2082	3255	5590			
42,5	50,8	66,8	80,9	91,9	103	121	147	163	186			
15,0	30,2	89,2	192	321	528	991	2208	3453				
45,1	53,9	70,8	85,8	97,5	110	128	156	173				
15,9	31,8	94,1	202	339	557	1045	2327	3639				
47,6	56,8	74,7	90,4	102	116	135	164	183				
17,4	34,9	103	221	371	610	1145	2550					
52,1	62,2	81,8	99,1	112	127	148	180					
18,8	37,6	111	239	401	659	1237						
56,3	67,3	88,4	107	121	137	160						
20,1	40,2	119	256	428	704	1322						
60,2	71,9	94,5	114	129	146	171						
22,4	45,0	133,0	286	479	787							
67,3	80,4	105	127	145	164							

Продолжение табл. II.7

Условный проход, мм	Значения $l_{экв}$, м, при сумме коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta$														
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
50	1,11	1,85	2,78	3,71	4,63	5,56	6,49	7,41	8,34	9,27	11,12	12,97	14,83	16,68	18,53
65	1,64	2,74	4,10	5,47	6,84	8,21	9,57	10,94	12,31	13,68	16,41	19,15	21,88	24,62	27,35
80	2,04	3,40	5,09	6,79	8,49	10,19	11,88	13,58	15,28	16,98	20,37	23,77	27,16	30,56	33,95
100	2,64	4,40	6,61	8,81	11,01	13,21	15,42	17,62	19,82	22,02	26,43	30,83	35,24	39,64	44,05
125	3,45	5,76	8,63	11,51	14,39	17,27	20,15	23,02	25,90	28,78	34,54	40,29	46,05	51,80	57,56
150	4,34	7,24	10,86	14,48	18,10	21,72	25,34	28,96	32,58	36,20	43,44	50,68	57,92	65,16	72,40
200	6,54	10,90	16,35	21,79	27,24	37,69	38,14	43,59	49,04	54,49	65,38	76,28	87,18	98,08	108,97

ТАБЛИЦА 11.8

РАСЧЕТ НАПОРНЫХ КОНДЕНСАТОПРОВОДОВ ПРИ $K_э = 0{,}5$ мм

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам																		
	стальным водогазопроводным обыкновенным (ГОСТ 3262 75*) условным проходом, мм							стальным электросварным прямошовным (ГОСТ 10704–76*) условным проходом, мм											
	10	15	20	25	32	40	50	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
4,0	19,7	31,7	66,2	130	279	400	799	11,6	24,5	64,5	142	240	400	760	1711	2698	4675	8200	13364
	0,046	0,047	0,054	0,065	0,08	0,088	0,105	0,037	0,046	0,054	0,067	0,077	0,088	0,103	0,127	0,143	0,164	0,188	0,213
4,5	20,5	33,1	70,2	137	295	423	846	13,0	25,5	68,4	150	254	423	804	1814	2857	4943	8699	14144
	0,048	0,049	0,057	0,069	0,084	0,093	0,111	0,041	0,048	0,057	0,071	0,081	0,093	0,109	0,135	0,151	0,173	0,200	0,225
5,0	21,4	33,7	74,3	145	312	447	894	14,5	26,6	72,3	159	269	447	849	1916	3016	5218	91,82	14926
	0,05	0,051	0,061	0,073	0,089	0,098	0,117	0,046	0,50	0,60	0,075	0,086	0,098	0,116	0,142	0,160	0,183	0,211	0,238
5,5	21,8	34,2	78,1	152	328	470	939	15,4	27,7	76,1	167	283	470	892	2013	3168	5479	9640	15670
	0,051	0,051	0,064	0,077	0,094	0,103	0,123	0,049	0,052	0,064	0,078	0,090	0,103	0,121	0,149	0,168	0,192	0,221	0,250
6,0	22,7	36,8	81,8	160	343	492	982	16,0	28,2	79,7	175	296	491	933	2105	3313	5729	10078	16381
	0,053	0,055	0,067	0,08	0,098	0,108	0,129	0,051	0,053	0,067	0,082	0,094	0,108	0,127	0,156	0,175	0,201	0,231	0,261
6,5	23,1	37,4	85,4	166	358	512	1024	16,7	29,3	83,2	182,4	309	512	973	2194	3452	5969	10499	17063
	0,054	0,056	0,07	0,084	0,102	0,112	0,134	0,053	0,055	0,069	0,086	0,098	0,112	0,132	0,163	0,183	0,200	0,241	0,272
7,0	23,5	38,9	88,8	173	372	533	1064	17,0	30,0	86,5	189	321	533	1011	2279	3585	6199	10900	17718
	0,055	0,058	0,073	0,087	0,106	0,117	0,139	0,054	0,056	0,072	0,089	0,102	0,117	0,138	0,169	0,190	0,216	0,250	0,282
7,5	24,4	40,4	92,1	179	385	552	1102	17,6	30,3	89,7	196	333	552	1047	2361	3714	6422	11293	18351
	0,057	0,06	0,075	0,09	0,110	0,121	0,144	0,056	0,057	0,075	0,092	0,106	0,121	0,143	0,175	0,196	0,225	0,259	0,292
8	24,8	41,8	95,3	186	399	571	1140	17,9	30,8	92,8	203	344	571	1083	2441	3839	6637	11671	18963
	0,058	0,062	0,078	0,093	0,114	0,125	0,149	0,057	0,058	0,077	0,095	0,110	0,127	0,147	0,181	0,203	0,233	0,268	0,302
8,5	25,3	43,2	98,4	192	411	589	1176	18,2	31,5	95,8	209	355	589	1117	2518	3960	6845	12036	19874
	0,059	0,064	0,081	0,096	0,118	0,129	0,154	0,058	0,059	0,08	0,099	0,113	0,129	0,152	0,187	0,209	0,240	0,276	0 316
9	26,1	44,5	101	198	424	607	1211	18,6	32,4	98,8	216	366	607	1151	2593	4077	7048	12391	20450
	0,061	0,066	0,083	0,099	0,121	0,133	0,159	0,059	0,061	0,082	0,101	0,117	0,133	0,157	0,192	0,216	0,247	0,284	0,326
9,5	26,2	45,8	104	203	436	624	1245	18,9	33,4	101	222	376	624	1183	2665	4192	7245	12737	21010
	0,061	0,068	0,085	0,102	0,124	0,137	0,163	0,06	0,063	0,085	0,104	0,120	0,137	0,161	0,198	0,222	0,254	0,292	0,335
10	26,3	47,0	107	209	447	641	1279	19,2	34,3	104	228	386	641	1215	2736	4303	7436	13073	21556
	0,062	0,070	0,088	0,105	0,128	0,140	0,167	0,061	0,064	0,087	0,107	0,123	0,140	0,165	0,203	0,228	0,261	0,300	0,343
11	26,9	49,4	112	219	470	672	1342	19,8	36,0	109	239	405	672	1275	2871	4515	7803	13941	22608
	0,062	0,074	0,092	0,110	0,134	0,147	0,176	0,063	0,068	0,091	0,113	0,129	0,147	0,174	0,213	0,239	0,274	0,320	0,360
12	28,2	51,7	117	229	491	703	1403	20,5	37,7	114	251	425	704	1333	3002	4720	8156	14561	23613
	0,065	0,077	0,096	0,115	0,140	0,154	0,184	0,065	0,071	0,096	0,118	0,135	0,154	0,181	0,223	0,250	0,286	0,334	0,376
13	29,4	54,0	122	239	512	733	1462	21,1	39,4	119	261	442	733	1389	3127	4917	8495	15155	24578
	0,068	0,081	0,100	0,120	0,146	0,160	0,192	0,067	0,074	0,11	0,123	0,141	0,160	0,189	0,232	0,260	0,298	0,348	0 391
14	30,6	56,1	127	248	532	761	1518	21,7	40,9	124	271	459	761	1443	3248	5106	8967	15727	25505
	0,071	0,084	0,104	0,125	0,152	0,167	0,199	0,069	0,077	0,104	0,128	0,146	0,167	0,196	0,241	0,270	0,315	0,361	0,406
15	31,8	58,2	132	257	551	789	1573	22,0	42,5	128	281	476	789	1495	3364	5289	9282	16279	26401
	0,074	0,087	0,108	0,129	0,158	0,173	0,206	0,07	0,08	0.108	0,132	0,152	0,173	0,203	0,250	0,280	0,326	0 374	0,420

16	32,9	60,2	136	266	570	815	1626	22,5	43,9	133	291	492	815	1545	3477	5465	9586	16813	27266
	0,076	0,09	0,112	0,134	0,163	0,179	0,213	0,071	0,082	0,111	0,137	0,157	0,179	0,210	0,258	0,289	0,336	0,386	0,434
17	33,9	62,1	141	275	588	841	1677	22,6	45,3	137	300	508	841	1593	3586	5636	9881	17331	28106
	0,08	0,093	0,116	0,138	0,168	0,184	0,220	0,071	0,085	0,115	0,141	0,162	0,184	0,217	0,266	0,298	0,347	0,398	0,448
18	35,0	64,0	145	283	606	866	1727	22,8	46,7	141	309	523	866	1641	3692	5802	10168	17833	28921
	0,081	0,096	0,119	0,142	0,173	0,190	0,226	0,072	0,088	0,118	0,145	0,167	0,190	0,223	0,274	0,307	0,357	0,409	0,461
19	36,0	65,8	149	291	623	891	1775	23,5	48,1	145	318	538	891	1687	3794	6060	10446	18322	29713
	0,083	0,098	0,122	0,146	0,178	0,195	0,233	0,074	0,090	0,122	0,149	0,171	0,195	0,230	0,282	0,321	0,367	0,421	0,472
20	36,9	67,6	153	299	639	914	1822	24,1	49,4	149	326	552	914	1731	3895	6217	10718	18798	30485
	0,086	0,101	0,126	0,150	0,183	0,200	0,239	0,076	0,093	0,125	0,153	0,176	0,200	0,236	0,289	0,329	0,376	0,432	0,485
22	38,8	71,0	161	314	671	959	1912	25,3	51,8	157	343	579	959	1817	4087	6521	11241	19715	31973
	0,09	0,106	0,132	0,157	0,192	0,210	0,250	0,08	0,097	0,131	0,161	0,184	0,210	0,247	0,303	0,345	0,394	0,453	0,509
24	40,6	74,3	168	328	701	1003	1999	26,5	54	164	358	606	1003	1899	4341	6811	11741	20592	33395
	0,094	0,111	0,138	0,165	0,200	0,220	0,262	0,084	0,102	0,137	0,168	0,193	0,220	0,258	0,322	0,360	0,412	0,473	0,532
26	42,3	77,5	175	342	731	1045	2082	27,7	56,6	171	373	631	1045	1978	4518	7089	12220	21433	34758
	0,098	0,116	0,144	0,171	0,209	0,229	0,273	0,087	0,106	0,143	0,175	0,202	0,229	0,269	0,335	0,375	0,429	0,492	0,554
28	44,0	80,5	182	355	759	1085	2162	28,8	58,8	178	388	656	1085	2054	4689	7357	12681	22242	36070
	0,102	0,120	0,149	0,178	0,217	0,238	0,283	0,091	0,110	0,148	0,182	0,209	0,238	0,280	0,348	0,389	0,445	0,511	0,574
30	45,6	83,4	189	368	786	1124	2239	29,8	61,0	184	402	679	1124	2128	4854	7615	13126	23023	37336
	0,106	0,125	0,155	0,184	0,225	0,246	0,293	0,094	0,114	0,154	0,189	0,216	0,246	0,290	0,360	0,403	0,461	0,528	0,595
32	47,2	86,3	195	380	813	1162	2314	30,9	63,0	190	415	702	1162	2199	5013	7864	13557	23778	38561
	0,109	0,129	0,160	0,191	0,232	0,254	0,303	0,097	0,118	0,159	0,195	0,224	0,254	0,299	0,372	0,416	0,476	0,546	0,614
34	48,7	89,0	201	392	838	1198	2425	31,9	65,0	196	429	724	1198	2268	5167	8107	13974	24510	39748
	0,113	0,133	0,165	0,197	0,239	0,262	0,318	0,100	0,122	0,164	0,201	0,231	0,262	0,309	0,384	0,429	0,490	0,563	0,633
36	50,2	91,7	207	404	863	1234	2496	32,8	67,0	202	441	745	1234	2372	5317	8342	14379	25220	40900
	0,116	0,137	0,170	0,203	0,246	0,270	0,327	0,104	0,126	0,169	0,207	0,237	0,270	0,323	0,395	0,441	0,505	0,579	0,651
38	51,6	94,3	213	416	888	1269	2565	33,8	68,9	208	454	767	1269	2438	5463	8571	14774	25912	42021
	0,120	0,141	0,175	0,208	0,253	0,278	0,336	0,106	0,129	0,174	0,213	0,244	0,278	0,332	0,406	0,453	0,518	0,595	0,669
40	53,0	96,98	219	426	911	1302	2631	34,7	70,8	213	466	787	1302	2500	5604	8793	15157	26584	43112
	0,123	0,145	0,180	0,214	0,260	0,285	0,345	0,109	0,133	0,178	0,219	0,250	0,285	0,340	0,416	0,465	0,532	0,610	0,687
45	56,3	102	232	452	966	1381	2790	36,8	75,1	226	494	835	1381	2652	5944	9326	16077	28197	45728
	0,130	0,153	0,191	0,227	0,276	0,302	0,366	0,116	0,141	0,189	0,232	0,266	0,302	0,361	0,441	0,493	0,564	0,647	0,728
50	59,4	108	245	478	1020	1482	2941	38,9	79,3	239	522	881	1481	2796	6266	9831	16946	29722	48202
	0,138	0,162	0,201	0,239	0,291	0,324	0,385	0,123	0,149	0,200	0,245	0,280	0,324	0,380	0,465	0,520	0,595	0,682	0,768
55	62,4	114	258	501	1070	1554	3085	40,9	83,5	251	548	925	1554	2932	6572	10311	17773	31173	50554
	0,145	0,170	0,211	0,251	0,306	0,340	0,404	0,129	0,156	0,210	0,257	0,294	0,340	0,399	0,488	0,545	0,624	0,716	0,805
60	65,3	119	269	524	1137	1623	3222	42,8	87,2	263	573	967	1623	3063	6864	10769	18564	32555	52802
	0,151	0,178	0,221	0,263	0,325	0,355	0,422	0,135	0,164	0,219	0,269	0,308	0,355	0,417	0,510	0,570	0,651	0,747	0,841
65	68,1	124	281	546	1184	1689	3354	44,6	90,8	274	596	1023	1689	3188	7144	11209	19322	33889	54958
	0,158	0,185	0,230	0,274	0,338	0,370	0,439	0,141	0,170	0,229	0,280	0,326	0,370	0,434	0,530	0,593	0,678	0,778	0,875
70	70,7	129	292	567	1128	1753	3480	46,3	94,3	284	619	1062	1753	3308	7414	11632	20051	35168	57032
	0,164	0,193	0,239	0,284	0,351	0,384	0,456	0,146	0,177	0,237	0,291	0,338	0,384	0,450	0,550	0,615	0,704	0,807	0,908
75	73,3	133	302	587	1272	1815	3603	48,0	97,7	294	641	1099	1815	3424	7674	12040	20755	36402	59034
	0,170	0,200	0,248	0,294	0,363	0,397	0,472	0,151	0,183	0,246	0,301	0,350	0,397	0,466	0,570	0,637	0,728	0,836	0,940

Продолжение табл. II 8

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам																		
	стальным водогазопроводным обыкновенным (ГОСТ 3262 75*) условным проходом, мм							стальным электросварным прямошовным (ГОСТ 10704–76*) условным проходом, мм											
	10	15	20	25	32	40	50	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
80	75,7	138	312	607	1313	1874	3721	49,6	101	304	674	1135	1874	3536	7926	12435	21436	37596	60970
	0,176	0,206	0,256	0,304	0,375	0,410	0,487	0,156	0,190	0,254	0,316	0,361	0,410	0,481	0,588	0,658	0,752	0,863	0,971
85	78,1	142	322	636	1354	1932	3835	51,2	104	314	695	1170	1932	3645	8170	12818	22095	38753	62847
	0,181	0,213	0,264	0,319	0,387	0,423	0,502	0,161	0,196	0,262	0,326	0,372	0,423	0,496	0,607	0,678	0,775	0,890	1,001
90	80,5	146	331	655	1395	1988	3946	52,7	107	323	715	1204	1988	3751	8407	13189	22736	39877	64669
	0,186	0,219	0,272	0,328	0,398	0,435	0,517	0,166	0,201	0,270	0,336	0,383	0,435	0,510	0,624	0,698	0,798	0,915	1,03
95	82,7	150	341	673	1431	2042	4055	54,2	110	332	734	1237	2042	3854	8637	13551	23359	40970	66441
	0,192	0,225	0,279	0,337	0,409	0,447	0,531	0,171	0,207	0,277	0,345	0,394	0,447	0,524	0,641	0,717	0,820	0,940	1,058
100	84,9	154	350	690	1468	2095	4160	55,6	113	341	753	1269	2095	3954	8862	13903	23966	42034	68167
	0,197	0,231	0,287	0,346	0,419	0,459	0,545	0,176	0,213	0,286	0,354	0,404	0,459	0,538	0,658	0,735	0,841	0,965	1,086
110	89,1	162	367	724	1540	2198	4363	58,4	118	358	790	1331	2198	4147	9294	14581	25136	44086	71494
	0,207	0,243	0,301	0,363	0,440	0,481	0,572	0,184	0,223	0,299	0,371	0,424	0,481	0,563	0,690	0,771	0,882	1,012	1,138
120	93,2	169	390	756	1608	2295	4557	61,1	124	380	825	1390	2295	4331	9707	15230	26253	46046	74673
	0,216	0,254	0,320	0,379	0,459	0,502	0,597	0,193	0,235	0,318	0,388	0,443	0,502	0,589	0,721	0,806	0,921	1,057	1,189
130	97,1	176	406	787	1674	2389	4743	63,6	129	396	859	1447	2389	4508	10104	15852	27325	47926	77722
	0,225	0,264	0,333	0,394	0,478	0,523	0,621	0,201	0,243	0,331	0,403	0,461	0,523	0,613	0,750	0,838	0,959	1,1	1,238
140	101	183	421	817	1737	2479	4922	66,1	134	411	892	1502	2479	4678	10486	16450	28357	49735	80656
	0,234	0,274	0,345	0,409	0,496	0,543	0,645	0,208	0,252	0,343	0,419	0,478	0,543	0,637	0,778	0,870	0,995	1,142	1,284
150	104	190	436	845	1798	2566	5095	68,5	139	425	923	1554	2566	4843	10853	17028	29352	51481	83487
	0,242	0,284	0,357	0,424	0,513	0,562	0,667	0,216	0,261	0,355	0,433	0,495	0,562	0,659	0,809	0,901	1,03	1,182	1,329
160	107	196	450	873	1857	2650	5262	70,8	143	439	953	1605	2650	5001	11209	17586	30315	53169	86225
	0,250	0,294	0,369	0,438	0,530	0,580	0,689	0,223	0,270	0,367	0,447	0,511	0,580	0,681	0,832	0,930	1,064	1,221	1,375
170	111	202	464	900	1914	2732	5424	73	148	453	982	1655	2732	5155	11554	18127	31248	54806	88879
	0,258	0,303	0,380	0,451	0,547	0,598	0,710	0,230	0,279	0,378	0,461	0,527	0,598	0,702	0,858	0,959	1,096	1,258	1,415
180	114	212	478	926	1970	2811	5581	75,1	152	466	1011	1703	2811	5305	11889	18653	32154	56395	91456
	0,266	0,317	0,391	0,464	0,562	0,615	0,731	0,237	0,287	0,389	0,475	0,542	0,615	0,722	0,883	0,987	1,128	1,295	1,456
190	117	218	491	951	2024	2888	5735	77,3	157	478	1039	1749	2888	5450	12215	19164	33035	57940	93962
	0,273	0,326	0,402	0,477	0,578	0,632	0,751	0,244	0,295	0,400	0,488	0,557	0,632	0,742	0,907	1,014	1,159	1,330	1,496
200	120	223	504	976	2076	2963	5883	79,3	161	491	1066	1795	2963	5592	12532	19662	33893	59445	96403
	0,280	0,334	0,413	0,489	0,593	0,649	0,771	0,250	0,303	0,410	0,500	0,571	0,649	0,761	0,930	1,04	1,189	1,365	1,535
220	126	234	528	1024	2178	3108	6170	83,2	172	515	1118	1882	3108	5865	13144	20622	35547	62347	101108
	0,294	0,350	0,433	0,513	0,622	0,680	0,808	0,262	0,323	0,430	0,525	0,599	0,680	0,798	0,976	1,091	1,247	1,431	1,610
240	132	245	552	1069	2275	3246	6445	87,0	179	538	1167	1966	3246	6126	13729	21539	37128	65119	105604
	0,307	0,366	0,452	0,536	0,649	0,711	0,844	0,274	0,337	0,449	0,548	0,626	0,711	0,834	1,019	1,139	1,303	1,495	1,682

260	140	255	574	1113	2368	3379	6708	90,6	187	560	1215	2047	3379	6376	14289	22418	38644	67778	109916
	0,325	0,381	0,470	0,558	0,676	0,740	0,879	0,286	0,351	0,467	0,570	0,651	0,740	0,868	1,061	0,186	1,356	1,556	1,750
280	145	264	596	1155	2457	3506	6961	94,1	194	581	1261	2124	3506	6616	14829	23264	40103	70337	114065
	0,338	0,395	0,488	0,579	0,702	0,768	0,912	0,297	0,364	0,485	0,592	0,676	0,768	0,900	1,101	1,231	1,407	1,615	1,816
300	150	274	617	1196	2543	3629	7206	97,4	200	601	1305	2198	3629	6849	15349	24081	41510	72802	118069
	0,350	0,409	0,505	0,599	0,726	0,794	0,944	0,307	0,377	0,502	0,613	0,700	0,794	0,932	1,139	1,274	1,456	1,671	1,880
320	155	283	637	1235	2627	3749	7442	102	207	621	1348	2270	3749	7073	15853	24871	42872	75193	121941
	0,361	0,423	0,522	0,619	0,750	0,821	0,975	0,323	0,389	0,519	0,633	0,723	0,821	0,962	1,177	1,316	1,504	1,726	1,942
340	160	291	657	1273	2708	3864	7671	105	213	640	1390	2340	3864	7291	16340	25636	44191	77507	125694
	0,372	0,436	0,538	0,638	0,773	0,846	1,005	0,333	0,401	0,534	0,652	0,745	0,846	0,992	1,213	1,356	1,551	1,779	2,002
360	165	300	676	1310	2786	3976	7893	108	220	659	1430	2408	3976	7502	16814	26379	45472	79754	129338
	0,383	0,448	0,554	0,656	0,795	0,870	1,034	0,342	0,413	0,550	0,671	0,767	0,870	1,021	1,248	1,395	1,595	1,831	2,06
380	169	308	694	1346	2862	4085	8110	111	226	677	1469	2474	4085	7708	17275	27102	46719	81940	132882
	0,397	0,460	0,569	0,674	0,817	0,894	1,062	0,352	0,424	0,565	0,690	0,788	0,894	1,049	1,280	1,434	1,639	1,881	2,116
400	174	316	712	1381	2937	4191	8320	114	231	694	1507	2538	4191	7908	17724	27806	47932	84068	136334
	0,404	0,472	0,584	0,692	0,838	0,917	1,09	0,361	0,435	0,580	0,708	0,808	0,917	1,076	1,316	1,471	1,681	1,930	2,171
450	184	335	756	1464	3115	4445	8825	121	246	737	1599	2692	4445	8388	18799	29493	50840	89168	144604
	0,428	0,501	0,619	0,734	0,889	0,973	1,156	0,383	0,462	0,615	0,750	0,857	0,973	1,141	1,396	1,560	1,784	2,047	2,303
500	194	353	797	1544	3283	4686	9303	128	259	776	1685	2838	4686	8842	19816	31088	53590	93991	152426
	0,451	0,528	0,652	0,773	0,937	1,026	1,218	0,404	0,487	0,648	0,791	0,903	1,026	1,203	1,471	1,644	1,880	2,158	2,427
550	204	371	836	1619	3444	4914	9757	134	272	814	1768	2977	4914	9273	20783	32606	56206	98579	159866
	0,473	0,554	0,684	0,811	0,983	1,076	1,278	0,423	0,510	0,680	0,830	0,948	1,076	1,262	1,543	1,725	1,972	2,263	2,546
600	213	387	873	1691	3597	5133	10190	140	284	851	1846	3109	5133	9686	21707	34056	58705	102963	166975
	0,494	0,579	0,715	0,847	1,027	1,124	1,335	0,442	0,533	0,710	0,867	0,990	1,124	1,318	1,611	1,801	2,06	2,364	2,659
650	222	403	908	1760	3744	5343	10607	145	295	885	1922	3236	5343	10081	22594	35446	61102	107167	173793
	0,515	0,602	0,744	0,882	1,069	1,169	1,389	0,460	0,555	0,739	0,903	1,03	1,169	1,372	1,677	1,875	2,144	2,460	2,768
700	230	418	943	1826	3885	5544	11007	151	306	919	1994	3358	5544	10462	23446	36784	63408	111212	180353
	0,534	0,625	0,772	0,915	1,109	1,214	1,442	0,478	0,576	0,767	0,936	1,069	1,214	1,423	1,741	1,946	2,225	2,553	2,872
750	238	433	976	1891	4022	5739	11393	156	317	951	2064	3476	5739	10829	24269	38075	65634	115116	186683
	0,553	0,647	0,799	0,947	1,148	1,256	1,492	0,494	0,596	0,794	0,969	1,106	1,256	1,473	1,802	2,014	2,303	2,642	2,973
800	246	447	1008	1953	4153	5927	11767	161	328	982	2132	3590	5927	11184	25065	39324	67787	118891	192806
	0,571	0,668	0,825	0,978	1,186	1,297	1,541	0,511	0,616	0,820	1,001	1,143	1,297	1,522	1,861	2,08	2,378	2,729	3,070
850	253	461	1039	2013	4281	6110	12129	166	338	1013	2197	3701	6110	11528	25837	40534	69873	125550	198740
	0,588	0,689	0,851	1,009	1,222	1,337	1,589	0,526	0,635	0,845	1,031	1,178	1,337	1,569	1,918	2,144	2,452	2,813	3,165
900	261	474	1069	2071	4405	6287	12481	171	347	1042	2261	3308	6287	11862	26586	41710	71898	126103	204502
	0,605	0,709	0,875	1,038	1,250	1,376	1,635	0,542	0,653	0,870	1,061	1,212	1,376	1,614	1,974	2,206	2,523	2,895	3,257
950	268	487	1098	2128	4526	6459	12823	176	357	1070	2323	3912	6459	12188	27314	42853	73869	129558	210105
	0,622	0,728	0,899	1,066	1,292	1,414	1,680	0,556	0,671	0,893	1,09	1,245	1,414	1,658	2,028	2,267	2,592	2,974	3,346
1000	275	500	1127	2183	4644	6627	13156	181	366	1099	2384	4014	6627	12504	28024	43966	75788	132924	215564
	0,638	0,747	0,923	1,094	1,326	1,450	1,723	0,571	0,688	0,917	1,119	1,278	1,450	1,701	2,08	2,326	2,659	3,051	3,433
1100	288	524	1182	2290	4870	6950	13798	189	384	1152	2500	4210	6950	13114	29392	46112	79487	139412	226085
	0,669	0,783	0,968	1,147	1,390	1,521	1,807	0,599	0,722	0,961	1,173	1,340	1,521	1,784	2,182	2,439	2,789	3,200	3,600
1200	301	548	1234	2392	5087	7259	14412	198	401	1203	2611	4397	7259	13698	30699	48162	83021	145611	236138
	0,699	0,818	1,011	1,198	1,452	1,589	1,888	0,625	0,754	1,004	1,226	1,400	1,589	1,864	2,279	2,548	2,913	3,343	3,760
1300	314	570	1285	2489	5295	7557	15000	206	418	1252	2718	4577	7556	14257	31952	50129	86401	151557	245780
	0,728	0,852	1,052	1,247	1,512	1,654	1,965	0,651	0,785	1,045	1,276	1,457	1,654	1,940	2,372	2,652	3,033	3,479	3,914

Продолжение табл. II 8

Потери давления на трение на 1 м, Па	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды, м/с (нижняя строка), по трубам																		
	стальным водогазопроводным обыкновенным (ГОСТ 3262 75*) условным проходом, мм							стальным электросварным прямошовным (ГОСТ 10704–76*) условным проходом, мм											
	10	15	20	25	32	40	50	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
1400	325	592	1333	2583	5495	7841	15566	214	433	1300	2820	4749	7841	14795	33158	52021	89673	157278	255058
	0,755	0,884	1,092	1,294	1,569	1,716	2,039	0,675	0,814	1,085	1,324	1,512	1,716	2,013	2,461	2,752	3,146	3,610	4,062
1500	337	612	1380	2674	5687	8116	16113	221	449	1345	2919	4916	8116	15314	34322	53847	92821	162798	264010
	0,782	0,915	1,130	1,340	1,624	1,776	2,11	0,699	0,843	1,123	1,370	1,565	1,776	2,084	2,548	2,848	3,257	3,737	4,204
1600	348	633	1425	2762	5874	8383	16641	228	463	1389	3015	5077	8383	15817	35448	55613	95865	168137	272669
	0,807	0,945	1,167	1,384	1,677	1,835	2,180	0,722	0,871	1,159	1,415	1,616	1,835	2,153	2,631	2,942	3,364	3,860	4,342
1700	359	652	1469	2847	6055	8641	17153	235	478	1432	3108	5234	8641	16304	36539	57325	98815	173312	281061
	0,832	0,974	1,203	1,426	1,729	1,891	2,247	0,744	0,897	1,195	1,459	1,666	1,891	2,218	2,712	3,032	3,467	3,978	4,476
1800	369	671	1512	2929	6230	8891	17651	242	492	1474	3198	5385	8891	16776	37598	58986	101680	178337	289209
	0,858	1,002	1,238	1,468	1,779	1,946	2,312	0,766	0,924	1,230	1,501	1,714	1,946	2,283	2,791	3,120	3,568	4,094	4,605
1900	379	689	1553	3009	6401	9135	18134	249	505	1514	3286	5533	9135	17236	38628	60603	104466	183223	297154
	0,880	1,030	1,272	1,508	1,827	1,999	2,375	0,787	0,945	1,264	1,542	1,761	1,999	2,345	2,868	3,206	3,665	4,206	4,732
2000	389	707	1594	3088	6567	9372	18606	255	518	1553	3371	5677	9372	17684	39632	62177	107180	187983	304853
	0,903	1,056	1,305	1,547	1,875	2,051	2,437	0,807	0,973	1,296	1,582	1,807	2,051	2,406	2,942	3,289	3,761	4,315	4,855

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ДЛИНЫ $l_{экв}$ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА НАПОРНЫХ КОНДЕНСАТОПРОВОДОВ В ЗАКРЫТЫХ СИСТЕМАХ ПРИ $K_{ш}$ = 0,5 мм

Условный проход, мм	Значения $l_{экв}$, м, при сумме коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta$														
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
10	0,09	0,16	0,24	0,31	0,39	0,47	0,55	0,63	0,71	0,78	0,94	1,10	1,25	1,41	1,57
15	0,14	0,23	0,34	0,46	0,57	0,68	0,80	0,91	1,03	1,14	1,37	1,60	1,82	2,05	2,28
20	0,24	0,40	0,61	0,81	1,01	1,21	1,41	1,62	1,82	2,02	2,42	2,83	3,23	3,64	4,04
25	0,36	0,60	0,90	1,20	1,50	1,81	2,11	2,41	2,71	3,01	3,61	4,21	4,82	5,42	6,02
32	0,47	0,78	1,18	1,57	1,96	2,35	2.75	3,14	3,53	3,92	4,71	5,49	6,28	7,06	7,85
40	0,61	1,01	1,52	2,02	2,53	3,04	3,54	4,05	4,55	5,06	6,07	7,08	8,09	9,11	10,12
50	0,84	1,39	2,09	2,78	3,48	4,18	4,87	5,57	6,26	6,96	8,35	9,74	11,14	12,53	13,92
65	1,25	2,08	3,12	4,16	5,20	6,24	7,28	8,32	9,37	10,41	12,49	14,57	16,65	18,73	20,81
80	1,56	2,60	3,90	5,20	6,50	7,80	9,10	10,40	11,70	13,00	15,61	18,21	20,81	23,41	26,01
100	2,04	3,40	5,10	6,80	10,20	10,20	11,90	13,60	15,30	17,00	20,40	23,80	27,20	30,60	34,01
125	2,69	4,48	6,72	8,95	11,19	13,43	15,67	17,91	20,15	22,39	26,86	31,34	35,82	40,30	44,77
150	3,40	5,67	8,50	11,33	14,17	17,00	19,83	22,67	25,50	28,33	34,00	39,67	45,33	51,00	56,67
200	5,17	8,62	12,93	17.23	21,54	25,85	30,16	34,47	38,78	43,09	51,70	60,32	68.94	77,56	86,17

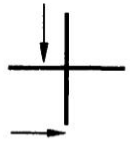
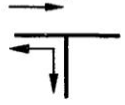
ТАБЛИЦА II.10

КОЭФФИЦИЕНТЫ ζ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПО ОПЫТНЫМ ДАННЫМ НИИ САНИТАРНОЙ ТЕХНИКИ

Местное сопротивление	Условный проход, мм	Значения ζ при скорости, м/с				
		0,025	0,05	0,075	0,1	0,2 и более
Радиаторы двухколонные (вход и выход) диаметром подводки 15 или 20 мм	15	3,8	2,2	1,7	1,6	1,6
	20	2	1,4	1,3	1,2	1,2
Змеевик из труб плоский (длиной 1500 мм, высотой 500 мм)	15	48	28	28	28	28
	20	40	22	22	22	22
Краны пробковые проходные	15	5,7	3,8	3,5	3,4	3
	20	3,7	2	1,6	1,4	1,2
	25	3,2	1,8	1,5	1,3	1
Краны двойной регулировки с цилиндрической пробкой	15	—	—	—	—	4
	20	—	—	—	—	2
шиберного типа	15	4,8	3,9	3,7	3,5	3
Краны трехходовые конструкции треста Сантехдеталь						
при прямом проходе	15	—	—	—	—	2
	20	—	—	—	—	1,5
	25	—	—	—	—	2
при проходе с поворотом	15, 20	—	—	—	—	3
	25	—	—	—	—	4,5
Краны трехходовые конструкции Главмосстроя						
при прямом проходе	15	—		—	—	3,2
	20 и более	—	—	—	—	6,6
при проходе с поворотом	15	—		—		5,5
	20 и более	—	—	—	—	10,5
Вентили с вертикальными шпинделями (15ч18 бр)	15	—	—	—	—	16
	20	—	—	—	—	10
	25,32	—		—	—	9
	40		—	—		8
	50 и более	—		—	—	7
Вентили прямоточные с косыми шпинделями (15с58)	15, 20, 25		—		—	3
	32, 40	—	—	—	—	2,5
	50 и более	—	—	—	—	2
Задвижки параллельные	25, 32, 40	—		—	—	0,5
	50 и более					
Отводы под углом 45° (утки) с радиусом закругления $R = 3d$	15	3,2	1,5	0,9	0,7	0,6
	20	1,7	1	0,7	0,65	0,6
	25	1,6	0,8	0,65	0,65	0,6
Скобы с радиусом закругления $R = 3d$	15	6	2,2	2,1	2,1	2
	20	4	1,3	1	1	1,2
	25	2,3	1,1	0,7	0,7	0,6
	32	1,4	0,8	0,6	0,5	0,4
Отводы под углом 90° с радиусом закругления $R = 3d$	15	5	1,6	1,4	1,3	1,3
	20	3,7	1,5	1,2	1,1	1,1
	25	3	1,2	0,8	0,6	0,6
	32	1	0,3	0,2	0,2	0,2

ТАБЛИЦА II.11

КОЭФФИЦИЕНТЫ ζ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ (ПРИБЛИЖЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ)

Местное сопротивление	Значения ζ при условном проходе труб, мм						
	10	15	20	25	32	40	50 и более
Радиаторы двухколонные	2	2	2	2	2	2	2
Котлы:							
чугунные	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
стальные	2	2	2	2	2	2	2
Внезапное расширение (относится к большей скорости)	1	1	1	1	1	1	1
Внезапное сужение (относится к большей скорости)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Отступы	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Тройники:							
проходные (схема I)	1	1	1	1	1	1	1
поворотные на ответвление (схема II)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
на противотоке (схема III)	3	3	3	3	3	3	3
Крестовины:							
проходные (схема IV) 	2	2	2	2	2	2	2
поворотные (схема V) 	3	3	3	3	3	3	3
Компенсаторы:							
П-образные и лирообразные	2	2	2	2	2	2	2
сальниковые	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Вентили:							
обыкновенные	20	16	10	9	9	8	7
прямоточные	3	3	3	3	2,5	2,5	2
Краны:							
проходные	5	4	2	2	2	—	—
двойной регулировки с цилиндрической пробкой	5	4	2	2	2	—	—
Задвижки параллельные	—	—	—	0,5	0,5	0,5	—
Отводы:							
90° и утка	2	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
двойные узкие	2	2	2	2	2	2	2
широкие	1	1	1	1	1	1	1
Скобы	4	3	2	2	2	2	2

Примечание. Для точных расчетов коэффициенты местных сопротивлений принимают по табл. II.13–II.20.

ТАБЛИЦА II.12

КОЭФФИЦИЕНТЫ ζ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ (ПО ОПЫТНЫМ ДАННЫМ ВНИИГС) (УСРЕДНЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ)

Местное сопротивление	Коэффициент ζ при условном диаметре, мм						
	10	15	20	25	32	40	50
Чугунный радиатор (ГОСТ 8690–75)	1,2*	1,3	1,4	1,5	—	—	—
Стальные панельные радиаторы:							
РСВ	0,28**	0,75	2,4	6,0		—	—
	0,25	0,6	2,0	5,3			
РСГ2 (двухходовой)	0,58	1,5	4,8	12,3	—	—	—
	0,52	1,2	4,1	11,0			
РСГ4 (четырехходовой)	0,76	2,0	6,4	16,2	—	—	—
	0,67	1,6	5,4	14,4			
Конвекторы (ГОСТ 20849–75)							
высокий КВ-20	6,4	16,9	53	135	—	—	—
	5,6	13,5	45	120			
островной «Ритм» К020	46	1,2	3,8	9,6	—	—	—
	0,41	0,94	3,2	8,5			
«Север» КС (проходной)	0,51	1,3	4,2	10,8	—	—	—
	0,45	1,1	3,6	9,6			
«Север» КС (концевой)	0,97	2,6	8,1	20,6	—	—	—
	0,86	2,1	6,9	18,3			
«Комфорт-20» (концевой)	0,76	2,0	6,4	16,2	—	—	—
	0,68	1,6	5,4	14,4			
«Комфорт-20» (проходной)	0,42	1,1	3,5	9,0	—	—	—
	0,38	0,9	3,0	8,0			
Конвекторы «Аккорд» (ТУ 21-26-036 70):							
проходной	0,57	1,5	4,7	12,1	—	—	—
	0,50	1,2	4,0	10,7			
концевой	0,96	2,6	8,0	20,4	—	—	—
	0,85	2,0	6,8	18,1			
двухрядный, концевой	2,3	6,2	19,6	49,8	—	—	—
	2,1	5,0	16,6	44,3			
Кран регулирующий трехходовой КРТ.							
при проходе	4,5	4,4	3,5	—	—	—	
	4	3,5	3				
» повороте	4,5	4,5	3	—	—	—	
Кран регулирующий проходной	4,5	4,4	3,5	—	—	—	—
	4	3,5	3				
Кран регулирующий двойной регулировки	20,4	17,5	15,4	—	—	—	—
	18	14,0	13				
Вентиль запорный муфтовый	—	19,9	12,4	10,4	9,4	8,4	7,4
		15,9	10,5	9,3	8,6	7,6	6,9
Кран конусный проходной муфтовый латунный сальниковый, натяжной		4,4	1,8	1,7	—	—	—
		3,5	1,5	1,5			
Отвод гнутый под углом 90°, $R/d = 3 - 4$	0,9	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3
Утка гнутая под углом 45°, $R/d = 3 - 4$	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
Скоба гнутая под углом 180°, $R/d = 3 - 4$	2,5	2,0	1,2	0,6	0,4	0,4	0,4
Компенсатор гнутый П-образный $R/d = 3 - 4$	5,2	4,5	3,0	2,5	2,0	1,8	1,8
Проточный воздухосборник и расширительный сосуд	1,5	Величину принимать постоянной для всех диаметров					
Внезапное расширение	1						
Внезапное сужение	0,5						
Задвижка параллельная (ГОСТ 8437–75)	0,5						
Грязевик	10						

* Значения ζ отопительных приборов разных типоразмеров принимать по данным ВНИИГС

** В числителе приведены значения для легких труб, в знаменателе – для обыкновенных.

ТАБЛИЦА II.13

КОЭФФИЦИЕНТЫ $\zeta_{отв}$ ТРОЙНИКОВ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ВОДОГАЗОПРОВОДНЫХ ТРУБ (ПО ОПЫТНЫМ ДАННЫМ 6.ЦНИПС)

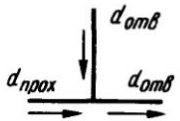
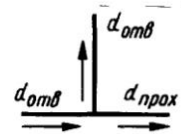
Схема	$\frac{d_{отв}}{d_{ств}}$	Группа тройников (см. табл. II.14)	Значения $\zeta_{отв}$ при $\bar{G}_{отв} = G_{отв}/G_{ств}$									
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	1	I	−65	−10	−2,66	0,625	2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
	0,74	II	−25	−3,62	0	1	1,4	1,6	1,8	1,9	2	2
	0,66	III	−15,2	−1,29	0,55	1	1,2	1,4	1,55	1,7	1,73	1,73
	0,59	IV	−8	0,3	0,8	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5
	0,52	V	−5	0,4	0,9	1	1,1	1,2	1,25	1,3	1,32	1,34
	0,44	VI	−2	0,5	0,9	1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	0,3	VII	−0,4	0,6	0,9	1	1,65	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	1	I	90	25	12,5	1,75	5,4	4,15	3,3	2,8	2,55	2,3
	0,74	II	33	9,4	4,7	3	2	1,5	1,2	1,05	1	1
	0,66	III	23	6,88	3,52	2,25	1,6	1,25	1	0,9	0,9	0,9
	0,59	IV	13,5	4,73	2,88	1,8	1,34	1,1	0,95	0,83	0,8	0,8
	0,52	V	10	3,3	1,88	1,3	1	0,83	0,72	0,67	0,65	0,65
	0,44	VI	5,3	1,9	1,4	0,8	0,6	0,52	0,5	0,5	0,5	0,5
	0,3	VII	2,1	0,935	0,542	0,4	0,305	0,25	0,215	0,2	0,2	0,2
	1	I	80	21,5	11	7	5	3,9	3,25	2,8	2,5	2,3
	1	I	100	29	14,5	9	6,3	4,75	3,8	3,1	2,66	2,3

ТАБЛИЦА II. 14.

ГРУППЫ ТРОЙНИКОВ

Тройники (размеры, мм)	Группа	Тройники (размеры, мм)	Группа
Разносторонние	I	50 × 15 × 50	VII
20 × 15 × 20	II	50 × 20 × 50	VI
25 × 15 × 25	IV	50 × 25 × 50	V
25 × 20 × 25	II	50 × 32 × 50	III
32 × 15 × 32	VI	50 × 40 × 50	II
32 × 20 × 32	IV	70 × 15 × 70	VII
32 × 25 × 32	II	70 × 20 × 70	VII
40 × 15 × 40*	—	70 × 25 × 70	VI
40 × 20 × 40	V	70 × 32 × 70	V
40 × 25 × 40	III	70 × 40 × 70	IV
40 × 32 × 40*	—	70 × 50 × 70	II

* Значения $\zeta_{отв}$ принимать по интерполяции в соответствии с табл. II.13.

ТАБЛИЦА II.15.

КОЭФФИЦИЕНТЫ $\zeta_{прох}$ ТРОЙНИКОВ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ВОДОГАЗОПРОВОДНЫХ ТРУБ ПРИ СЛИЯНИИ ИЛИ ДЕЛЕНИИ ПОТОКОВ (ПО ОПЫТНЫМ ДАННЫМ 6. ЦНИПС)

$G_{прох} = G_{прох}/G_{ств}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\zeta_{прох}$	70	16	6,7	3,56	2,2	1,61	1	0,86	0,76	0,7

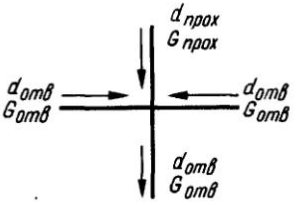


ТАБЛИЦА II.16.

КОЭФФИЦИЕНТЫ $\zeta_{отв}$ КРЕСТОВИН ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ВОДОГАЗОПРОВОДНЫХ ТРУБ ПРИ СЛИЯНИИ ПОТОКОВ (ПО ОПЫТНЫМ ДАННЫМ 6. ЦНИПС)

$\bar{G}_{отв_2}$	Значения $\zeta_{отв}$ при $\bar{G}_{отв_1}$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
				$\bar{d}_{отв} = 1$						
0	−25	3,3	4	3,3	2,6	2,2	1,9	1,7	1,6	1,5
0,1	8	7,3	5,2	3,9	3,1	2,5	2	1,8	1,7	—
0,2	37	14	7,2	4,8	3,6	2,8	2,3	1,9	—	—
0,3	48	15,3	8,2	5,3	3,8	3	2,4	—	—	—
0,4	60	18	9,3	5,9	4,2	3,1	—	—	—	—
0,5	64	19,5	10,2	6,5	4,7	—	—	—	—	—
0,6	78	22,5	11,4	7,3	—	—	—	—	—	—
0,7	95	26,8	13,3	—	—	—	—	—	—	—
0,8	110	30,2	—	—	—	—	—	—	—	—
0,9	124	—	—	—	—	—	—	—	—	—
				$\bar{d}_{отв} = 0,76$						
0	−14,8	0,3	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
0,1	−5	2,0	2,2	1,8	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	—
0,2	9,7	4,3	2,8	2,1	1,7	1,5	1,4	1,3	—	—
0,3	10,5	5,7	3,4	2,4	1,9	1,7	1,4	—	—	—
0,4	20,5	6,7	3,7	2,7	2,4	—	—	—	—	—
0,5	27,5	8,2	4,4	2,9	2,2	—	—	—	—	—
0,6	32,8	5,4	4,9	3,2	—	—	—	—	—	—
0,7	38,5	11,6	5,5	—	—	—	—	—	—	—
0,8	45	12,4	—	—	—	—	—	—	—	—
0,9	52,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
				$\bar{d}_{отв} = 0,59$						
0	−6,1	−0,3	1	1,1	1	1	1	1	1	1
0,1	−3,1	0,9	1,4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	—
0,2	0	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	—	—
0,3	4,9	2,5	1,8	1,5	1,4	1,3	1,2	—	—	—
0,4	9,2	3,4	2,2	1,6	1,5	1,4	—	—	—	—
0,5	14,6	4,3	2,6	1,9	1,6	—	—	—	—	—
0,6	17,1	5,2	3	2,1	—	—	—	—	—	—
0,7	20,7	5,8	3	—	—	—	—	—	—	—
0,8	22	5,8	—	—	—	—	—	—	—	—
0,9	23,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. $\bar{d}_{отв} = d_{отв}/d_{ств}$ – относительный диаметр ответвления; $\bar{G}_{отв_1} = G_{отв_1}/G_{ств}$ – относительный расход в ответвлении, для которого определяются значения; $\bar{G}_{отв_2}/G_{отв_2}$ – относительный расход в противоположном ответвлении.

ТАБЛИЦА II.17.

КОЭФФИЦИЕНТЫ $\zeta_{\text{прох}}$ КРЕСТОВИН ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ВОДОГАЗОПРОВОДНЫХ ТРУБ ПРИ СЛИЯНИИ ПОТОКОВ (ПО ОПЫТНЫМ ДАННЫМ б. ЦНИПС)

$\bar{G}_{\text{прох}} = G_{\text{прох}}/G_{\text{отв}}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\zeta_{\text{прох}}$	110	24,7	10,7	5,6	3,6	3,6	2	1,7	1,4	1,3

ТАБЛИЦА II.18.

КОЭФФИЦИЕНТЫ $\zeta_{\text{отв}}$ КРЕСТОВИН ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ВОДОГАЗОПРОВОДНЫХ ТРУБ ПРИ ДЕЛЕНИИ ПОТОКОВ (ПО ОПЫТНЫМ ДАННЫМ б. ЦНИПС)

	Соотношение расходов	Значения $\zeta_{\text{отв}}$ при $\bar{G}_{\text{отв}}$										
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	$G_{\text{отв}_1} = G_{\text{отв}_2}$	105	26,6	12,3	7,5	6,2	5,2	3,9	3,2	2,7	2,3	2,2
	$G_{\text{отв}_1} = G_{\text{отв}_2}$	105	26,6	12,3	13,7	12,5	7	—	—	—	—	—
0,76	$G_{\text{отв}_1} \neq G_{\text{отв}_2}$	32,5	9,4	4,7	3	2,7	2,1	1,6	1,4	1,2	1,1	1
	$G_{\text{отв}_1} = G_{\text{отв}_2}$	32,5	9,4	8,1	6	5,1	4,7		—	—	—	—
0,59	$G_{\text{отв}_1} \neq G_{\text{отв}_2}$	14,1	4,1	2,4	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1	1	0,9
	$G_{\text{отв}_1} = G_{\text{отв}_2}$	15,3	4,4	3,4	3,2	2,5	2,1		—			

ТАБЛИЦА II.19.

КОЭФФИЦИЕНТЫ $\zeta_{\text{прох}}$ КРЕСТОВИН ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ВОДОГАЗОПРОВОДНЫХ ТРУБ ПРИ ДЕЛЕНИИ ПОТОКОВ (ПО ОПЫТНЫМ ДАННЫМ б. ЦНИПС)

$\bar{G}_{\text{прох}} = G_{\text{прох}}/G_{\text{отв}}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\zeta_{\text{прох}}$	93	20,6	7,3	3	2,1	1,6	1,2	1	0,9	0,9	0,9

Примечание. Для более точного определения потерь давления при $\bar{G}_{\text{прох}} = 0,1 - 0,2$ рекомендуется тщательное интерполирование

ТАБЛИЦА II.20.

КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ζ (УСРЕДНЕННЫЕ) СВАРНЫХ ТРОЙНИКОВ НА МАГИСТРАЛЯХ НАСОСНЫХ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Магистраль	Значения ζ							
	для тройников на проходе при $G_{\text{пр}}/G_{\text{об}}$					для тройников на ответвлении при $G_{\text{отв}}/G_{\text{об}}$		
	0,6 и менее	0,6–0,7	0,7–0,8	0,8–0,9	0,9	0,1–0,2	0,2–0,3	0,3 и более
Подающая	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	5	5	5
Обратная	3	1,5	1,2	0,7	0,5	0	1	1,5

ТАБЛИЦА. II.21

ДОЛИ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ НА МЕСТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ И НА ТРЕНИЕ ОТ ОБЩИХ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДАХ

Характеристика систем	Доли потерь	
	на местные сопротивления	на трение
Системы водяного отопления с циркуляцией воды (независимо от протяженности по вертикали и горизонтали):		
естественной	0,5	0,5
насосной	0,35	0,65
Районные теплопроводы со средним расстоянием от источника теплоснабжения до здания:		
около 50 м	0,2	0,8
100 м и более	0,1	0,9
Системы парового отопления:		
низкого давления	0,35	0,65
высокого давления внутри здания	0,2	0,8
в наружных сетях	0,1	0,9
Конденсатные магистрали наружных сетей	0,1	0,9
Конденсатные трубопроводы системы отопления	0,2	0,8

ТАБЛИЦА II.22

ТЕПЛООТДАЧА ОТКРЫТО ПРОЛОЖЕННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ (ВЕРТИКАЛЬНЫХ - ВЕРХНЯЯ, ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ - НИЖНЯЯ СТРОКА СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

$t_г - t_в$, °С	Условный диаметр, мм	Теплоотдача 1 м трубы, Вт/м, при $t_г - t_в$, °С, через 1°С									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	10	15	16	17	17	18	18	20	21	21	22
		22	23	23	24	25	26	28	28	29	30
	15	20	21	21	22	23	24	24	25	26	28
		26	28	29	30	31	32	34	35	36	37
	20	23	24	25	26	28	29	31	32	34	35
		32	34	35	36	38	39	41	42	43	44
	25	31	32	34	35	36	37	38	41	42	43
		39	41	43	44	45	47	49	51	52	53
	32	39	41	43	44	45	47	50	51	52	54
		47	50	52	54	56	58	60	63	64	67
	40	51	53	56	58	60	63	65	67	69	72
		53	56	58	60	63	65	67	69	72	74
	50	56	58	60	63	65	67	69	72	74	77
		65	67	69	73	77	78	81	84	87	90
40	10	22	23	24	24	25	25	27	28	28	29
		31	32	32	34	35	36	37	38	39	41
	15	28	30	30	31	32	34	34	35	36	37
		38	39	41	42	43	44	44	46	47	49
	20	36	37	38	39	41	42	43	44	45	46
		46	47	50	52	53	55	57	58	59	60
	25	44	46	47	49	51	52	53	55	56	58
		57	59	63	65	66	68	71	72	74	75
	32	56	58	60	61	64	65	67	68	71	73
		74	77	79	81	84	86	89	92	94	96
	40	64	66	68	70	72	74	77	78	80	82
		77	79	80	84	86	88	89	92	94	97
	50	79	82	85	87	88	93	95	97	100	103
		93	95	99	101	105	107	110	113	115	118

Продолжение табл II 22

$t_т - t_в$ °C	Условный диаметр, мм	Теплоотдача 1 м трубы, Вт/м, при $t_т - t_в$, °C, через 1°C									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	10	30	30	31	32	32	34	35	35	36	37
		41	42	43	44	45	46	47	49	50	50
	15	38	38	39	41	41	43	44	44	45	46
		50	51	52	53	56	57	58	59	60	61
	20	47	49	50	51	52	53	54	56	57	58
		60	61	64	65	66	68	70	71	73	74
	25	59	60	62	64	65	67	68	70	72	73
		73	74	76	79	80	82	85	86	88	91
	32	74	76	78	80	82	84	86	88	91	92
		91	92	94	96	99	101	103	106	108	112
	40	85	86	88	91	93	96	97	99	101	103
		100	102	106	108	110	113	116	118	121	124
	50	106	108	111	114	117	120	123	125	128	131
		122	125	129	132	135	138	141	144	148	151
60	10	38	38	39	41	42	42	43	44	44	45
		52	52	53	54	56	57	58	59	60	62
	15	47	49	50	51	52	53	55	55	56	57
		63	65	66	67	69	70	71	73	74	75
	20	59	61	63	64	65	66	67	68	70	72
		77	79	80	81	83	85	86	88	89	92
	25	74	76	78	79	81	83	85	86	88	89
		92	94	96	98	100	102	104	106	108	110
	32	94	96	98	100	102	105	106	108	110	113
		114	115	118	121	123	125	128	130	132	135
	40	107	109	111	114	116	119	121	123	125	128
		127	129	132	135	137	141	143	145	149	151
	50	134	137	141	143	146	149	152	156	158	162
		155	157	160	164	167	171	174	177	182	185
70	10	46	48	49	49	50	51	52	52	53	55
		63	64	65	66	67	68	70	71	73	73
	15	59	60	61	63	64	65	66	67	68	70
		77	79	80	81	82	84	86	87	89	91
	20	74	75	77	78	80	81	83	84	86	87
		93	95	96	97	100	102	103	105	107	108
	25	93	94	96	97	100	101	103	107	107	109
		113	114	116	118	121	123	125	128	128	131
	32	117	119	121	123	125	128	130	133	135	137
		138	141	143	145	148	151	153	156	159	162
	40	132	135	137	140	143	145	148	151	152	154
		155	157	160	163	166	168	172	174	178	180
	50	165	167	171	174	178	180	185	187	191	194
		187	191	194	198	202	205	208	213	215	218
80	10	56	57	58	58	59	60	61	63	64	65
		75	75	78	79	80	81	82	84	85	86
	15	71	72	73	74	75	77	78	79	81	81
		92	93	94	96	98	100	101	101	102	105
	20	88	89	92	93	94	96	98	99	101	102
		109	111	114	115	117	120	121	123	125	127
	25	110	113	114	116	119	120	122	124	125	128
		134	136	138	141	143	145	146	149	151	153
	32	139	142	144	146	149	151	153	156	158	162
		164	166	170	172	174	178	180	182	186	188
	40	158	160	165	166	169	173	174	177	180	182
		184	186	189	192	195	198	201	204	208	210
	50	196	200	203	207	210	214	217	221	224	228
		223	227	230	235	238	242	246	250	253	257

Продолжение табл II 22

$t_г - t_в$, °С	Условный диаметр, мм	Теплоотдача 1 м трубы, Вт/м, при $t_г - t_в$, °С, через 1°С									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
90	10	65	66	67	68	70	71	72	72	73	74
		87	88	91	91	93	93	95	96	97	99
	15	82	84	86	87	88	89	91	92	93	94
		107	108	110	112	114	115	117	119	120	122
	20	103	106	107	108	110	112	114	115	116	118
		128	131	132	135	137	138	141	143	144	146
	25	130	131	134	136	137	138	139	142	146	148
		156	158	160	163	164	167	170	172	175	177
	32	164	166	168	171	173	175	179	181	184	186
		191	194	196	200	201	204	208	212	214	216
	40	186	188	190	194	196	200	202	206	208	212
		214	217	220	223	227	229	232	236	238	242
	50	231	235	238	243	246	250	253	257	260	264
		260	265	270	272	275	280	284	288	293	296
100	10	75	77	78	79	80	81	82	83	84	85
		101	102	103	105	106	107	108	110	112	113
	15	95	97	99	100	100	101	102	103	105	106
		122	124	126	128	129	131	134	135	136	138
	20	120	122	123	124	127	129	130	132	134	136
		149	152	155	156	158	159	162	164	166	169
	25	149	150	152	154	157	159	162	164	166	167
		180	182	186	188	191	194	195	199	200	203
	32	188	191	193	196	199	202	204	206	209	212
		222	224	228	231	235	237	239	243	246	250
	40	214	217	220	223	227	230	233	236	239	242
		246	250	253	257	260	265	267	271	274	278
	50	268	272	275	279	284	287	292	295	299	303
		300	305	309	314	318	322	327	330	335	339
110	10	86	87	88	89	90	91	93	94	95	96
		113	115	116	118	119	120	122	124	125	126
	15	108	109	110	111	113	115	116	117	118	120
		139	140	142	144	145	147	149	151	153	154
	20	136	137	139	140	142	144	146	148	150	152
		169	171	173	175	177	180	182	184	187	189
	25	169	172	174	176	178	180	182	184	187	189
		205	208	211	214	216	219	221	224	227	230
	32	207	210	212	216	218	222	224	226	229	232
		244	246	251	254	258	260	262	266	269	274
	40	235	239	242	245	249	253	256	259	262	265
		271	275	278	282	286	291	293	297	300	304
	50	295	299	302	306	312	315	321	324	327	330
		330	335	339	345	349	354	359	362	368	370
120	10	98	99	100	101	102	104	105	106	107	108
		128	130	131	133	135	136	138	140	141	143
	15	122	123	124	126	128	129	130	132	134	135
		156	158	160	162	164	166	168	170	172	173
	20	154	156	157	159	160	162	164	166	168	170
		191	193	195	198	200	202	205	207	209	212
	25	192	194	197	199	201	204	206	208	211	213
		233	235	238	241	244	247	249	252	255	257
	32	226	229	231	234	237	240	242	244	247	251
		266	269	273	276	280	282	284	288	291	295
	40	257	260	263	266	270	274	277	280	283	286
		295	300	302	307	310	315	317	321	325	329
	50	321	326	329	333	338	341	347	350	354	358
		360	366	369	375	379	383	388	391	397	401

Продолжение табл II 22

$t_г - t_в$, °C	Условный диаметр, мм	Теплоотдача 1 м трубы, Вт/м, при $t_г - t_в$, °C, через 1°C									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
130	10	97	100	101	102	103	104	105	106	107	108
		131	132	133	135	136	137	138	141	143	144
	15	123	125	128	129	129	130	130	132	134	135
		159	160	163	165	166	168	171	173	174	176
	20	156	158	159	160	163	166	167	169	171	173
		194	197	200	201	203	204	208	210	212	215
	25	194	194	197	200	202	204	208	210	212	213
		234	236	241	242	246	249	250	255	256	259
	32	244	248	249	253	256	259	261	264	267	270
		289	290	295	298	303	304	306	311	314	319
	40	278	281	284	288	292	295	300	302	305	308
		320	324	327	331	334	340	342	347	350	354
	50	348	352	355	360	365	369	374	378	382	386
		390	395	400	405	409	414	419	422	428	432

Примечание. Теплоотдача труб принята при d_y до 50 мм включительно для труб легких и обыкновенных по ГОСТ 3262 75*, при d_y свыше 50 мм – для труб стальных электросварных прямошовных по ГОСТ 10704 76*

ТАБЛИЦА II.23

ТЕПЛООТДАЧА ОТКРЫТО ПРОЛОЖЕННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ПАРОВОГО ОТОПЛЕНИЯ

$t_г - t_в$, °C	Теплоотдача 1 м трубы, Вт/м, при диаметре условного прохода, мм												
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
77	60	74	96	120	142	163	202	257	301	370	430	515	740
81	64	78	101	128	149	171	212	269	316	384	452	541	739
85	66	82	107	133	157	179	223	283	332	402	476	568	777
89	70	86	111	139	164	187	232	296	347	421	498	594	813
93	78	89	124	159	182	209	260	331	387	469	556	664	915
97	81	100	130	163	191	217	271	345	404	488	580	693	955
101	85	104	135	168	198	226	282	359	421	509	603	721	993
105	88	108	139	174	204	236	294	373	437	529	628	750	1032
109	96	117	153	193	225	257	320	407	478	578	684	828	1124
113	100	122	159	200	233	266	332	422	495	600	708	859	1165
117	103	126	165	207	242	276	344	437	513	620	733	890	1208
121	106	131	171	213	250	286	355	453	530	642	758	920	1247
125	110	135	177	221	258	295	367	467	548	663	783	950	1289
129	114	139	182	228	267	304	379	482	545	684	809	981	1330
133	117	144	187	234	275	314	390	498	582	704	834	1010	1372
138	121	149	193	242	284	323	420	511	600	727	859	1042	1413
141	124	152	199	249	290	332	414	527	617	748	884	1071	1455
145	128	157	204	256	299	341	426	542	634	768	909	1102	1496
149	131	161	209	263	307	353	438	557	652	780	934	1133	1537

ТАБЛИЦА II.24

ТЕПЛООТДАЧА ИЗОЛИРОВАННЫХ ТЕПЛОПРОВОДОВ В ПОДВАЛАХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ПОДПОЛЬЯХ ЗДАНИЙ (ПРИ КОЭФФИЦИЕНТЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗОЛЯЦИИ 0.75)

$t_т - t_в$, °С	Теплоотдача 1 м изолированной трубы, Вт/м, при диаметре условного прохода, мм											
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
50	13	16	20	24	27	33	40	45	53	65	76	105
55	15	18	22	27	30	36	45	51	60	73	86	118
60	16	20	24	30	34	41	50	57	67	88	96	132
65	18	22	27	34	37	45	55	63	75	91	106	146
70	20	24	30	36	41	50	60	69	83	100	116	160
75	22	27	33	40	44	55	65	75	90	109	127	175
80	24	29	35	43	48	59	71	81	98	119	137	189
85	26	31	38	47	52	63	77	88	106	128	148	204
90	28	34	41	50	56	67	83	95	113	137	159	219
95	30	36	44	53	60	72	89	101	121	147	170	234
100	32	38	47	57	64	77	95	108	129	156	181	250
105	34	41	50	61	68	82	101	115	137	166	193	266
110	36	44	52	65	72	87	108	122	145	176	205	282
115	38	47	55	69	76	92	114	129	154	186	217	299
120	40	49	58	72	80	98	120	136	163	197	229	315
125	42	51	61	76	84	103	127	144	171	207	241	332
130	44	53	64	80	88	108	133	151	180	217	253	348
135	47	56	67	84	93	113	140	158	189	228	265	365
140	49	59	71	87	98	119	145	165	198	238	278	383

ТАБЛИЦА II.25

ПОНИЖАЮЩИЙ КОЭФФИЦИЕНТ НА ТЕПЛООТДАЧУ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСВАРНЫХ ПРЯМОШОВНЫХ ТРУБ (ГОСТ 10704–76*)

Диаметр, условный, мм	10	15	20	25	32	40	50
K	0,82	0,85	0,93	0,9	0,9	0,94	0,95

Приложение III.

ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ЧАСТИ К НИМ

ТАБЛИЦА III.1.

ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА (БЕЗ МУФТ), кг, ТРУБ СТАЛЬНЫХ ВОДОГАЗОПРОВОДНЫХ ПО ГОСТ 3262 75 С ИЗМ.

Условный проход	Наружный диаметр	Толщина стенки труб			Теоретическая масса 1 м труб		
		легких	обыкно-венных	усиленных	легких	обыкно-венных	усиленных
10	17	2,0	2,2	2,8	0,74	0,8	0,98
15	21,3	2,5	2,8	3,2	1,16	1,28	1,43
20	26,8	2,5	2,8	3,2	1,5	1,66	1,86
25	33,5	2,8	3,2	4,0	2,12	2,39	2,91
32	42,3	2,8	3,2	3,0	2,73	3,09	3,78
40	48,0	3,0	3,5	4,0	3,33	3,84	4,34
50	60,0	3,0	3,5	4,5	4,22	4,38	6,16
65	75,5	3,2	4,0	4.5	5,71	7,05	7,88

Примечание. В таблице приведена масса неоцинкованных (черных) труб. Масса оцинкованных труб на 3% больше

ТАБЛИЦА III.2.

ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, ТРУБ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСВАРНЫХ ПРЯМОШОВНЫХ ПО ГОСТ 10704–75 С ИЗМ.

Условный проход	Наружный диаметр	Толщина стенки	Масса 1 м	Условный проход	Наружный диаметр	Толщина стенки	Масса 1 м
10	14	1,6	0,49	100	108	2,8	7,26
15	18	2	0,79	125	133	3,2	10,24
20	25	2	1,13	150	159	3,5	13,42
25	32	2	1,48	200	219	4	21,21
32	38	2	1,78	250	273	4	26,54
40	45	2	2,12	300	325	4	34,67
50	57	2,5	3,36	350	377	5	45,87
65	76	2,8	5,06	400	426	5	51,91
80	89	2,8	5,95				

ТАБЛИЦА III.3.

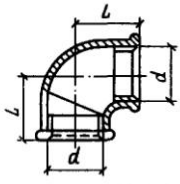
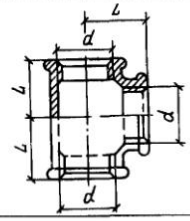
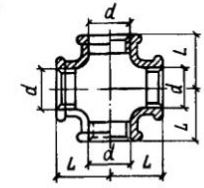
ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, ТРУБ СТАЛЬНЫХ БЕСШОВНЫХ ГОРЯЧЕДЕФОРМИРОВАННЫХ ПО ГОСТ 8732–78 С ИЗМ.

Условный проход	Наружный диаметр × × толщина стенки	Номинальный внутренний диаметр	Масса 1 м
50	57 × 3,5	50	4,62
65	76 × 3,5	69	6,26
80	89 × 3,5	82	7,38
100	108 × 4	100	10,26
125	133 × 4	125	12,73
150	159 × 4,5	150	17,15
168	168 × 5	158	20,1
194	194 × 5	184	23,31
200	219 × 7	205	36,6
250	273 × 8	257	52,28
300	325 × 8	309	62,54
350	377 × 9	359	81,68
400	426 × 10	406	102,59

Примечание. Трубы предназначены для перемещения неагрессивных и малоагрессивных сред при $p_y \leqslant 2{,}5$ МПа (25 кгс/см^2) и температуре до 300°С.

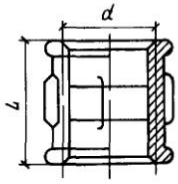
ТАБЛИЦА III.4.

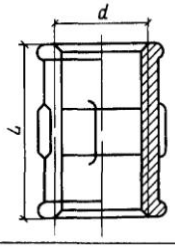
УГОЛЬНИКИ, ТРОЙНИКИ, КРЕСТЫ И МУФТЫ ПРЯМЫЕ

Соединительные части		Обозначение	Размеры, мм, и масса, кг, при условном проходе, мм							
			8	10	15	20	25	32	40	50
Угольники по ГОСТ 8946 – 75 с изм. прямые		*d*	1/4″	3/8″	1/2″	3/4″	1″	1 1/4″	1 1/2″	2″
		L	21	25	28	33	38	45	50	58
		Масса	0,042	0,059	0,094	0,146	0,229	0,352	0,494	0,790
Тройники по ГОСТ 8948 – 75 с изм. прямые		*d*	1/4″	3/8″	1/2″	3/4″	1″	1 1/4″	1 1/2″	2″
		L	21	25	28	33	38	45	50	58
		Масса	0,064	0,085	0.133	0,206	0,318	0,490	0,673	1,088
Кресты по ГОСТ 8951 – 75 с изм. прямые		*d*	—	3/8″	1/2″	3/4″	1″	1 1/4″	1 1/2″	2″
		L	—	25	28	33	38	45	50	58
		Масса	—	0,105	0,163	0,284	0,383	0,585	0,797	1,251

Продолжение табл. III.4

Соединительные части	Обозначение	Размеры, мм, и масса, кг, при условном проходе, мм							
		8	10	15	20	25	32	40	50
Муфты прямые короткие по ГОСТ 8954–75 с изм	d	1/4″	3/8″	1/2″	3/4″	1″	1 1/4″	1 1/2″	2″
	L	22	24	28	31	35	39	43	47
	Масса	0,031	0,040	0,065	0,096	0,155	0,226	0,309	0,480
Муфты прямые длинные по ГОСТ 8955–75 с изм.	d	1/4″	3/8″	1/2″	3/4″	1″	1 1/4″	1 1/2″	2″
	L	27	30	36	39	45	50	55	65
	Масса	0,034	0,044	0,074	0,108	0,173	0,245	0,342	0,560
	Число ребер	2	2	2	2	4	4	4	5
Муфты компенсирующие по ГОСТ 8956–75 с изм	d	1/4″	3/8″	1/2″	3/4″	1″	1 1/4″	1 1/2″	2″
	Масса		–	0,175	0,236	0,342	0,462	0,582	0,832
	Число ребер	—	—	2	2	4	4	4	6





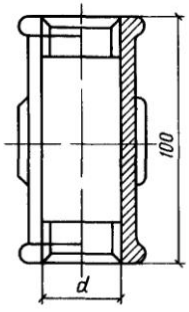
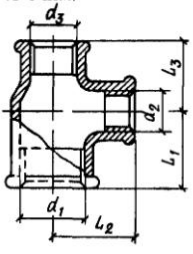


ТАБЛИЦА III.5.

ТРОЙНИКИ И КРЕСТЫ С ДВУМЯ ПЕРЕХОДАМИ

Соединительные части	Обозначение	Размеры, мм, и масса, кг, при условном проходе, мм						
		20 × 15 × × 15	20 × 20 × × 15	25 × 15 × × 20	25 × 20 × × 20	32 × 20 × × 25	32 × 25 × × 25	40 × 25 × × 32
Тройники с двумя переходами по ГОСТ 8950–75 с изм.	d_1	3/4″	3/4″	1″	1″	1 1/4″	1 1/4″	1 1/2″
	d_2	1/2″	3/4″	1/2″	3/4″	3/4″	1″	1″
	d_3	1/2″	1/2″	3/4″	3/4″	1″	1″	1 1/4″
	L_1	30	33	32	35	36	40	42
	L_2	31	33	34	36	41	42	46
	L_3	28	31	30	33	35	38	40
	Масса	0,158	0,185	0,215	0,246	0,329	0,374	0,477



Продолжение табл. III.5

Соединительные части	Обозначение	Размеры, мм, и масса, кг, при условном проходе, мм						
		20 × 15 × × 15	20 × 20 × × 15	25 × 15 × × 20	25 × 20 × × 20	32 × 20 × × 25	32 × 25 × × 25	40 × 25 × × 32
Кресты с двумя переходами по ГОСТ 8953–75 с изм.	d_1	$^3/_4''$	$^3/_4''$	$1''$	$1''$	$1^1/_4''$	—	
	d_2	$^1/_2''$	$^3/_4''$	$^1/_2''$	$^3/_4''$	$^3/_4''$	—	—
	d_3	$^1/_2''$	$^1/_2''$	$^3/_4''$	$^3/_4''$	$1''$	—	
	L_1	30	33	32	35	36	—	—
	L_2	31	33	34	36	41	—	—
	L_3	28	31	30	33	35		—
	Масса	0,200	0,264	0,252	0,316	0,396	—	—

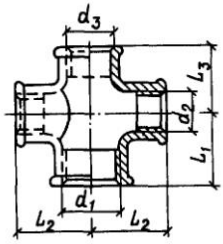
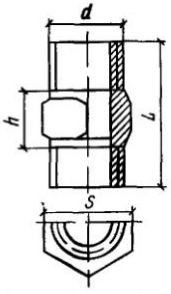


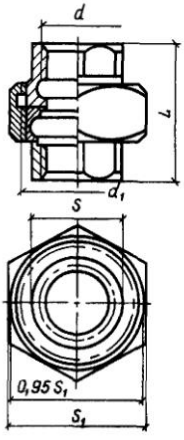
ТАБЛИЦА III.6.

НИППЕЛИ ДВОЙНЫЕ И ГАЙКИ СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ

Соединительные части	Обозначение	Размеры, мм, и масса, кг, при условном проходе, мм							
		8	10	15	20	25	32	40	50
Ниппели двойные по ГОСТ 8958 75 с изм.	d	$^1/_4''$	$^3/_8''$	$^1/_2''$	$^3/_4''$	$1''$	$1^1/_4''$	$1^1/_2''$	$2''$
	S	17	19	24	30	36	46	50	65
	L	36	38	44	47	53	57	59	68
	h	7	7	7	8	8	9	9	10
	Масса	0,029	0,035	0,065	0,090	0,140	0,209	0,210	0,406

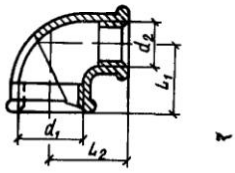


Гайки соединительные по ГОСТ 8959–75 с изм.	d_1	$^3/_4''$	$^7/_8''$	$1^1/_8''$	$1^1/_4''$	$1^3/_4''$	$2''$	$2^1/_4''$	$2^3/_4''$
	d	$^1/_4''$	$^3/_8''$	$^1/_2''$	$^3/_4''$	$1''$	$1^1/_4''$	$1^1/_2''$	$2''$
	S	19	22	27	32	41	50	55	65
	S_1	32	36	46	50	65	70	75	90
	L	42	45	48	53	58	65	70	78
	Масса	0,216	0,282	0,464	0,588	1,091	1,423	1,702	2,522

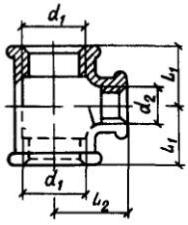


УГОЛЬНИКИ, ТРОЙНИКИ И КРЕСТЫ (с. 272–273)

Соединительные части	Обозначение	Размеры, мм,						
		15 × 10	15 × 20	20 × 10	20 × 15	25 × 15	25 × 20	32 × 15
Угольник переходной по ГОСТ 8947–75 с изм.	d_1	$^1/_2$″	—	$^3/_4$″	$^3/_4$″	1″	1″	1 $^1/_4$″
	d_2	$^3/_8$″	—	$^3/_8$″	$^1/_2$″	$^1/_2$″	$^3/_4$″	$^1/_2$″
	L_1	26	—	28	30	32	35	34
	L_2	26	—	28	31	34	36	38
	Масса	0,077	—	0,103	0,134	0,173	0,204	0,234



Тройник переходной по ГОСТ 8949–75 с изм.	d_1	$^1/_2$″	$^1/_2$″	$^3/_4$″	$^3/_4$″	1″	1″	1 $^1/_4$″
	d_2	$^3/_8$″	$^3/_4$″	$^3/_8$″	$^1/_2$″	$^1/_2$″	$^3/_4$″	$^1/_2$″
	L_1	26	31	28	30	32	35	34
	L_2	26	30	28	31	34	36	38
	Масса	0,119	0,163	0,168	0,183	0,255	0,285	0,352



Кресты переходные по ГОСТ 8952–75 с изм.	d_1	$^1/_2$″	—	—	$^3/_4$″	1″	1″	1 $^1/_4$″
	d_2	$^3/_8$″	—	—	$^1/_2$″	$^1/_2$″	$^3/_4$″	$^1/_2$″
	L_1	26	—	—	30	32	35	34
	L_2	26	—	—	31	34	36	36
	Масса	0,137	—	—	0,212	0,284	0,329	0,382

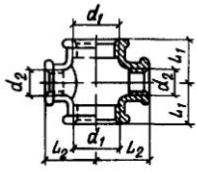


ТАБЛИЦА III.7.

и масса, кг, при условном проходе, мм

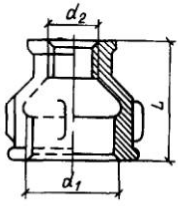
32 × 20	32 × 25	40 × 15	40 × 20	40 × 25	40 × 32	50 × 15	50 × 20	50 × 25	50 × 32	50 × 40
$1\frac{1}{4}''$	$1\frac{1}{4}''$	—	—	$1\frac{1}{2}''$	$1\frac{1}{2}''$	—	—	—	—	—
$\frac{3}{4}''$	1″	—	—	1″	$1\frac{1}{4}''$	—	—	—	—	—
36	40	—	—	42	46	—	—	—	—	—
41	42	—	—	46	48	—	—	—	—	—
0,260	0,321	—	—	0,415	0,459	—	—	—	—	—

$1\frac{1}{4}''$	$1\frac{1}{4}''$	$1\frac{1}{2}''$	$1\frac{1}{2}''$	$1\frac{1}{2}''$	$1\frac{1}{2}''$	2″	2″	2″	2″	2″
$\frac{3}{4}''$	1″	$\frac{1}{2}''$	$\frac{3}{4}''$	1″	$1\frac{1}{4}''$	$\frac{1}{2}''$	$\frac{3}{4}''$	1″	$1\frac{1}{4}''$	$1\frac{1}{2}''$
38	40	36	38	42	46	38	40	44	48	52
41	42	42	44	46	48	48	50	52	54	55
0,382	0,430	0,459	0,494	0,552	0,616	0,672	0,714	0,788	0,807	0,940

$1\frac{1}{4}''$	$1\frac{1}{4}''$	—	$1\frac{1}{2}''$	$1\frac{1}{2}''$	$1\frac{1}{2}''$	—	—	2″	2″	2″
$\frac{3}{4}''$	1″	—	$\frac{3}{4}''$	1″	$1\frac{1}{4}''$	—	—	1″	$1\frac{1}{4}''$	$1\frac{1}{2}''$
36	40	—	38	42	46	—	—	44	48	52
41	42	—	44	46	48	—	—	52	54	55
0,428	0,492	—	0,543	0,619	0,709	—	—	0,859	0,964	0,055

МУФТЫ ПЕРЕХОДНЫЕ И ФУТОРКИ (с. 274–275)

Соединительные части	Обозначение	Размеры, мм,						
		10 × 8	15 × 8	15 × 10	20 × 10	20 × 15	25 × 15	25 × 20
Муфты переходные по ГОСТ 8957-75 с изм.	d_1	$^3/_8''$	$^1/_2''$	$^1/_2''$	$^1/_2''$	$^3/_4''$	$^3/_4''$	1″
	d_2	$^1/_4''$	$^1/_4''$	$^3/_8''$	$^3/_8''$	$^1/_2''$	$^1/_2''$	$^3/_4''$
	L	30	36	36	39	39	45	45
	Масса	0.040	0.061	0,064	0,086	0,095	0,134	0,147



Футорки по ГОСТ 8960-75 с изм.	Тип	I	II	I	II	I	II	I
	d_1	$^3/_8''$	$^1/_2''$	$^1/_2''$	$^3/_4''$	$^3/_4''$	1″	1″
	d_2	$^1/_4''$	$^1/_4''$	$^3/_8''$	$^3/_8''$	$^1/_2''$	$^1/_2''$	$^3/_4''$
	L	20	24	24	26″	26	29	29
	S	19	24	24	30	30	36	36
	h	7	7	7	7	7	7	7
	Масса	0,019	0,038	0,032	0,064	0,054	0,106	0,084

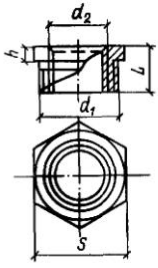


ТАБЛИЦА III.9.

КОНТРГАЙКИ, КОЛПАКИ И ПРОБКИ

Соединительные части	Обозначение	Размеры, мм, и масса, кг, при условном проходе, мм							
		8	10	15	20	25	32	40	50
Контргайки по ГОСТ 8961-75 с изм.	d	$^1/_4''$	$^3/_8''$	$^1/_2''$	$^3/_4''$	1″	$1\,^1/_4''$	$1\,^1/_2''$	2″
	H	6	7	8	9	10	11	12	13
	S	22	27	32	36	46	55	60	75
	D	24,4	31,2	36,9	41,6	53,1	63,5	69,3	86,5
	Масса	0,013	0,023	0,034	0,041	0,077	0,109	0,127	0,212

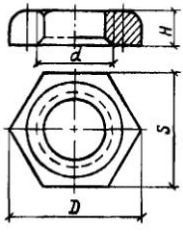


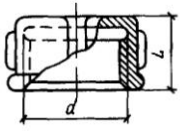
ТАБЛИЦА III.8.

и масса, кг, при условном проходе, мм

32 × 15	32 × 20	32 × 25	40 × 15	40 × 20	40 × 25	40 × 32	50 × 15	50 × 20	50 × 25	50 × 32	50 × 40
1″	1 1/4″	1 1/4″	1 1/4″	1 1/2″	1 1/2″	1 1/2″	—	—	2″	2″	2″
1/2″	3/4″	1″	1/2″	3/4″	1″	1 1/4″	—	—	1″	1 1/4″	1 1/2″
50	50	50	55	55	55	55	—	—	65	65	65
0,185	0,209	0,218	0,243	0,258	0,280	0,325	–	–	0,416	0,447	0,473

II	II	I	II	II	II	I	III	III	II	II	II
1 1/4″	1 1/4″	1 1/4″	1 1/2″	1 1/2″	1 1/2″	1 1/2″	2″	2″	2″	2″	2″
1/2″	3/4″	1″	1/2″	3/4″	1″	1 1/4″	1/2″	3/4″	1″	1 1/4″	1 1/2″
31	31	31	31	31	31	31	48	48	35	35	35
46	46	46	50	50	50	50	65	65	65	65	65
7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8
0,221	0,180	0,146	0,299	0,256	0,198	0,122	0,281	0,379	0,471	0,360	0,271

Продолжение табл. III.9

Соединительные части	Обозначение	Размеры, мм, и масса, кг, при условном проходе, мм							
		8	10	15	20	25	32	40	50
Колпаки по ГОСТ 8962–75 с изм	*d*	—	—	1/2″	3/4″	1″	1 1/4″	1 1/2″	2″
	*L*	—	—	19	22	24	27	27	32
	Число ребер	—	—	2	2	4	4	4	6
	Масса	—	—	0,053	0,089	0,138	0,221	0,251	0,474

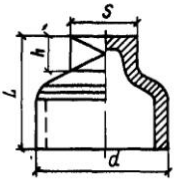
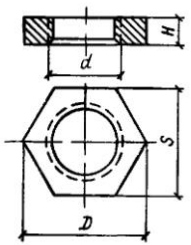
Пробки по ГОСТ 8963–75 с изм.	*d*	1/4″	3/8″	1/2″	3/4″	1″	1 1/4″	1 1/2″	2″
	*L*	22	24	26	32	36	39	41	48
	S	9	11	14	17	19	22	22	27
	h	6	7	7	9	10	12	12	14
	Масса	0,016	0,024	0,040	0,069	0,110	0,157	0,186	0,322

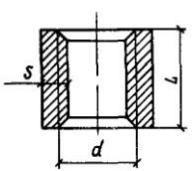
ТАБЛИЦА III.10.

КОНТРГАЙКИ, МУФТЫ ПРЯМЫЕ КОРОТКИЕ, НИППЕЛИ И СГОНЫ

Соединительные части	Обозначение	Размеры, мм, и масса, кг, при условном проходе, мм											
		8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125
Контргайки по ГОСТ 8968–75 с изм	*d*	1/4″	3/8″	1/2″	3/4″	1″	1 1/4″	1 1/2″	2″	—	—	—	—
	H	6	7	8	9	10	11	12	13	—	—	—	—
	S	22	27	32	36	46	55	60	75	—	—	—	—
	D	22,4	31,2	36,9	41,6	53,1	63,5	69,4	68,5	—	—	—	—
	Масса	0,014	0,021	0,037	0,044	0,076	0,105	0,113	0,174	—	—	—	—

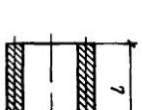


Муфты прямые по ГОСТ 8966–75	*d*	1/4″	3/8″	1/2″	3/4″	1″	1 1/4″	1 1/2″	2″	2 1/2″	3″	4″	5″
	L	25	26	34	36	43	48	48	56	65	71	83	92
	S	3,5	3,5	4,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,5	6,0	6,0	8,0	8,0
	Масса	0,023	0,036	0,067	0,086	0,163	0,220	0,255	0,409	0,663	0,838	1,801	2,374



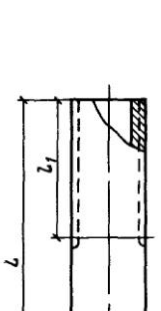
Ниппели по ГОСТ 8967–75

d	$^1/_4''$	$^3/_8''$	$^1/_2''$	$^3/_4''$	1″	$1^1/_4''$	$1^1/_2''$	2″	—	—	—	—
L	18	20	24	27	30	34	38	42	—	—	—	—
Масса	0,008	0,012	0,021	0,031	0,052	0,075	0,109	0,148	—	—	—	—



Сгоны по ГОСТ 8969–75

d	$^1/_4''$	$^3/_8''$	$^1/_2''$	$^3/_4''$	1″	$1^1/_4''$	$1^1/_2''$	2″	—	—	—	—
l	7,0	8,0	8,0	10,5	11,0	13,0	15,0	17,0	—	—	—	—
l_1	38	42	40	45	50	55	60	65	—	—	—	—
L	80	90	110	110	130	130	150	150	—	—	—	—
Масса	0,040	0,062	0,094	0,134	0,243	0,336	0,463	0,608	—	—	—	—



Приложение IV

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АРМАТУРЕ

ТАБЛИЦА IV.1.

ИЗБЫТОЧНЫЕ ДАВЛЕНИЯ, МПа (кгс/см²), ДЛЯ АРМАТУРЫ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Давление		Наибольшее рабочее давление p_p для арматуры из различных материалов при температуре среды, °С				
условное p_y	пробное $p_{пр}$	серый и ковкий чугун		бронза и латунь		сталь
		до 120	до 200	до 120	до 200	до 200
0,1(1)	0,2(2)	0,1(1)	0,1(1)	0,1(1)	0,1(1)	0,1(1)
0,16(1,6)	0,25(2,5)	0,16(1,6)	0,15(1,5)	0,16(1,6)	0,13(1,3)	0,16(1,6)
0,25(2,5)	0,4(4)	0,25(2,5)	0,25(2,5)	0,25(2,5)	0,2(2)	0,25(2,5)
0,4(4)	0,6(6)	0,4(4)	0,36(3,6)	0,4(4)	0,32(3,2)	0,4(4)
0,6(6)	0,9(9)	0,6(6)	0,55(5,5)	0,6(6)	0,5(5)	0,6(6)
1(10)	1,5(15)	1(10)	0,9(9)	1(10)	0,8(8)	1(10)
1,6(16)	2,4(24)	1,6(16)	1,5(15)	1,6(16)	1,3(13)	1,6(16)

Примечание. Рабочее давление для промежуточных значений температуры среды определяется линейной интерполяцией

ТАБЛИЦА IV.2.

ИЗБЫТОЧНЫЕ ДАВЛЕНИЯ, МПа (кгс/см²), ДЛЯ АРМАТУРЫ И ДЕТАЛЕЙ ТРУБОПРОВОДА ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА МАРОК сч 18-36, сч 21-40, вч 42-12 и кч 30-6

Давление		Рабочее давление p_p при наибольшей температуре среды, °С					
условное p_y	пробное $p_{пр}$	120	200	250	300	350	400
0,10(1)	0,20(2)	0,10(1)	0,10(1)	0,10(1)	0,10(1)	0,08(0,8)	0,07(0,7)
0,16(1,6)	0,25(2,5)	0,16(1,6)	0,15(1,5)	0,13(1,3)	0,13(1,3)	0,12(1,2)	0,11(1,1)
0,25(2,5)	0,40(4)	0,25(2,5)	0,23(2,3)	0,20(2)	0,20(2)	0,19(1,9)	0,16(1,6)
0,40(4)	0,60(6)	0,40(4)	0,36(3,6)	0,34(3,4)	0,32(3,2)	0,30(3)	0,28(2,8)
0,63(6,3)	0,90(9)	0,63(6,3)	0,60(6)	0,50(5)	0,50(5)	0,46(4,6)	0,43(4,3)
1,00(10)	1,50(15)	1,00(10)	0,90(9)	0,80(8)	0,80(8)	0,75(7,5)	0,70(7)
1,60(1,6)	2,40(24)	1,60(16)	1,50(15)	1,40(14)	1,30(13)	1,20(12)	1,00(10)
2,5(25)*	3,80(38)	2,50(25)	2,30(23)	2,10(21)	2,00(20)	1,80(18)	1,60(16)
4,00(40)*	6,00(60)	4,00(40)	3,60(36)	3,40(34)	3,20(32)	3,00(30)	2,80(28)

Примечания: 1 Условные давления, отмеченные звездочкой, следует применять только для деталей трубопроводов, изготовленных из чугуна марок вч 42-12 и кч 30-6

2 Рабочие давления для арматуры и деталей трубопроводов из чугуна марок сч 18-36, сч 21-40 и вч 42-12 следует применять только до температуры среды 300°С включительно

3 Первая ступень рабочего давления распространяется на температуры среды не ниже минус 30°С – для чугуна марок вч 42-12 и кч 30-6 и не ниже минус 15°С – для чугуна марок сч 18-36 и сч 21-40

4 Рабочее давление для промежуточных значений температуры среды определяется линейной интерполяцией

ТАБЛИЦА IV.3.

ИЗБЫТОЧНЫЕ ДАВЛЕНИЯ, МПа (кгс/см²), ДЛЯ АРМАТУРЫ И ДЕТАЛЕЙ ТРУБОПРОВОДА ИЗ БРОНЗЫ ПО ГОСТ 613–79 И ГОСТ 18175–78 С ИЗМ. И ИЗ ЛАТУНИ ПО ГОСТ 17711–80 С ИЗМ. И ГОСТ 15527–70 С ИЗМ.

Давление		Рабочее давление p_p при наибольшей температуре среды, °С		
условное p_y	пробное $p_{пр}$	120	200	250
0,10(1)	0,20(2)	0,10(1)	0,10(1)	0,07(0,7)
0,16(1,6)	0,25(2,5)	0,16(1,6)	0,13(1,3)	0,11(1,1)
0,25(2,5)	0,40(4)	0,25(2,5)	0,20(2)	0,17(1,7)
0,40(4)	0,60(6)	0,40(4)	0,32(3,2)	0,27(2,7)
0,63(6,3)	0,90(9)	0,63(6,3)	0,50(5)	0,45(4,5)
1,00(10)	1,50(15)	1,00(10)	0,80(8)	0,70(7)
1,60(16)	2,40(24)	1,60(16)	1,30(13)	1,10(11)
2,50(25)	3,80(38)	2,50(25)	2,00(20)	1,70(17)
4,00(40)	6,00(60)	4,00(40)	3,20(32)	2,70(27)

Примечание. Рабочее давление для промежуточных значений температуры среды определяется линейной интерполяцией

ТАБЛИЦА IV.4.

УСЛОВНЫЕ ПРОХОДЫ И СООТВЕТСТВУЮЩАЯ ТРУБНАЯ РЕЗЬБА МУФТОВЫХ КОНЦОВ

Условный проход, мм	Резьба трубная	Условный проход, мм	Резьба трубная
6	$^1/_4''$	32	$1^1/_4''$
10	$^3/_8''$	40	$1^1/_2''$
15	$^1/_2''$	50	$2''$
20	$^3/_4''$	65	$2^1/_2''$
25	$1''$	80	$3''$

Примечание. Резьба трубная по ГОСТ 6527–68*

ТАБЛИЦА IV.5.

УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ АРМАТУРЫ ПО КЛАССИФИКАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО АРМАТУРОСТРОЕНИЯ (ЦКБА)

Тип арматуры	Условное обозначение	Тип арматуры	Условное обозначение
Кран пробно-спускной	10	Клапаны:	
Кран для трубопровода	11	обратный поворотный	19
Запорное устройство указателя уровня	12	запорный	22
Вентиль	В–14–15	регулирующий	25
Клапаны:		смесительный	27
обратный подъемный и приемный с сеткой	16	Регулятор давления «после себя» и «до себя»	21
предохранительный	17	Задвижка	30 и 31
		Затвор	32
		Конденсатоотводчик	45

ТАБЛИЦА IV.6.

ОБОЗНАЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА

Материал корпуса	Условное обозначение	Материал корпуса	Условное обозначение
Сталь:		Пластмассы (кроме винипласта)	п
углеродистая	с	Винипласт	вп
легированная	лс	Титан	тн
коррозионно-стойкая (нержавеющая)	нж		
Чугун:			
серый	ч		
ковкий	кч		
высокопрочный	вч		
Латунь, бронза	б		
Алюминий	а		

ТАБЛИЦА IV.7.

ОБОЗНАЧЕНИЕ ПРИВОДА

Привод	Условное обозначение	Привод	Условное обозначение
Механический с передачей		Пневматический	6
червячной	3	Гидравлический	7
цилиндрической	4	Электромагнитный	8
конической	5	Электрический	9

ТАБЛИЦА IV.8.

ОБОЗНАЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Материал уплотнительных поверхностей	Условное обозначение	Материал уплотнительных поверхностей	Условное обозначение
Латунь, бронза	бр	Кожа	к
Монель-металл	мн	Эбонит	э
Коррозионно-стойкая (нержавеющая) сталь	нж	Резина	р
		Пластмассы (кроме винипласта)	п
Стеллит	ст	Винипласт	вп

ТАБЛИЦА IV.9.

СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ВНУТРЕННЕГО ПОКРЫТИЯ КОРПУСА

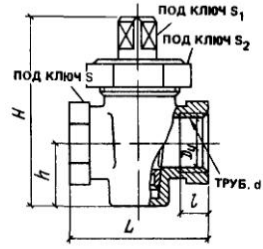
Способ нанесения внутреннего покрытия	Условное обозначение
Гуммирование	гм
Эмалирование	эм
Футерование пластмассой	п

Приложение V

КРАНЫ

ТАБЛИЦА V.1.

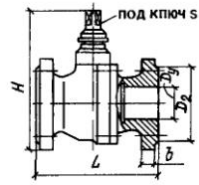
ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И присоединительные РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, КРАНОВ ПРОБКОВЫХ ПРОХОДНЫХ КОНУСНЫХ САЛЬНИКОВЫХ МУФТОВЫХ 11Б 6бк



Условный проход D_y	L	Резьба трубная d	l	H	h	s	s_1	s_2	Масса
15	55	$^1/_2$″	12	75	26	27	12	36	0,32
20	65	$^3/_4$″	14	90	31	32	14	46	0,54
25	80	1″	16	108	37	41	17	55	0,91
32	95	$1^1/_4$″	18	123	44	50	19	60	1,44
40	110	$1^1/_2$″	20	168	79	60	22	70	2,45
50	130	2″	22	186	85	70	27	90	4,3

ТАБЛИЦА V.2.

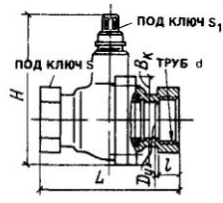
ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И присоединительные РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, КРАНОВ ШАРОВЫХ ПРОХОДНЫХ САЛЬНИКОВЫХ ФЛАНЦЕВЫХ 11ч 37п ПО ТУ 26-07-1036–75



Условный проход D_y	L	D_2	b	H	s	Масса
50	180	102	17	192	17	8,3
100	230	158	19	322	19	26

ТАБЛИЦА V.3.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, КРАНОВ ШАРОВЫХ ПРОХОДНЫХ САЛЬНИКОВЫХ МУФТОВЫХ 11ч 38п ПО ТУ 26-07-1036–75



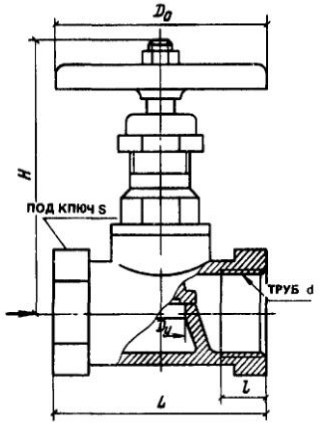
Условный проход D_y	L	Резьба трубная d	l	H	$B_к$	s	S_1	Масса
25	120	1″	16	117,5	75	46	9	1,48
32	130	$1^1/_4$″	19	144	84	56	10	2,27
40	150	$1^1/_2$″	22	159	94	60	12	3,57
50	170	$2^1/_2$″	24	184	110	75	17	6

Приложение VI

ВЕНТИЛИ ЗАПОРНЫЕ

ТАБЛИЦА VI.1.

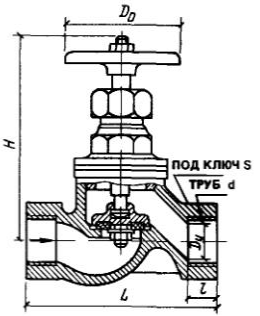
ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, ВЕНТИЛЕЙ ЗАПОРНЫХ МУФТОВЫХ 15Б 1бк ПО ГОСТ 9086–74 С ИЗМ.



Условный проход D_y	L	Резьба трубная d	l	H	s	D_0	Масса
15	55	$^1/_2$″	12	90	27	65	0,38
20	65	$^3/_4$″	14	92	32	65	0,47
25	80	1″	16	110	41	80	0,78
32	95	$1^1/_4$″	18	112	50	100	1,06
40	110	$1^1/_2$″	20	140	60	100	1,78
50	130	2″	22	142	70	120	2,6

ТАБЛИЦА VI.2.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, ВЕНТИЛЕЙ ЗАПОРНЫХ МУФТОВЫХ ИЗ СЕРОГО И КОВКОГО ЧУГУНА

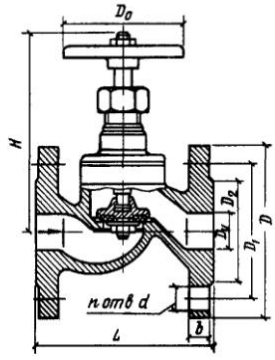


D_y	Резьба трубная d	L	l	H	s	D_0	Масса	L	l	H	s	D_0
		15ч 8к, 15ч 8р						15ч 8п 2, 15ч 8р 2				
15	$^1/_2$″	90	14	116	30	50	0,75	90	14	118	30	65
20	$^3/_4$″	100	16	120	36	50	1,1	100	16	120	36	65
25	1″	120	18	148	46	80	1,75	120	18	143	46	80
32	$1^1/_4$″	140	20	158	55	80	2,7	140	20	145	55	80
40	$1^1/_2$″	170	22	177	60	100	4,15	170	22	180	60	120
50	2″	200	24	190	75	120	5,6	200	24	185	75	120
65	$2^1/_2$″	260	26	245	90	140	13,7	—	—	—	—	—
80	3″	290	30	265	105	140	16,5	—	—	—	—	—

Масса	L	l	H	s	D_0	Масса	L	l	H	s	D_0	Масса
	15ч 8п, 15ч 8бр						15кч 18р, 15кч 18к, 15кч 18п, 15кч 18п 1, 15кч 18п 2					
0,75	90	14	118	30	65	0,75	90	12	118	37	65	0,7
0,9	100	16	120	36	65	0,9	100	14	120	36	65	0,9
1,75	120	18	143	46	80	1,7	120	16	143	41	80	1,5
2,7	140	20	147	55	80	2,7	140	18	145	50	80	2,1
4,15	170	22	175	60	120	4,15	170	20	180	60	120	3,7
5,8	200	24	188	75	120	5,8	20	22	185	70	120	5
—	260	26	245	90	140	13,7	—	—	—	—	—	—
—	290	30	265	105	140	16,5	—		—	—	—	—

ТАБЛИЦА VI.3.

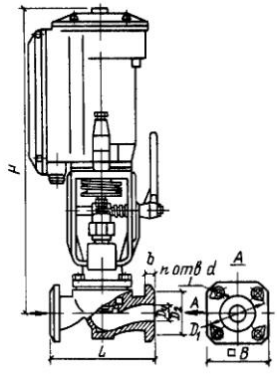
ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, ВЕНТИЛЕЙ ЗАПОРНЫХ ФЛАНЦЕВЫХ ИЗ СЕРОГО И КОВКОГО ЧУГУНА 15ч 9п 2; 15ч 9р 2



Условный проход D_y	L	D	D_1	D_2	b	d	H	D_0	n	Масса
25	120	115	85	68	14	14	143	80	4	3,6
32	140	135	100	78	16	18	145	80	4	5,5
40	170	145	110	88	16	18	179	120	4	7,65
50	200	160	125	102	17	18	185	120	4	10,3

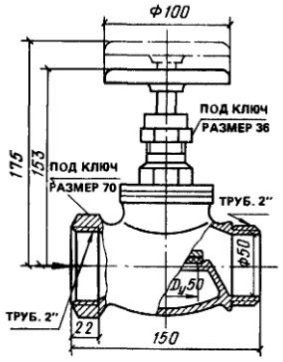
ТАБЛИЦА VI.4.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, ВЕНТИЛЕЙ САЛЬНИКОВЫХ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЗАЩЕЛКОЙ ФЛАНЦЕВЫХ 15кч 892п 1–п4; 15кч 892р 1 р4

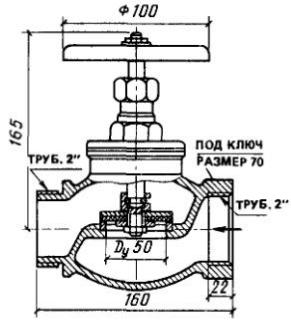


D_y	L	B	D_1	D_2	b	d	H	n	Масса 15кч892п1-п4	Масса 15кч892р1-р4
25	160	90	85	68	12	14	430	4	18	18,2
50	230	125	125	102	15	18	484	4	22	22,2
65	290	140	145	122	17	18	445	4	33,8	34

Примечание. Вентили 15кч 892р1-р4 изготовляют только по специальному заказу



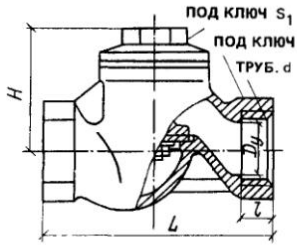
Вентиль запорный пожарный с муфтой и цапкой $D_y = 50$ мм латунный на p_y 0,6 МПа (6 кгс/см^2) 1Б 1р, применяемый на пожарных трубопроводах для воды с рабочей температурой до 50°С по ТУ 26-07-226-78



Вентиль запорный пожарный с муфтой и цапкой $D_y = 50$ мм из ковкого чугуна на p_y 1,6 МПа (16 кгс/см^2) 15кч 11р, применяемый на пожарных трубопроводах для воды с рабочей температурой до 50°С.

ТАБЛИЦА VII.2.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, КЛАПАНОВ ОБРАТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МУФТОВЫХ ИЗ КОВКОГО ЧУГУНА 16кч 11р ПО ГОСТ 11823–74 С ИЗМ.



Условный проход D_y	L	Резьба трубная d	l	H	s	s_1	Масса
15	90	$^1/_2$"	12	55	27	24	0,5
20	100	$^3/_4$"	14	60	36	24	0,8
25	120	1"	16	65	41	27	1
32	140	$1^1/_4$"	18	75	50	32	1,8
40	170	$1^1/_2$"	20	90	60	32	3
50	200	2"	22	100	70	36	4

Примечания: 1. Клапаны применяются на трубопроводах для предотвращения обратного потока воды с температурой до 50°С.

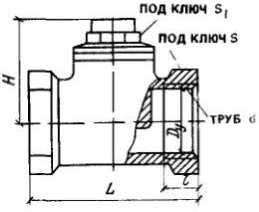
2. Клапаны устанавливают на горизонтальном трубопроводе крышкой вверх.

Приложение VII

КЛАПАНЫ

ТАБЛИЦА VII.1.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, КЛАПАНОВ ОБРАТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МУФТОВЫХ ЛАТУННЫХ 16Б 16к ПО ГОСТ 12677–75 С ИЗМ.



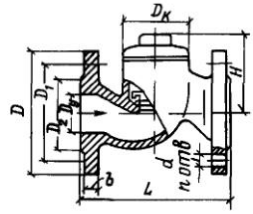
Условный проход D_y	L	Резьба трубная d	l	H	s	s_1	Масса
15	55	$^1/_2$"	12	38	27	19	0,23
20	65	$^3/_4$"	14	42	32	22	0,3
25	80	1"	16	42	41	22	0,5
40	110	$1^1/_2$"	20	70	60	32	1,43
50	130	2"	22	80	70	36	2

Примечания: 1 Клапаны применяются на трубопроводах для предотвращения обратного потока воды и пара с рабочей температурой до 225°С.

2. Клапаны устанавливают на горизонтальном трубопроводе крышкой вверх.

ТАБЛИЦА VII.3.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, КЛАПАНОВ ОБРАТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ ФЛАНЦЕВЫХ ЧУГУННЫХ 16ч3п; 16ч3бр И 16ч3р



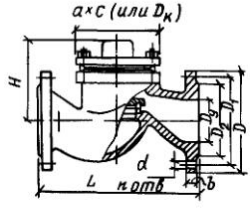
Условный проход D_y	L	D	D_1	D_2	b	d	H	$D_к$	n	Масса
25	120	115	85	68	14	14	70	—	4	3,3
40	170	145	110	88	16	18	95	80	4	7
50	200	160	125	102	17	18	105	88	4	9,4

Примечания: 1 Клапаны применяются на трубопроводах для предотвращения обратного потока воды и пара с рабочей температурой до 225°С (клапаны 16ч 3бр и 16ч 3п) и воды с рабочей температурой до 50°С (клапан 16ч 3р)

2 Клапаны устанавливают на горизонтальном трубопроводе крышкой вверх

ТАБЛИЦА VII.4.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, КЛАПАНОВ ОБРАТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ ФЛАНЦЕВЫХ ЧУГУННЫХ 16ч 6бр И 16ч 6р ПО ГОСТ 19500–74 С ИЗМ.



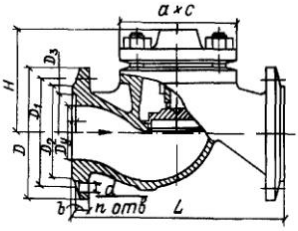
Условный проход D_y	L	D	D_1	D_2	b	d	H	$a \times c$ (или $D_к$)	n	Масса
65	290	180	145	122	17	18	140	135 × 132	4	18
80	310	195	160	138	19	18	155	162 × 148	4	23,5
100	350	215	180	158	21	18	175	225	8	35,5
150	480	280	240	212	25	22	230	286	8	74

Примечания: 1 Клапаны применяются на трубопроводах для предотвращения обратного потока воды и пара с рабочей температурой до 225°С (клапан 16ч 6бр) и воды с рабочей температурой до 50°С (клапан 16ч 3р)

2 У клапанов 16ч6р пропуск воды при закрытом затворе не допускается

ТАБЛИЦА VII.5.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, КЛАПАНОВ ОБРАТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ ФЛАНЦЕВЫХ ИЗ КОВКОГО ЧУГУНА 16кч 9п ПО ГОСТ 19501–74 С ИЗМ.

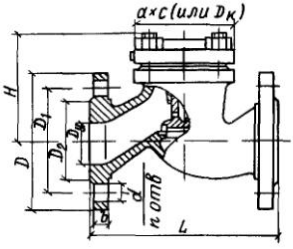


Условный проход D_y	L	D	D_1	D_2	D_3	f	b	d	H	$a \times c$	n	Масса
32	180	135	100	78	66	3	15	18	90	100 × 100	4	5,8
40	200	145	110	88	76	3	15	18	105	112 × 118	4	7,87
50	230	160	125	102	88	3	17	18	105	124 × 127	4	10,3
65	290	180	145	122	110	3	19	18	140	150 × 168	8	18,9
80	310	195	160	138	121	3	21	18	155	176 × 192	8	24,7

Примечание. Клапаны применяются на трубопроводах для предотвращения обратного потока воды и пара с рабочей температурой до 225°С

ТАБЛИЦА VII.6.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, КЛАПАНОВ ОБРАТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ ФЛАНЦЕВЫХ СТАЛЬНЫХ 16с 13нж



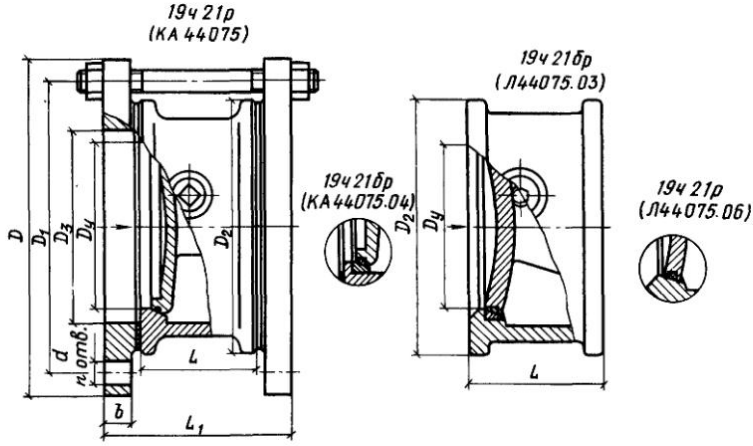
Условный проход D_y	L	D	D_1	D_2	b	d	H	$a \times c$ (или D_K)	n	Масса
40	200	145	110	88	16	18	117	108 × 120	4	10,5
50	230	160	125	102	17	18	117	108 × 120	4	12,8
65	290	180	145	122	19	18	156	190	8	23,3
80	310	195	160	138	19	18	156	190	8	27,3
100	350	230	190	158	21	22	193	215	8	37,1
150	480	300	250	212	27	26	254	290	8	82,7
200	600	375	320	285	35	30	266	370	12	137,6

Примечания: 1 Клапаны применяются на трубопроводах для предотвращения обратного потока воды и пара с рабочей температурой от −40°С до +400°С

2 Клапаны устанавливают на горизонтальном трубопроводе крышкой вверх

ТАБЛИЦА VII.7.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, КЛАПАНОВ ОБРАТНЫХ ПОВОРОТНЫХ ОДНОДИСКОВЫХ ЧУГУННЫХ 19ч 21р И 19ч 21бр



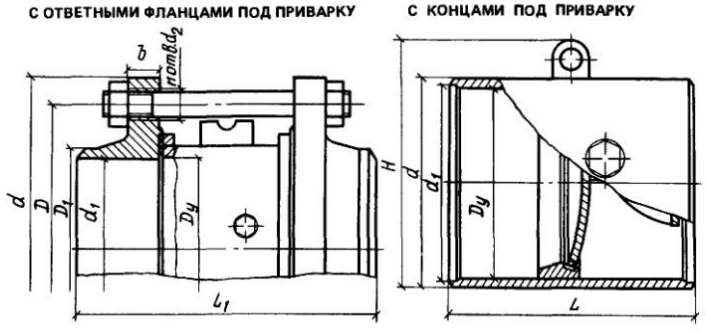
Условный проход D_y	L	L_1	D	D_1	D_2	D_3	b	d	n	Масса без ответных фланцев	Масса с ответными фланцами
50	60	108	160	125	106	59	19	18	4	2,4	9,13
80	70	125	195	160	146	91	21	18	4	4,9	15,7
100	80	136	215	180	164	110	23	18	4	6	17,7
150	100	160	280	240	220	161	25	22	8	11,6	32
200	140	208	335	295	272	222	27	22	12	25,7	—
250	150	220	405	355	328	273	28	26	12	33,7	—

Примечания: 1. Клапаны применяются на трубопроводах для предотвращения обратного потока воды и пара с рабочей температурой до 225°С (клапан 19ч21бр) и воды с рабочей температурой до 50°С (клапан 19ч21р).

2. Клапаны устанавливают на горизонтальном трубопроводе или на вертикальном трубопроводе входным патрубком вниз.

ТАБЛИЦА VII.8.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, КЛАПАНОВ ОБРАТНЫХ ПОВОРОТНЫХ СТАЛЬНЫХ С КОНЦАМИ ПОД ПРИВАРКУ 19с47нж ПО ГОСТ 13252–73 С ИЗМ.



Продолжение табл. VII.8

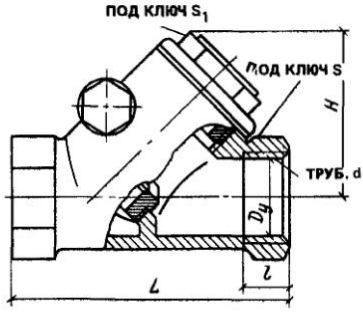
Условный проход D_y	L	L_1	D	D_1	d	d_1	d_2	b	H	n	Масса
200	250	–	–	–	222	204	–	35	270	–	22
300	450	510	510	450	330	303	33	42	405	16	75
400	500	634	655	585	432	401	39	54	506	16	120
600	650	–	–	–	636	596	–	58	710	–	340

Примечания: 1. Клапаны применяются на трубопроводах для предотвращения обратного потока воды и пара с рабочей температурой до 450 °С. Температура окружающей среды от −30 до +50 °С.

2. Клапаны устанавливают на вертикальном трубопроводе входным патрубком вниз, на горизонтальном – так, чтобы ось вращения захлопки была расположена выше оси трубопровода и лежала в горизонтальной плоскости.

ТАБЛИЦА VII. 9.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, КЛАПАНОВ ОБРАТНЫХ ПОВОРОТНЫХ МУФТОВЫХ ЛАТУННЫХ 19Б 1нж, 19Б 16к ПО ТУ 26-07-1102-75



Условный проход D_y	L	Резьба трубная d	l	S	S_1	H	Масса
8	65	$^1/_4$"	11	19	22	43	0,45
15	95	$^1/_2$"	15	32	27	60	0,9
25	120	1"	19	41	41	70	1,6
32	135	$1^1/_4$"	22	41	50	80	2

Примечания: 1. Клапаны применяются на трубопроводах для предотвращения обратного потока воды и пара с рабочей температурой до 225 °С.

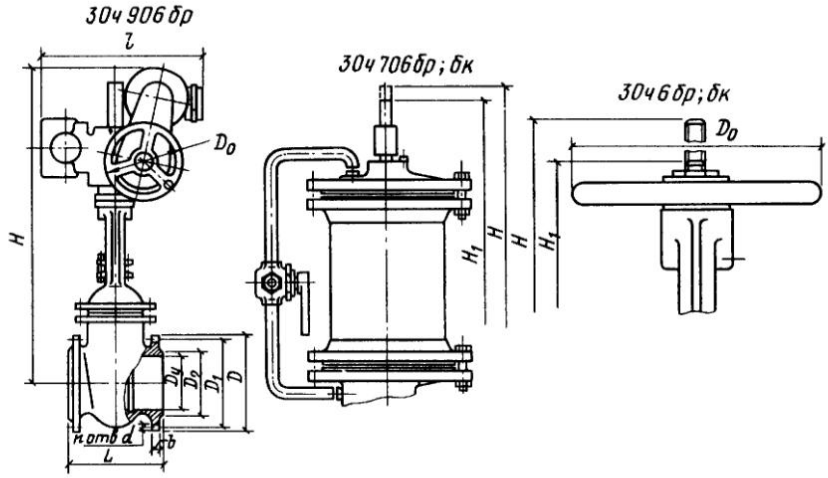
2. Клапаны устанавливают на горизонтальном трубопроводе крышкой вверх, на вертикальном – входным патрубком вниз.

Приложение VIII

ЗАДВИЖКИ

ТАБЛИЦА VIII.1.

РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, ЗАДВИЖЕК ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ С ВЫДВИЖНЫМ ШПИНДЕЛЕМ ФЛАНЦЕВЫХ ЧУГУННЫХ 30ч906бр, 30ч706бр; бк, 30Ч6бр; бк



Условное обозначение	Условный проход	L	D	D_1	D_2	d	b	H	H_1	l	D_0	n	Масса
30ч6бр	50	180	160	125	102	18	17	350	295	–	160	4	17,3
30ч6бр	80	210	195	160	138	18	19	440	350	–	160	4	29
30ч6бр	100	230	180	158	17	18	19	523	410	–	200	8	39,5
30ч906бр								940	–	345	200		75
30ч6бр	125	255	245	210	188	18	21	635	495	–	240	8	56,4
30ч6бр	150	280	280	240	212	23	21	720	560	–	240	8	73,6
30ч906бр								1095	–	398	150		103,2
30ч6бр	200	330	335	295	268	23	23	900	695	–	280	8	116,2
30ч706бр								1066	858	–	–		155,8
30ч906бр								1067	–	530	240		170,9
30ч6бр	250	450	390	350	320	23	25	1090	830	–	320	12	168,2
30ч706бр								1250	992	–	–		209
30ч906бр								1202	–	530	240		221,9
30ч6бр	300	500	440	400	370	23	25	1285	975	–	360	12	241,65
30ч906бр								1350	–	530	240		292
30ч6бр	350	550	500	460	430	23	26	1480	1120	–	400	16	323
30ч706бр								1695,5	1332,5	–	–		410

Продолжение табл. VIII.1

Условное обозначение	Условный проход	L	D	D_1	D_2	d	b	H	H_1	l	D_0	n	Масса
30ч66бр								1660	1250	–	500		438,2
30ч706бр	400	600	565	515	482	27	28	1822	1408	–	–	16	522
30ч906бр								1632	–	530	240		492,8

Примечания: 1. Задвижка 30ч706бр применяется на трубопроводах для воды с рабочей температурой до 40 °С; задвижки 30ч66бр и 30ч 906бр – для воды и пара с рабочей температурой до 225 °С.

2. Управление задвижкой – ручное маховиком (30ч66бр), от гидропривода (30ч706бр) и от электропривода в нормальном исполнении (30ч906бр), тип которого указан в табл. X.2.

3. Задвижки 30ч66бр и 30ч706бр устанавливают на трубопроводе в любом рабочем положении, кроме положения «маховиком или гидроприводом вниз», задвижку 30ч906бр устанавливают на горизонтальном трубопроводе электроприводом вверх (допускается устанавливать задвижку горизонтально, в положении «на ребро» и «плашмя» при горизонтальном положении оси электродвигателя, смазывании червячной пары и роликоподшипников густой смазкой и наличии опоры под электропривод.

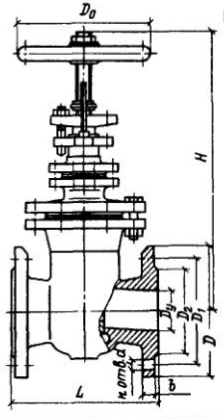
ТАБЛИЦА VIII.2.

ТИП ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Продолжение табл. VIII.2.

Условный проход задвижки D_y, мм	Тип электропривода	Электродвигатель	
		тип	мощность, кВт
100 150	ТЭ 099.058–04М	4АА56В4У3 или АОЛ-12-4У3	0,18
200 250 300 400	Б 099.098–03М	4АХС80А4У3 или АОЛС2-21-4У3	1,3

ТАБЛИЦА VIII.3.



РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, ЗАДВИЖЕК КЛИНОВЫХ С НЕВЫДВИЖНЫМ ШПИНДЕЛЕМ ЧУГУННЫХ ФЛАНЦЕВЫХ 30ч476р2 ПО ТУ 26-07-1150-76

Условный проход D_y	L	D	D_1	D_2	d	b	H	D_0	n	Масса
50	180	160	125	102	18	17	355	160	4	18,8
80	210	195	160	138	18	19	440	200	4	33,9
100	230	215	180	158	18	19	485	200	8	44,8
150	280	280	240	212	23	21	588	240	8	72,7
200	330	335	295	268	23	23	725	320	8	121,5
400	600	565	515	482	27	28	1140	500	16	431

Примечания 1. Задвижки применяют на трубопроводах для воды с рабочей температурой до 100 °С.

2. Задвижки устанавливают на трубопроводах в любом рабочем положении.

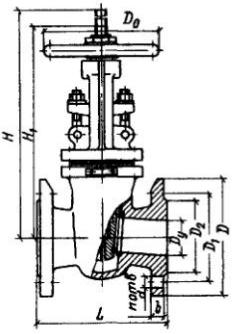


ТАБЛИЦА VIII.4.

РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, ЗАДВИЖЕК КЛИНОВЫХ С ВЫДВИЖНЫМ ШПИНДЕЛЕМ ЧУГУННЫХ ФЛАНЦЕВЫХ 31ч6бр, 31ч6нж ПО ГОСТ 5762–74 С ИЗМ.

Условное обозначение	Условный проход D_y	L	D	D_1	D_2	b	d	H	H_1	D_0	n	Масса
31ч6бр	50	180	160	125	102	17	18	355	290	160	4	15,9
31ч6бр, 31ч6нж	80	210	195	160	138	19	18	476	362	160	4	25,9
31ч6бр	100	230	215	180	158	19	18	543	435	200	8	36
31ч6бр, 31ч6нж	125	255	245	210	188	21	18	665	527	240	8	55,3
31ч6нж	150	280	280	240	212	21	23	770	600	240	8	77,2
31ч6бр	200	330	335	295	268	23	23	900	695	280	8	125
31ч6бр	250	450	390	350	320	25	23	1090	830	320	12	175

Примечание Задвижки применяют на трубопроводах для воды и пара (31ч6бр), для воды, пара и неагрессивных жидкостей (31ч6нж) с рабочей температурой до 225 °С

Приложение IX

КОНДЕНСАТООТВОДЧИКИ

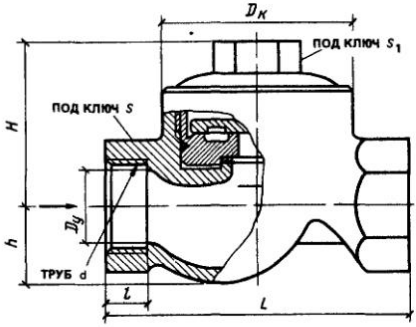


ТАБЛИЦА IX.1.

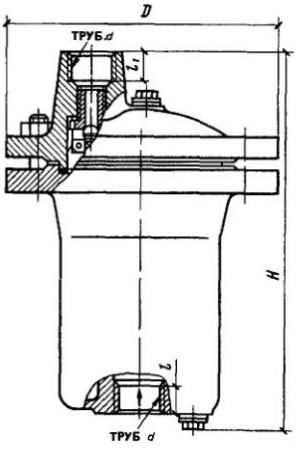
ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, $K_{V\,макс}$ И МАССА, кг, КОНДЕНСАТООТВОДЧИКОВ ТЕРМИЧЕСКИХ МУФТОВЫХ 45 ч 12нж

Условный проход D_y	L	Труб d	l	H	h	S	S_1	$D_к$	$K_{V\,макс}$, т/ч	Масса
15	90	$^1/_2$″	14	60	17,5	30	30	55	0,8	1
20	100	$^3/_4$″	16	65	22,5	36	30	65	1	1,5
25	120	1″	18	70	28	46	41	75	1,25	2
32	140	$^1/_4$″	20	85	35	55	41	90	1,6	3,5
40	170	$^1/_2$″	22	90	42,5	60	41	102	2,2	4,5
50	200	2″	24	105	60	75	41	112	2,5	7

Примечание Применяются для автоматического отвода из паропроводов и пароприемников конденсата водяного пара рабочей температурой до 200 С

ТАБЛИЦА IX.2.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, КОНДЕНСАТООТВОДЧИКОВ ПОПЛАВКОВЫХ МУФТОВЫХ 45ч13нж



Условный проход D_y	D	Труб d	l	l_1	H	Масса
20	150	$^3/_4''$	16	16	244	7
25	175	$1''$	22	22	275	8,6
40	215	$1^1/_2''$	22	22	350	16,5
50	250	$2''$	24	24	390	26,5

Примечание Применяются на трубопроводах для автоматического отвода конденсата водяного пара рабочей температурой до 300 °С

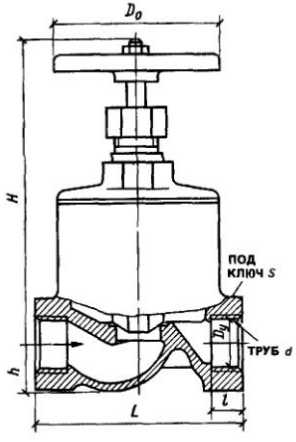


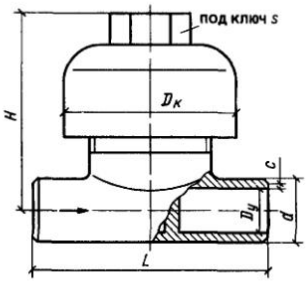
ТАБЛИЦА IX.3.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И Пприсоединительные РАЗМЕРЫ, мм, $K_{V\,макс}$ И МАССА, кг, КОНДЕНСАТООТВОДЧИКОВ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ С ОБВОДОМ МУФТОВЫХ 45ч15нж

Условный проход D_y	L	Труб, d	l	H	h	S	D_0	$K_{V\,макс}$, т/ч	Масса
15	90	$^1/_2''$	14	157	17,5	30	65	0,8	2,1
20	100	$^3/_4''$	16	157	22,5	36	65	1	2,7
25	120	$1''$	18	189	28	53	100	1,25	4,2
32	140	$1^1/_4''$	20	197	35	55	100	1,6	5,4
40	170	$1^1/_2''$	22	237	42,5	60	120	2	8,8
50	200	$2''$	24	242	51,5	75	120	2,5	11,5

ТАБЛИЦА IX.4.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, $K_{V\,макс}$ И МАССА, кг, КОНДЕНСАТООТВОДЧИКОВ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ С ПАТРУБКАМИ ПОД ПРИВАРКУ 45с13нж, 45нж13нж

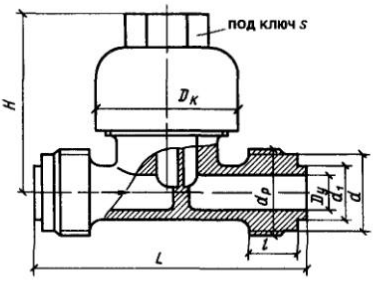


Условный проход $D_у$	L	d	c	H	S	$D_к$	$K_{V\,макс}$, т/ч	Масса
10	80	17	1	70	30	54	0,8	0,8
15	90	22	1	70	30	62	0,8	1
25	120	33	1	85	32	78	1	1,7
32	140	40	1	95	41	90	1,25	2,8
40	170	48	1	95	41	105	1,6	4
50	200	60	1	110	41	120	2	6

Примечание Применяются для автоматического отвода из паропроводов и пароприемников конденсата водяного пара рабочей температурой до 300 °С

ТАБЛИЦА IX.5.

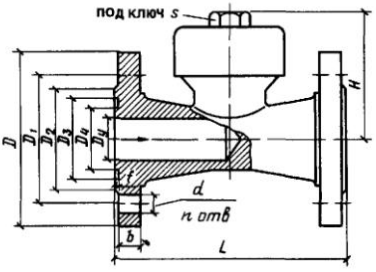
ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, $K_{V\,макс}$ И МАССА, кг, КОНДЕНСАТООТВОДЧИКОВ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ШТУЦЕРНО-ТОРЦОВЫХ 35с16нж



Условный проход $D_у$	L	$d_р$	d	d_1	l	H	S	$D_к$	$K_{V\,макс}$, т/ч	Масса
10	106	M27 × 1,5	24,8	14	16	80	30	54	0,8	1
15	125	M36 × 2	33	22	22	80	30	62	0,8	1,25
25	150	M48 × 2	45	32	32	95	32	78	1	2

ТАБЛИЦА IX.6.

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И Пприсоединительные РАЗМЕРЫ, мм, $K_{V\,макс}$ И МАССА, кг, КОНДЕНСАТООТВОДЧИКОВ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФЛАНЦЕВЫХ 45с22нж



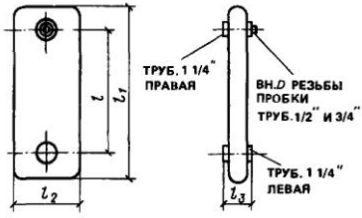
Условный проход $D_у$	L	D	D_1	D_2	D_3	D_4	b	f	d	H	S	n	$K_{V\,макс}$, т/ч	Масса
25	200	135	100	68	58	42	22	3	18	101	30	4	1,25	7,4
50	250	195	145	102	88	72	25	3	26	136	41	4	2,5	19,3

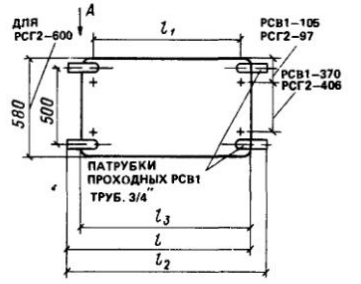
Приложение X

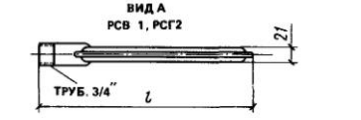
ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

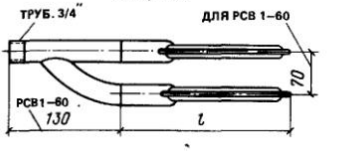
ТАБЛИЦА X.1.

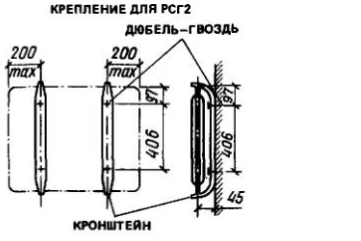
ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ









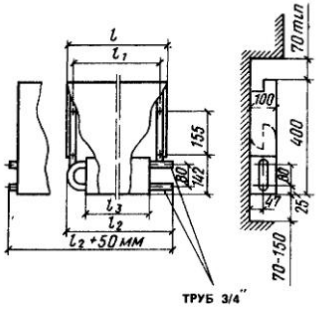


Эскиз	Обозначение прибора	Площадь нагревательной поверхности A, м²	Номинальный тепловой поток $Q_{ном}$, Вт (ккал/ч)	n_1 и n_2 (см. примечание 1)		Строительные размеры, мм				Масса, кг
				n_1	n_2	l	l_1	l_2	l_3	
	Радиаторы чугунные секционные (ГОСТ 8690–75)									
	МС-140-108	0,244	185 (159)	–	–	500	588	140	108	7,62
	МС-140-98	0,240	174 (150)	–	–	500	588	140	98	7,4
	М-140 АО	0,299	178 (153)	–	–	500	582	140	96	8,45
	М-140А	0,254	164 (141)	–	–	500	582	140	96	7,8
	М-90	0,2	140 (120)	–	–	500	582	90	96	6,15
	МС-90-108	0,187	150 (129)	–	–	500	588	90	108	6,15
	Радиаторы стальные панельные типа РСВ1 (ГОСТ 20335–74 и ТУ 401-11-171-87)									
	а) *однорядные концевые и проходные (с индексом «п»)*									
	РСВ1-1	0,71	504	–	–	563	518	708	538	7,8
	РСВ1-1п		(433)							8,3
	РСВ1-2	0,95	676	–	–	749	704	894	724	10,3
	РСВ-2п		(581)							10,8
	РСВ1-3	1,19	850	–	–	935	890	1080	910	12,8
	РСВ1-3п		(731)							13,3
	РСВ1-4	1,44	1025	–	–	1121	1076	1266	1096	15,3
	РСВ1-4п		(981)							15,8
	РСВ1-5	1,68	1199	–	–	1307	1262	1452	1282	17,9
	РСВ1-5п		(1031)							18,4
	б) *двухрядные концевые*									
	2РСВ1-1	1,42	873	–	–	563	518	–	538	15,7
			(751)							
	2РСВ1-2	1,9	1177	–	–	749	704	–	724	20,78
			(1012)							
	2РСВ1-3	2,38	1475	–	–	935	890	–	910	25,82
			(1268)							
	2РСВ1-4	2,88	1779	–	–	1121	1076	–	1096	30,86
			(1530)							
	2РСВ1-5	3,36	2083	–	–	1307	1262	–	12,82	35,9
			(1791)							
	Радиаторы стальные панельные четырехходовые типа РСГ2 (ГОСТ 20335–74 и ТУ 21-26-220-78)									
	а) *однорядные*									
	РСГ2-1-2	0,54	400	–	–	440	–	–	410	6,0
			(344)							
	РСГ2-1-3	0,74	553	–	–	595	–	–	565	8,3
			(476)							
	РСГ2-1-4	0,95	706	–	–	755	–	–	725	10,5
			(607)							
	РСГ2-1-5	1,19	881	–	–	940	–	–	910	13,2
			(758)							
	РСГ2-1-6	1,44	1056	–	–	1130	–	–	1100	15,9
			(908)							
	РСГ2-1-7	1,68	1231	–	–	1315	–	–	1285	18,5
			(1059)							
	РСГ2-1-8	1,93	1406	–	–	1505	–	–	1475	21,1
			(1209)							
	РСГ2-1-9	2,17	1581	–	–	1690	–	–	1660	23,8
			(1360)							

Продолжение табл. X.1

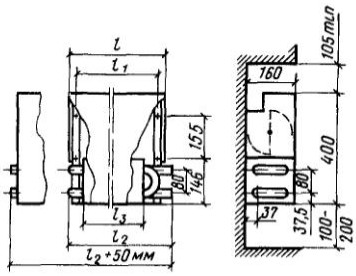
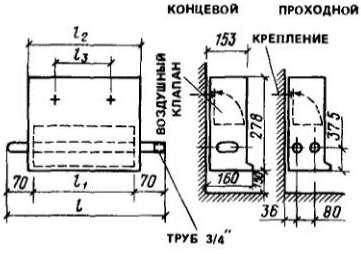
Эскиз	Обозначение прибора	Площадь нагревательной поверхности A, м²	Номинальный тепловой поток $Q_{н.у}$, Вт (ккал/ч)	n_1 и n_2 (см. примечание 1)	Строительные размеры, мм				Масса, кг
				n_1 - n_2	l	l_1	l_2	l_3	
			б) *двухрядные*						
	РСГ2-2-4	1,08 / 1,37*	1160 (998)	– –	755			725	22,0
	РСГ2-2-5	1,48 / 1,71*	1446 (1244)		940	–	–	910	27,4
	РСГ2-2-6	1,90 / 2,04*	1730 (1488)	– –	1130	–	–	1100	32,8
	РСГ2-2-7	2,38 / 2,38*	2012 (1730)	– –	1315	–		1285	38,0
	РСГ2-2-8	3,36 / 2,71*	2294 (1973)	– –	1505	–	–	1475	43,4
	РСГ2-2-9	4,31 / 3,04*	2574 (2214)	– –	1690	–	–	1660	48,6

Конвектор настенный с кожухом «Универсал»: концевой (с индексом «к») и проходной (с индексом «п») (ГОСТ 20849–75* с изменением от 17 ноября 1986 г.)



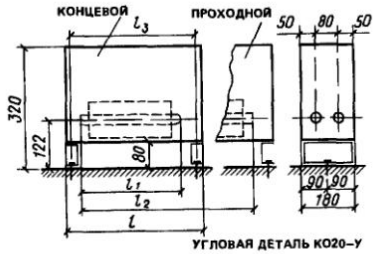
КН20-0,4к	0,952	400	У1	–	645	568	660	500	9,027
КН20-0,4п	1,12*	(344)							9,043
КН20-0,479к	1,14	479	У2	–	745	668	760	600	10,243
КН20-0,479п	1,34*	(412)							10,259
КН20-0,655к	1,83	655	У3	–	645	568	660	500	10,831
КН20-0,655п		(563)							10,847
КН20-0,786к	2,20	786	У4	–	745	668	760	600	12,443
КН20-0,786п		(676)							12,497
КН20-0,918к	2,57	918	У5	-	845	768	860	700	14,163
КН20-0,918п		(789)							14,069
КН20-1,049к	2,94	1049	У6	–	945	868	960	800	15,620
КН20-1,049п		(902)							15,634
КН20-1,18к	3,30	1180	У7		1045	968	1060	900	17,572
КН20-1,18п		(1015)							17,588
КН20-1,311к	3,67	1311	У8	-	1145	1068	1160	1000	19,191
КН20-1,311п		(1127)							19,207
КН20-1,442к	4,04	1442	У9	–	1245	1168	1260	1100	20,798
КН20-1,442п		(1240)							20,814
КН20-1,573к	4,41	1573	У10	–	1345	1268	1360	1200	22,448
КН20-1,573п		(1353)							22,464
КН20-1,704к	4,77	1704	У11		1445	1368	1460	1300	24,097
КН20-1,704п		(1465)							24,113
КН20-1,835к	5,14	1835	У12		1545	1468	1560	1400	25,702
КН20-1,835п		(1578)							25,718
КН20-1,966к	5,51	1966	У13		1645	1568	1660	1500	27,352
КН20-1,966п		(1691)							27,368

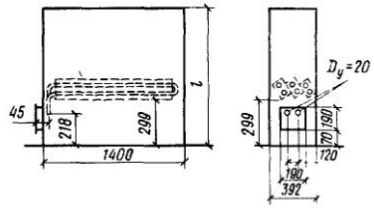
Продолжение табл X 1

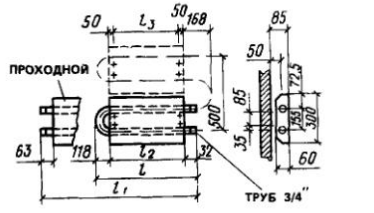
Эскиз	Обозначение прибора	Площадь нагревательной поверхности A, м²	Номинальный тепловой поток $Q_{н.у}$, Вт (ккал/ч)	n_1 и n_2 (см примечание 1)		Строительные размеры, мм				Масса, кг
				n_1	n_2	l	l_1	l_2	l_3	
	Конвектор настенный с кожухом «Универсал–С»: концевой (с индексом «к») и проходной (с индексом «п») (ГОСТ 20849 75* с изменениями от 17 ноября 1986 г)									
	КН20-1,226к	3,55	1226 (1054)	У14		700	578	715	500	18,016
	КН20-1,348к	3,906	1348 (1159)	У15	–	750	623	765	550	19,312
	КН-20-1,471к	4,26	1471 (1265)	У16	–	800	678	815	600	20,659
	КН20-1,593к	4,61	1593 (1370)	У17	–	850	728	865	650	20,211
	КН20-1,716к	4,97	1716 (1476)	У18	–	900	778	915	700	23,401
	КН20-1,838к	5,325	1838 (1581)	У19	–	950	828	965	750	24,731
	КН20-1,838п					950	828	1015	750	24,635
	КН20-1,961к	5,68	1961 (1686)	У20	–	1000	878	1015	800	26,157
	КН20-2,063к	6,035	2063 (1774)	У21	–	1050	928	1065	850	27,473
	КН20-2,206к	6 39	2206 (1897)	У22		1100	978	1115	900	29,161
	КН20-2,348к	6,745	2328 (2002)	У23	–	1150	1028	1165	950	30,455
	КН20-2,451к	7,1	2451 (2108)	У24	–	1200	1078	1215	1000	31,912
	КН20-2,451п					1200	828	1265	1000	29,486
	КН20-2,574к	7,455	2574 (2214)	У25	–	1250	1128	1265	1050	33,291
	КН20-2,696к	7,81	2696 (2318)	У26	–	1300	1178	1315	1100	34,675
	КН20-2,819к	8,165	2819 (2424)	У27		1350	1228	1365	1150	36,078
	КН20-2,941к	8,52	2941 (2529)	У28	–	1400	1278	1415	1200	37,415
	КН20-2,941п					1400	1278	1465	1200	34,369
	Конвекторы настенные с кожухом «Комфорт-20»: концевые (с индексом «к») и проходные (с индексом «п») (ГОСТ 20849 75* с изменением от 17 ноября 1986 г.)									
	КН20-0,372к	0,71	372		–	340	200	300	140	5,6
	КН20-0.372п	0,81*	(320)							
	КН20-0,515к	0,065	515	–	–	440	300	400	240	7,15
	КН20-0,515п	1,12*	(443)							
	КН20-0,655к	1,42	655	–		540	400	500	340	8,68
	КН20-0,655п		(563)							
	КН20-0,820к	1,775	820	–	–	640	500	600	440	10,24
	КН20-0,820п		(705)							
	КН20-0,985к	2,13	985	–		740	600	700	540	11,75
	КН20-0,985п		(847)							
	КН20-1,150к	2,485	1150		–	840	700	800	640	13,32
	КН20-1,150п		(989)							
	КН20-1,315к	2,84	1315	–	–	940	800	900	740	14,87
	КН20-1,315п		(1131)							
	КН20-1,475к	3,195	1475		–	1040	900	1000	840	16,39
	КН20-1,475п		(1268)							
	КН20-1,640к	3,55	1640		–	1140	1000	1100	940	17,94
	КН20-1,640п		(1410)							
	КН20-1,805к	3,905	1805			1240	1100	1200	1040	19,51
	КН20-1,805п		(1552)							
	КН20-1,970к	4,26	1970			1340	1200	1300	1140	21,02
	КН20-1,970п		(1694)							

Продолжение табл. X.1

Эскиз	Обозначение прибора	Площадь нагревательной поверхности A, м²	Номинальный тепловой поток $Q_{ном}$, Вт (ккал/ч)	n_1 и n_2 (см. примечание 1)		Строительные размеры, мм				Масса, кг
				n_1	n_2	l	l_1	l_2	l_3	







Конвекторы с кожухом напольные островные «Ритм» и «Ритм-1500» (ГОСТ 20849–75* с изменением от 17 ноября 1986 г.) (к – концевой; кв – концевой с патрубком для воздушного крана; п – проходной; у – угловая деталь; т. о – торцевая деталь с отверстием, т г – торцевая деталь глухая)

Конвекторы «Ритм»

КО20-0,915п	2,13	915 (787)	–	–	990	–	600	982	20
КО20-1,37к	3,195	1370	–	–	990	900	–		
КО20-1,37кв		(1178)				900	–	982	22,5
КО20-1,37п							900		

Конвекторы «Ритм-1500»

КО20-2,14к						1400	–	-	32,6
КО20-2,14кв	4,97	2140	–	–	1490	1400	–	1482	32,6
КО20-2,14п		(1840)				–	1400		32,5

Детали конвекторов «Ритм» и «Ритм-1500»

КО20У	–	–	–	–	–	–	–	–	1,93
КО20ТО	–	–	–	–	–	–	–	–	0,6
КО20ТГ	–	–	–	–	–	–	–	–	0,65

Конвекторы с кожухом высокие «КВ» (ГОСТ 20849–75* с изменением от 17 ноября 1986 г. и ТУ 21–26–215–78)

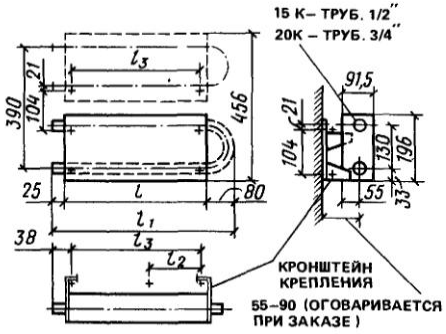
КВ20-5,665-600	12,78 / 10,65*	5665 (4872)	–	–	600	–	–	77,5
КВ20-6,8-900	12,78 / 12,78*	6800 (5848)	–	–	900	–	–	89,5
КВ20-7,37-1200	12,78 / 13,87*	7370 (6338)	–	–	1200	–	–	102,6

Конвекторы настенные без кожуха «Аккорд» (ТУ 21–26–036 85)

а) *однорядные концевые (с индексом «к») и проходные (с индексом «п»)*

КА-0,366к	0,98	366	–	–	610	555	460	400	5,0
КА-0,366п		(315)							4,8
КА-0,448к	1,3	488	–	–	770	715	620	560	6,5
КА-0,448п		(385)							6,5
КА-560к	1,63	560	–	–	930	875	780	720	7,7
КА-0,560п		(482)							7,5
КА-0,672к	1,96	672	–	–	1090	1035	940	880	9,5
КА-0,672п		(578)							9,0
КА-0,784к	2,28	784	–	–	1250	1195	1100	1040	11,0
КА-0,784п		(674)							10,5
КА-0,896к	2,61	896	–	–	1410	1355	1260	1200	12,0
КА-0,896п		(770)							12,0
КА-1,008к	2,94	1008	–	–	1570	1515	1420	1360	13,5
КА-1,008п		(867)							13,0
КА-1,120к	3,26	1120	–	–	1730	1675	1580	1520	15,0
КА-1,120п		(963)							14,5

Продолжение табл. X.1

Эскиз	Обозначение прибора	Площадь нагревательной поверхности A, м²	Номинальный тепловой поток $Q_{н.у}$, Вт (ккал/ч)	n_1 и n_2 (см. примечание 1)		Строительные размеры, мм				Масса, кг
				n_1	n_2	l	l_1	l_2	l_3	
	б) *двухрядные концевые (с индексом «к»)*									
	К2А-0,621к	1,95	621 (534)	–	–	610	–	460	400	10,5
	К2А-0,823к	2,6	823 (708)	–	–	770	–	620	560	13,0
	К2А-1,030к	3,25	1030 (886)	–	–	930	–	780	720	16,0
	К2А-1,237к	3,9	1237 (1064)	–	–	1090	–	940	880	18,5
	К2А-1,445к	4,56	1445 (1243)	–	–	1250	–	1100	1040	21,5
	К2А-1,646	5,19	1646 (1415)	–	–	1410	–	1260	1200	24,5
	К2А-1,854к	5,85	1854 (1594)	–	–	1570	–	1420	1360	27,0
	К2А-2,061к	6,5	2061 (1772)	–	–	1730	–	1580	1520	29,5
	Конвекторы настенные без кожуха «Прогресс-15» (в обозначении $Q_{н.у}$ заменено условной длиной)									
	а) *однорядные*									
	15К1-0,4	0,88	300 (258)	–	–	380	485	–	348	4,0
	15К1-0,5	1,11	378 (325)	–	–	480	585	–	448	5,3
	15К1-0,6	1,33	453 (389)	–	–	580	685	–	548	6,2
	15К1-0,7	1,55	528 (454)	–	–	680	785	–	648	7,1
	15К1-0,8	1,77	603 (518)	–	–	780	885	–	748	8,1
	15К1-0,9	1,99	677 (582)	–	–	880	985	–	848	8,9
	15К1-1,0	2,21	752 (647)	–	–	980	1085	–	948	9,8
	15К1-1,1	2,43	827 (711)	–	–	1080	1185	–	1048	10,7
	15К1-1,2	2,65	902 (776)	–	–	1180	1285	–	1148	11,6
	б) *однорядные удлиненные (составлены из двух конвекторов с зазором между ними 50 мм)*									
	15К1-1,3	2,88	930 (800)	–	–	1310	1415	648	1278	11,9
	15К1-1,4	3,10	1055 (907)	–	–	1410	1515	648	1378	12,9
	15К1-1,5	3,32	1130 (972)	–	–	1510	1615	748	1478	13,7
	15К1-1,6	3,54	1205 (1036)	–	–	1610	1715	748	1578	14,7
	15К1-1,7	3,76	1280 (1101)	–	–	1710	1815	848	1678	15,6
	15К1-1,8	3,98	1355 (1165)	–	–	1810	1915	848	1778	16,6
	15К1-1,9	4,20	1430 (1230)	–	–	1910	2015	948	1878	17,5
	15К1-2,0	4,42	1505 (1294)	–	–	2010	2115	948	1978	18,3
	в) *двухрядные*									
	15К2-0,4	1,76	538 (463)	–	–	380	485	–	348	8,9
	15К2-0,5	2,22	678 (583)	–	–	480	585	–	448	10,7
	15К2-0,6	2,66	812 (698)	–	–	580	685	–	548	12,6
	15К2-0,7	3,10	947 (814)	–	–	680	785	–	648	14,3
	15К2-0,8	3,54	1081 (930)	–	–	780	885	–	748	16,3

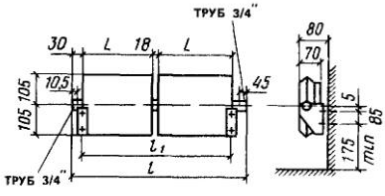
Продолжение табл. X.1

Эскиз	Обозначение прибора	Площадь нагревательной поверхности A, м^2	Номинальный тепловой поток $Q_{н.у}$, Вт (ккал/ч)	n_1 и n_2 (см. примечание 1)		Строительные размеры, мм				Масса, кг
				n_1	n_2	l	l_1	l_2	l_3	
	15К2-0,9	3,98	1215 (1045)	–	–	880	985		848	17,9
	15К2-1,0	4,42	1350 (1161)		–	980	1085	–	948	19,7
	15К2-1,1	4,86	1484 (1276)	–	–	1080	1185	–	1048	21,6
	15К2-1,2	5,30	1617 (1391)	–	–	1180	1285	–	1148	23,5
			г) *двухрядные удлиненные*							
	15К2-1,3	5,76	1741 (1497)	–	–	1310	1415	648	1278	26,0
	15К2-1,4	6,20	1877 (1614)	–	–	1410	1515	648	1378	27,7
	15К2-1,5	6,64	2010 (1729)	–	–	1510	1615	748	1478	29,6
	15К2-1,6	7,08	2148 (1847)	–	–	1610	1715	748	1578	31,7
	15К2-1,7	7,52	2282 (1962)	–	–	1710	1815	848	1678	33,2
	15К2-1,8	7,96	2418 (2079)	–	–	1810	1915	848	1778	35,2
	15К2-1,9	8,40	2553 (2195)	–	–	1910	2015	948	1878	37,0
	15К2-2,0	8,84	2683 (2307)	–	–	2010	2115	948	1978	38,6
			Конвекторы настенные без кожуха «Прогресс-20» (в обозначении $Q_{н.у}$ заменено условной длиной)							
			а) *однорядные*							
	20К1-0,4	0,88	290 (249)	–		380	485	–	348	4,8
см. эскиз для конвектора «Прогресс-15»	20К1-0,5	1,10	362 (311)			480	585	–	448	5,8
	20К1-0,6	1,32	435 (374)			580	685		548	6,7
	20К1-0,7	1,54	507 (436)	–	–	680	785		648	7,7
	20К1-0,8	1,76	580 (499)	–		780	885	–	748	8,7
	20К1-0,9	1,98	652 (561)	–		880	985		848	9,7
	20К1-1,0	2,20	725 (623)	–	–	980	1085		948	10,7
	20К1-1,1	2,42	797 (625)	–	–	1080	1185	–	1048	11,6
	20К1-1,2	2,64	870 (748)	–	–	1180	1285	–	1148	12,6
			б) *однорядные удлиненные (составлены из двух конвекторов с зазором между ними 50 мм)*							
	20К1-1,3	2,86	942 (810)	–	–	1310	1415	648	1278	13,9
	20К1-1,4	3,08	1015 (873)	–		1410	1515	648	1378	15,0
	20К1-1,5	3,30	1087 (935)	–	–	1510	1615	748	1478	16,0
	20К1-1,6	3,52	1160 (998)	–	–	1610	1715	748	1578	16,9
	20К1-1,7	3,74	1232 (1059)	–	–	1710	1815	848	1678	17,6
	20К1-1,8	3,96	1305 (1122)		–	1810	1915	848	1778	18,9
	20К1-1,9	4,18	1377 (1184)	–	–	1910	2015	948	1878	19,7
	20К1-2,0	4,40	1450 (1247)	–	–	2010	2115	948	1978	21,0

Продолжение табл. X.1

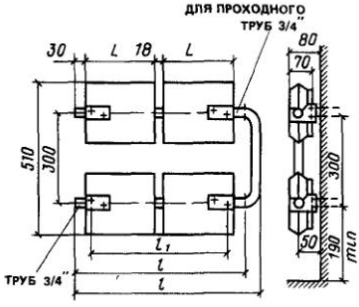
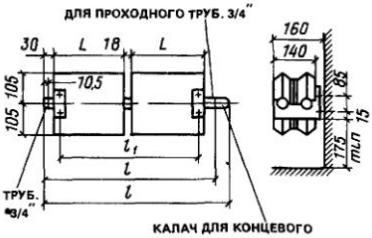
Эскиз	Обозначение прибора	Площадь нагревательной поверхности A, м²	Номинальный тепловой поток $Q_{н.т}$, Вт (ккал/ч)	n_1 и n_2 (см. примечание 1)		Строительные размеры, мм				Масса, кг
				n_1	n_2	l	l_1	l_2	l_3	
			в) двухрядные							
	20К2-0,4	1,76	505 (434)	–	–	380	485		348	9,77
	20К2-0,5	2,20	613 (527)	–	–	480	585	–	448	11,73
	20К2-0,6	2,64	758 (652)	–		580	685		548	13,69
	20К2-0,7	3,08	884 (760)	–	–	680	785		648	15,65
	20К2-0,8	3,52	1010 (869)	–		780	885	–	748	17,5
	20К2-0,9	3,96	1137 (978)	–	–	880	985	–	848	19,58
	20К2-1,0	4,40	1263 (1086)	–	–	980	1085	–	948	21,58
	20К2-1,1	4,84	1389 (1194)	–	–	1080	1185		1048	23,46
	20К2-1,2	5,28	1515 (1303)	–	–	1180	1285	–	1148	25,48
			г) двухрядные удлиненные							
	20К2-1,3	5,72	1642 (1412)	–	–	1310	1415	648	1278	29,2
	20К2-1,4	6,16	1768 (1520)	–	–	1410	1515	648	1378	31,0
	20К2-1,5	6,60	1894 (1629)	–	–	1510	1615	748	1478	33,0
	20К2-1,6	7,04	2020 (1737)	–	–	1610	1715	748	1578	35,0
	20К2-1,7	7,48	2147 (1846)	–	–	1710	1815	848	1678	37,0
	20К2-1,8	7,92	2273 (1955)	–	–	1810	1915	848	1778	39,0
	20К2-1,9	8,36	2400 (2064)	–	–	1910	2015	948	1878	34,0
	20К2-2,0	8,80	2526 (2172)	–	–	2010	2115	948	1978	43,0

Биметаллический (стальная труба с литыми алюминиевыми модульными секциямв оребрения) отопительный прибор «Коралл» (ТУ 21-26-347-87). Прибор может иметь одинаковые по длине (L = 243 мм) и неодинаковые модульные секции. При разных модульных секциях в графе «n_2» указано число секций с меньшей длиной (L = 123 мм) (индексы обозначений: с – настенный; н – напольный; к – концевой, п проходной; 2В – двухрядный по высоте; 2Г – двухрядный по глубине)

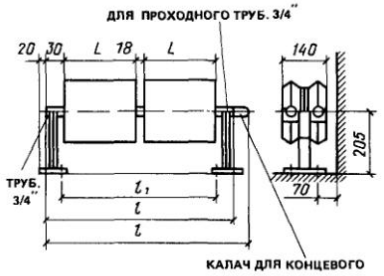
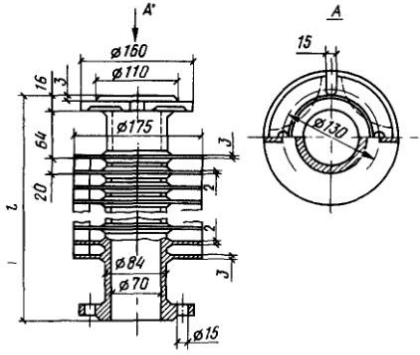


			а) однорядный настенный							
	ПА20-0,336с	0,657	336 (289)	1	1	472	360	–	–	3,95
	ПА20-0,445с	0,872	445 (384)	2	–	592	480	–		5,05
	ПА20-0,559с	1,093	559 (481)	2	1	733	621	–	–	6,26
	ПА20-0,667с	1,309	667 (574)	3	–	853	741	–	–	7,36
	ПА20-0,775с	1,529	775 (666)	3	1	994	882	–	–	8,57
	ПА20-0,889с	1,745	889 (764)	4	–	1114	1002	–	–	9,67
	ПА20-1,003с	1,966	1003 (862)	4	1	1255	1143	–	–	10,88
	ПА20-1,220с	2,402	1220 (1049)	5	1	1516	1404	–	–	13,19

Продолжение табл. X.1

Эскиз	Обозначение прибора	Площадь нагревательной поверхности A, м²	Номинальный тепловой поток $Q_{н.у.}$, Вт (ккал/ч)	n_1 и n_2 (см. примечание 1)		Строительные размеры, мм				Масса, кг
				n_1	n_2	l	l_1	l_2	l_3	
	б) двухрядный (по высоте) настенный, концевой									
	ПА20-0,821К2ВС	1,745	821 (706)	4	–	627	480	–	–	10,46
	ПА20-1,026К2ВС	2,186	1026 (882)	4	2	768	621	–	–	12,79
	ПА20-1,226К2ВС	2,617	1226 (1054)	6	–	888	741	–	–	14,99
	ПА20-1,436К2ВС	3,059	1436 (1235)	6	2	1029	982	–	–	17,00
	ПА20-1,636К2ВС	3,489	1636 (1407)	8	–	1149	1002	–	–	19,61
	в) двухрядный (по высоте) настенный проходной									
	ПА20-1,226П2ВС	2,617	1226 (1054)	6	–	853	741	–	–	14,74
	ПА20-1,436П2ВС	3,059	1436 (1235)	6	2	994	882	–	–	17,16
	ПА20-1,636П2ВС	3,489	1636 (1407)	8	–	1114	1002	–	–	19,36
	ПА20-1,864П2ВС	3,93	1864 (1603)	8	2	1255	1143	–	–	21,76
	г) двухрядный (по глубине) настенный концевой									
	ПА20-0,821К2ГС	1,745	821 (706)	4	–	627	480	–	–	9,97
	ПА20-1,026К2ГС	2,186	1026 (882)	4	2	768	621	–	–	12,39
	ПА20-1,226К2ГС	2,617	1226 (1054)	6	–	888	741	–	–	14,59
	ПА-20 1,436К2ГС	3,059	1436 (1235)	6	2	1029	882	–	–	17,01
	ПА20-1,636К2ГС	3,489	1636 (1407)	8	–	1149	1002	–	–	19,21
	ПА20-1,864К2ГС	3,931	1864 (1603)	8	2	1290	1143	–	–	21,63
	д) двухрядный (по глубине) настенный проходной									
	ПА20-1,226П2ГС	2,617	1226 (1054)	6	–	853	741	–	–	14,53
	ПА20-1,436П2ГС	3,059	1436 (1235)	6	2	994	882	–	–	16,95
	ПА20-1,636П2ГС	3,489	1636 (1407)	8	–	1114	1002	–	–	19,15
	ПА20-1,864П2ГС	3,931	1864 (1603)	8	2	1255	1143	–	–	21,57

Продолжение табл. X.1

Эскиз	Обозначение прибора	Площадь нагревательной поверхности A, м²	Номинальный тепловой поток $Q_{н.у}$, Вт (ккал/ч)	n_1 и n_2 (см. примечание 1)		Строительные размеры, мм				Масса, кг
				n_1	n_2	l	l_1	l_2	l_3	
	е) двухрядный (по глубине) напольный концевой									
	ПА20-0,821К2ГН	1,745	821 (706)	4	–	647	464	–	–	10,28
	ПА20-1,026К2ГН	2,186	1026 (882)	4	2	788	605	–	–	12,7
	ПА20-1,226К2ГН	2,617	1226 (1054)	6	–	908	725	–	–	14,9
	ПА20-1,436К2ГН	3,059	1436 (1235)	6	2	1049	866	–	–	17,32
	ПА20-1,686К2ГН	3,489	1686 (1450)	8	–	1169	986	–	–	19,52
	ПА20-1,864К2ГН	3,931	1864 (1603)	8	2	1310	1127	–	–	21,94
	ж) двухрядный (по глубине) напольный проходной									
	ПА20-1,226П2ГН	2,617	1226 (1054)	6	–	873	725	–	–	14,84
	ПА20-1,436П2ГН	3,059	1436 (1235)	6	2	1114	866	–	–	17,26
	ПА20-1,636П2ГН	3,489	1636 (1407)	8	–	1134	986	–	–	19,46
	ПА20-1,864П2ГН	3,931	1864 (1603)	8	2	1375	1127	–	–	21,88
	Трубы отопительные чугунные ребристые									
	ТР-1	2,0	776 (667)	–	–	1000	–	–	–	35,7
	ТР-1,5	3,0	1164 (1001)	–	–	1500	–	–	–	53,5
	ТР-2	4,0	1552 (1335)	–	–	2000	–	–	–	71,3

Примечания: 1. В графе n_1 для конвекторов «Универсал» и «Универсал-С» дан монтажный номер комплектации (на изделии наносится на крайней пластине нагревателя и внутренней стороне кожуха). Для приборов «Коралл» в этой графе указывается число секций L = 243 мм. Число секций L = 123 мм указывается в графе n_2.

2. Все отопительные приборы, кроме радиаторов и ребристых труб, рассчитаны на рабочее давление $p_{раб}$ = 1,0 МПа (10,0 кгс/см²) при температуре теплоносителя $t_г$ = 150°С. Чугунные радиаторы МС-140 и МС-90 применяются при $p_{раб}$ = 0,9 МПа (9,0 кгс/см²), остальные радиаторы и ребристые трубы – при $p_{раб}$ = 0,6 МПа (6,0 кгс/см²). Температура теплоносителя допускается: для стальных радиаторов и ребристых труб – $t_г$ = 150°С; для чугунных радиаторов – $t_г$ = 130°С (при термостойких прокладках по особому заказу $t_г$ = 150°С).

3. Конвекторы «Ритм» и «Ритм-1500» предназначены для групповой напольной установки в общественных зданиях. При соединении конвекторов под углом 90° применяется угловая деталь (КО20-У), для декорирования торцов – торцевые детали (КО20-ТО и КО20ТГ). Эти детали, а также дюбели-винты для крепления к полу в комплект поставки не входят и поставляются по требованию.

4. Для конвекторов «Прогресс-15» и «Прогресс-20» значения $Q_{н.у}$ даны без учета калачей и патрубков.

5. Для конвекторов «Аккорд» и приборов «Коралл» масса дана с учетом кронштейнов крепления.

6. Применение радиаторов РСГ2 ограничивается системами отопления с гарантированным качеством теплоносителя и не допускается в системах, присоединенных к открытым системам теплоснабжения, и в помещениях с агрессивной средой.

7. Приборы, отмеченные звездочкой, в настоящее время не изготовляются.

Приложение XI

ОТОПИТЕЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ

ТАБЛИЦА XI. 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ТИПА АПВС

Обозначение агрегата (марка)	Производительность по воздуху		Теплопроизводительность агрегата и температура воздуха на выходе из агрегата при обогреве							
			паром с абсолютным давлением МПа (кгс/см²)						водой с расчетными температурами $T_т = 130°C$, $T_о = 70°C$	
			0,1 (1,1)		0,2 (2)		0,3 (3)			
	м³/ч	кг/ч	Q, кВт / ккал/ч	$t_к$, °C	Q, кВт / ккал/ч	$t_к$, °C	Q, кВт / ккал/ч	$t_к$, °C	Q, кВт / ккал/ч	$t_к$, °C
АПВС 50-30	3300	4030	46,5 / 40000	57,3	52,3 / 45000	62,3	58,2 / 50000	66,7	34,9 / 30000	47
АПВС 70-40	3900	4760	58,2 / 50000	59,8	67,5 / 58000	66,8	79,7 / 68500	76	45,4 / 39000	50,1
АПВС 110-80	6900	8420	–		116,3 / 100000	65,5	128 / 110000	70,4	93 / 80000	55,6

Примечание. Показатели агрегатов указаны при начальной температуре воздуха, поступающего в агрегат, 16°C

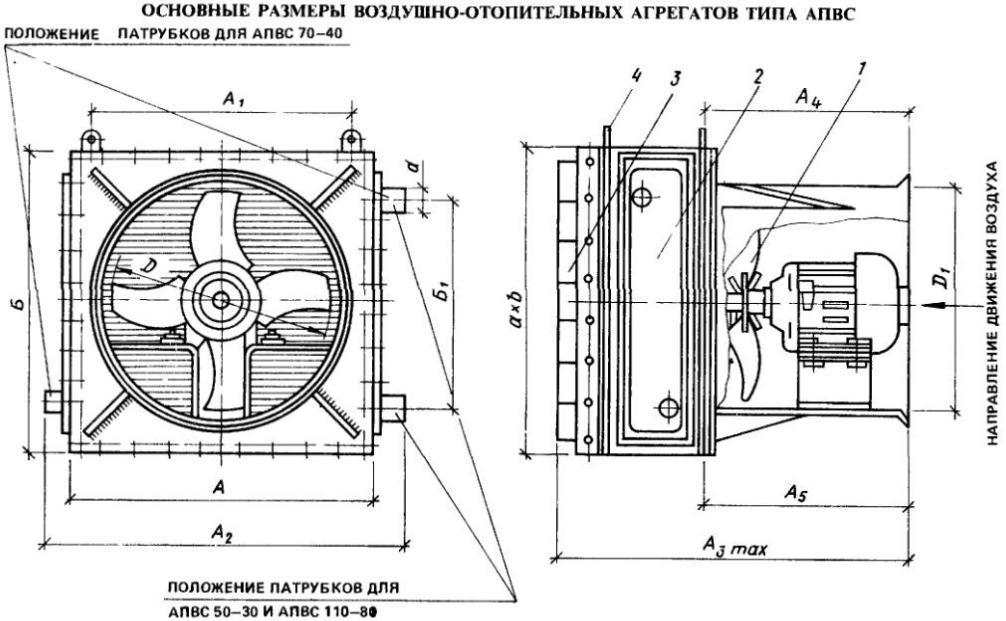
ТАБЛИЦА XI.2.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ТИПА АПВС

Обозначение агрегата (марка)	Вентилятор			Электродвигатель			Калорифер		
	тип	номер	диаметр колеса, мм	тип	мощность N, кВт	частота вращения, об/мин	тип и номер	количество	число ходов теплоносителя	площадь поверхности нагрева, м²
АПВС 50-30	МЦ	4	400	4АХ71В2	1,1	2810	Спирально-навивной многоходовой	1	10	10,85
АПВС 70-40	МЦ	6	600	4А80А4	1,1	1420		1	7	18,3
АПВС 110-60	МЦ	7	700	4АХ90L4	2,2	1425		1	6	29,4

ГАБЛИЦА XI.3.

ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ТИПА АПВС



1 осевой вентилятор с электродвигателем; *2* – воздухонагреватель (калорифер), *3* – многостворчатый клапан, *4* – петли крепежные

Марка агрегата	Размеры, мм											Диаметр штуцера d, мм^2	Масса кг
	A	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$Б$	$Б_1$	D	D_1	$a \times b$		
АПВС 50-30	540	250	610	581	312	308	532	410	400	404	470 × 470	40	91
АПВС 70-40	696	500	816	690	412	405	682	526	600	606	626 × 612	40	167
АПВС 110-80	852	750	954	691	428	420	852	708	700	707	782 × 782	50	217

Примечание. Агрегаты воздушно-отопительные типа АПВС намечено снять с производства и заменить их воздушно-отопительными агрегатами типа АО2

ТАБЛИЦА XI.4.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ТИПА АПВ

Обозначение агрегата (марка)	Производительность по воздуху		Теплопроизводительность агрегата и температура воздуха на выходе из агрегата при обогреве							
			паром при абсолютном давлении, МПа (кгс/см^2)						водой с расчетными температурами $T_г$ = 130 С, $T_о$ = 70°С	
			0,11 (1,1)		0,2 (2)		0,3 (3)			
	м^3/ч	кг/ч	Q, кВт / ккал/ч	$t_к$, °С	Q, кВт / ккал/ч	$t_к$, °С	Q, кВт / ккал/ч	$t_к$, °С	Q, кВт / ккал/ч	$t_к$, °С
АПВ 200-140	13900	16960	163 / 140000	50,4	198 / 170000	57,8	232,6 / 200000	65,3	163 / 140000	50,4
АПВ 280-190	18800	22940	221 / 190000	50,5	279 / 240000	59,6	325,6 / 280000	66,8	221 / 190000	50,5

Примечание. Показатели агрегатов указаны при начальной температуре воздуха, поступающего в агрегат, 16°С

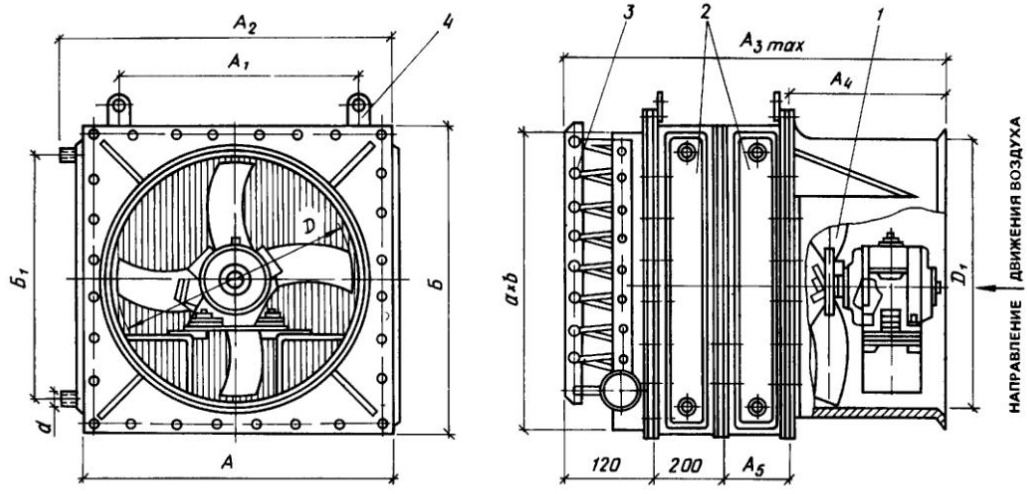
ТАБЛИЦА XI.5.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ТИПА АПВ

Обозначение агрегата (марка)	Вентилятор			Электродвигатель			Калорифер			
	тип	номер	диаметр колеса, мм	тип	мощность N, кВт	частота вращения n, об/мин	тип и номер	количество	число ходов теплоносителя	площадь поверхности, нагрева м^2
АПВ 200-140	МЦ	8	800	4А100 А4	3	1435	КМС-9	2	8	83,2
АПВ 280-190	МЦ	10	1000	4А112МА6	3	955	КМС-11 / КМБ-11	1 / 1	8	124,5

ТАБЛИЦА XI.6.

ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ТИПА АПВ



1 – осевой вентилятор с электродвигателем, *2* – воздухонагреватели (калориферы); *3* – многостворчатый клапан; *4* – петли

Марка агрегата	Размеры, мм											Диаметр штуцера d_1, мм	Масса, кг
	A	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$Б$	$Б_1$	D	D_1	$a \times b$		
АПВ 200-140	1084	875	1118	1025	500	200	919	732	800	808	996 × 790	40	522
АПВ 280-190	1234	1000	1293	1005	500	240	1140	859	1000	1010	1146 × 890	32	780

ТАБЛИЦА XI.7.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ СТД 100

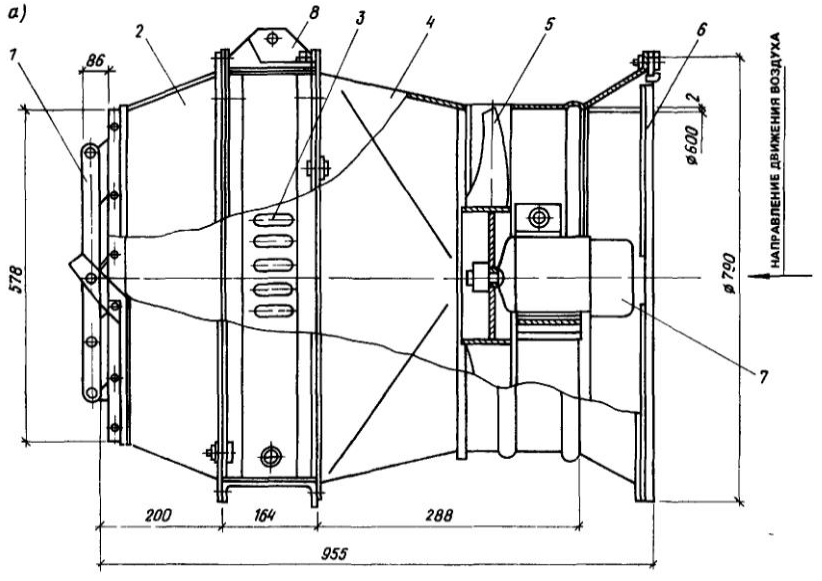
Обозначение агрегата (марка)	Вентилятор			Электродвигатель			Воздухонагреватель (калорифер)			
	тип	номер	диаметр колеса, мм	тип	мощность, кВт	частота вращения, об/мин	тип и номер	количество	число ходов теплоносителя	площадь поверхности нагрева, м²
СТД 100-01-УЗ	Ц3-04	6	600	4АХ71В4	0,75	1370	Одноходовой СТД	1	1	24,3
СТД 100-02-УЗ				4АХ71В4	0,75	1370	Многоходовой СТД	2	6	48,6

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ СТД100

(рис. XI.1)

Тип агрегата	СТД 100-01.УЗ	СТД 100-02,УЗ
Теплоноситель	Пар давлением до 0,5 МПа (5 кгс/см²)	Вода ($T_г$ = 150°С, T_0 = 70°С)
Рабочее давление теплоносителя, МПа (кгс/см²) не более		1,2 (12)
Производительность по воздуху, м³/ч (кг/ч)	8770 (10700)	8490 (10360)

Производительность по теплу, Вт (ккал/ч)	116280 (100000)	112800 (97000)
Температура воздуха, °С:		
на входе в агрегат	16	16
на выходе из агрегата	55	55
Установленная мощность, кВт	0,75	
Уровень звуковой мощности, дБА	85	
Масса агрегата, кг	163	270



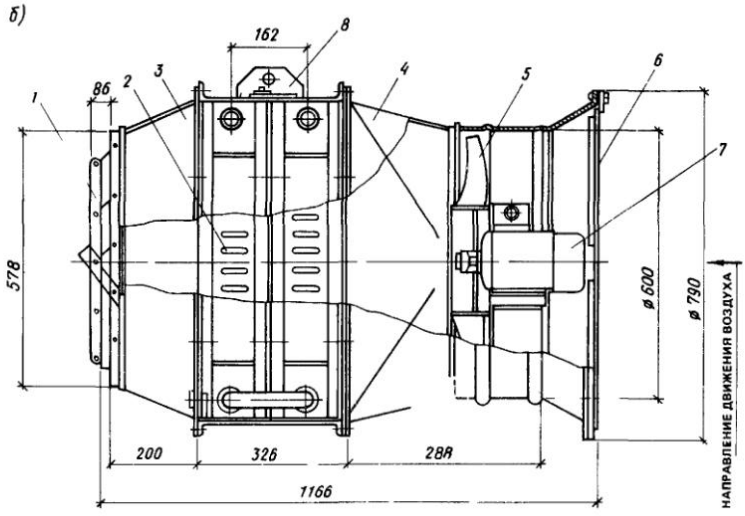


Рис. XI.1 Воздушно-отопительные агрегаты СТД – 100 01.У3 (теплоноситель пар) (*а*) и СТД – 100 02 – У3 (теплоноситель вода) (*б*)
1 – поворотные лопатки, *2* – конфузор, *3* – калорифер, *4* – кожух, *5* – вентилятор осевой, *6* ограждение, *7* электродвигатель, *8* – крепежные кронштейны

ТАБЛИЦА XI.8

КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ СТД-300П И СТД-300М-01.У3.

Обозначение агрегата (марка)	Вентилятор			Электродвигатель			Воздухонагреватель (калорифер)			
	тип	номер	диаметр колеса, мм	тип	мощность, кВт	частота вращения, об/мин	тип и номер	число ходов теплоносителя	количество	площадь поверхности нагрева, м²
СТД-300П	К109-19	8	100	4А100L6У3	2,2	950	Многоходовой СТД	8	2	158,8
СТД-300М-01 У3	Ц4-70 двустороннего всасывания	8	800	4А100S4	3	1450	Одноходовой СТД	1	1	79,4

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ СТД-300П И СТД-300М-01.У3 (рис. XI.2)

Тип агрегата	**СТД-300П**	**СТД-300М-01.У3**
Теплоноситель	Вода ($T_г$ = 150°, T_0 = 70°С)	Пар давление до 0,5 МПа (5 кгс/см²)
Рабочее давление теплоносителя, МПа (кгс/см²), не более	1,2 (12)	—
Производительность по воздуху, м³/ч (кг/ч)	24600 (300000)	28200 (34500)
Производительность по теплу, Вт (ккал/ч)	349000 (300000)	344000 (296000)
Температура воздуха, °С		
на входе в агрегат	16	16
на выходе из агрегата	60	50
Установленная мощность, кВт	2,2	3

Уровень звуковой мощности, дБА, не более	85	85	об/мин	—	580
Частота вращения вентилятора,			Масса, кг, не более	790	757

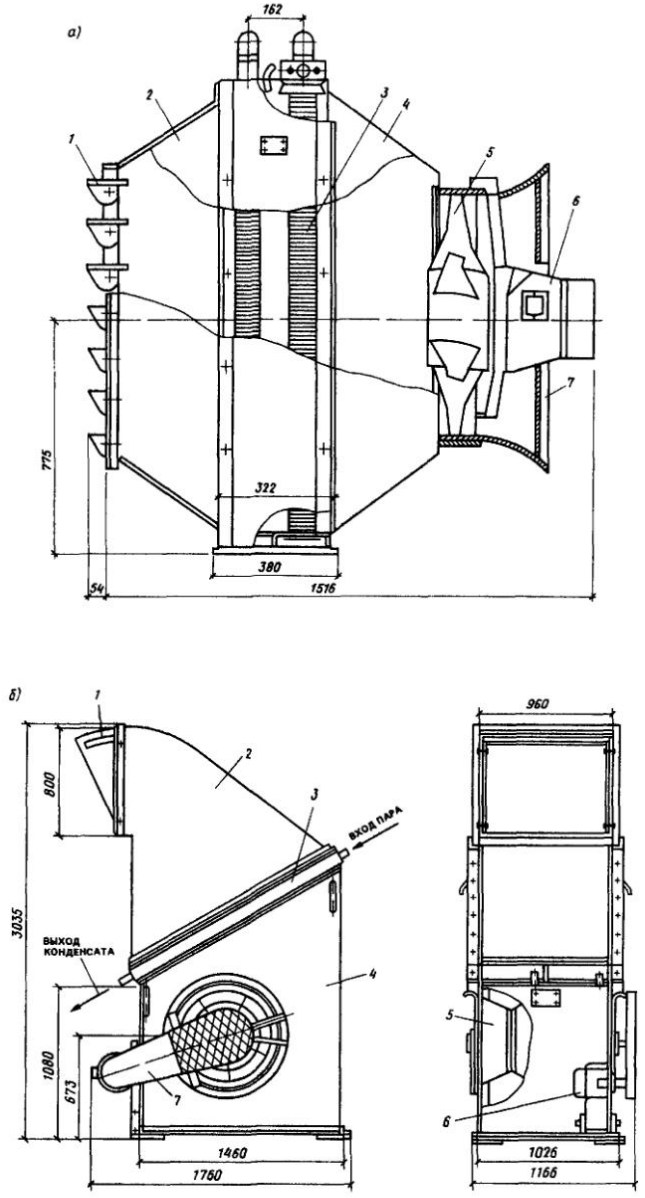


Рис. XI.2. Воздушно-отопительные агрегаты СТД-300П (*а*) и СТД-300М-01.УЗ (*б*)

1 – поворотные лопатки; *2* – конфузор; *3* – калорифер; *4* – кожух; *5* – вентилятор; *6* – электродвигатель; *7* – ограждение

ТАБЛИЦА XI.9.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ (РИС. XI.3) АГРЕГАТОВ ТИПА А02

Показатели	А02-4-01.У3	А02-6,3-01.У3	А02-10-01.У3
Производительность по воздуху, тыс. $м^3/ч$	4	6,3	10
Производительность по теплу, кВт (тыс. ккал/ч)	47,7(41,1)	74(63,7)	117 (100,5)
Температура воздуха на выходе из агрегата, °С	51,8	51,3	50,8
Теплоноситель и его параметры, °С	Вода ($T_г = 150$, $T_0 = 70$)		
Суммарный уровень звуковой мощности, дБ	788		
Гидравлическое сопротивление, Па (кгс/$м^2$)	2207 (225)	4709 (480)	12753 (1300)
Установленная мощность, кВт	0,37	0,75	0,75
Масса, кг	131,4	160,6	232,7

Примечание. Показатели агрегатов указаиы при температуре воздуха на входе в агрегат 16°С

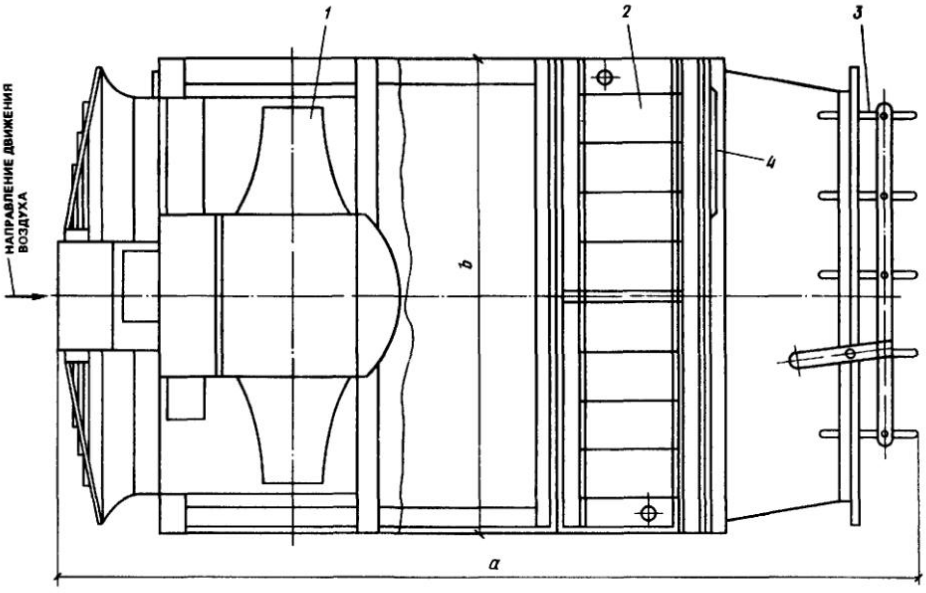


Рис. XI.3. Воздушно-отопительный агрегат типа АО2

1 – осевой вентилятор с электродвигателем; *2* – воздухонагреватель (калорифер); *3* – многостворчатый клапаи; *4* – кронштейны крепежные

ТАБЛИЦА XI.10.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ТИПА АО2

Обозначение агрегата (марка)	Вентилятор			Электродвигатель			Воздухонагреватель (калорифер)				Размеры, мм	
	тип	номер	диаметр колеса, мм	тип	мощность, кВт	частота вращения, об/мин	тип и номер	количество	число ходов теплоносителя	площадь поверхности нагрева, $м^2$	*a*	*b*
А02-4-01.У3	В-06-300	5	500	4АА63В4	0,37	1370	КВБ-7-П	1	12	18,81	1248	600
А02-6,3-01.У3		4	400	4АХ71А2	0,75	2840	КВБ-9-П	1	12	26	1250	510
А02-10-01.У3		6,3	630	4АХ71В4	0,75	1370	КВБ-4-П	2	9 × 2	19,48 × 2	1400	760

ТАБЛИЦА XI.11.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ТИПА АОД2 (РИС. XI.4)

Показатели	АОД2-4-01 У3	АОД2-6,3-01.У3	АОД2-10-01.У3
Производительность тыс. м³/ч по воздуху:	4	6,3	10
нагретому	3,4	5,35	8,5
холодному	0,6	0,95	1,5
Производительность по теплу, кВт (тыс. ккал/ч)	44,6(38,4)	67,6(58,3)	107,5(92,7)
Температура воздуха на выходе из агрегата, °С	55,2	53.8	53,9

Продолжение табл. XI.11.

Показатели	АОД2-4-01.У3	АОД2-6,3-01.У3	АОД2-10-01.У3
Теплоноситель и его параметры, °С	Вода	($T_г$ = 150,	T_0 = 70)
Суммарный уровень звуковой мощности, дБ		88	
Гидравлическое сопротивление, Па (кгс/м²)	1962 (200)	3924 (400)	10791 (1100)
Установленная мощность, кВт	0,37	0,75	0,75
Масса, кг	150,4	167,8	247,8

Примечание. Показатели агрегатов указаны при температуре воздуха на входе в агрегат 16°С.

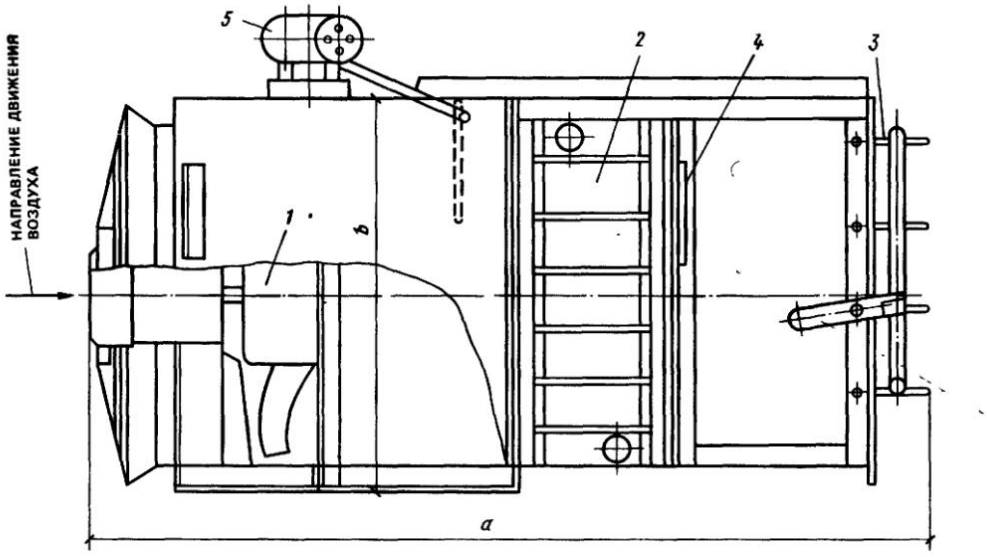


Рис. XI.4. Воздушно-отопительный агрегат типа АОД2

1 – осевой вентилятор с электродвигателем; *2* – воздухонагреватель (калорифер); *3* – многостворчатый клапан; *4* – кронштейны крепежные; *5* – механизм управления лопатками обводного клапана

ТАБЛИЦА XI.12.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ТИПА АОД2

Обозначение агрегата (марка)	Вентилятор			Электродвигатель			Воздухонагреватель (калорифер)				Размеры, мм	
	тип	номер	диаметр колеса, мм	тип	мощность, кВт	частота вращения, об/мин	тип и номер	количество	число ходов теплоносителя	площадь поверхности нагрева, м²	*a*	*b*
АОД2-4-01.У3	В-06-300	5	500	4АА63В4	0,37	1370	КВБ-7-П	1	12	18,81	1248	600
АОД2-6,3-01.У3		4	400	4АХ71А2	0,75	2840	КВБ-9-П	1	12	26	1250	510
АОД2-10-01.У3		6,3	630	4АХ71В4	0.75	1370	КВБ-4-П	2	9 × 2	19,48 × 2	1300	760

ТАБЛИЦА XI.13.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ТИПА АОД2 (РИС. XI.5)

Показатели	АОУ2-4-01 У3	АОУ-6,3-01 У3	АОУ2-10-01 У3
Производительность по воздуху, тыс $м^3/ч$	3,2	5,1	8,5
Производительность по теплу, кВт (тыс ккал/ч)	40,7 (35)	63,8 (55)	107,5 (92,7)
Температура воздуха на выходе из агрегатов, °С	56,2	55,1	53,8
Теплоноситель и его параметры, °С	Вода	($T_г$ = 150,	T_0 = 70)
Суммариый уровень звуковой мощности, дБ		88	

Продолжение табл XII 13

Показатели	АОУ2-4-01 У3	АОУ-6,3-01 У3	АОУ2-10-01 У3
Гидравлическое сопротивление, Па (кгс/$м^2$)	1619 (165)	3532 (360)	10790 (1100)
Степень увлажнения, г/кг		5	
Количество испаряющейся воды, кг/ч	19,2	30,6	51
Количество теплоты для испарения воды, кВт (тыс ккал/ч)	13,4 (11,5)	21,26 (18,28)	35,43 (30,47)
Установленная мощность, кВт	0,37	0,75	0,75
Масса, кг	214,5	253,4	287,3

Примечание. Показатели агрегатов указаны при температуре воздуха на входе в агрегат 16°С

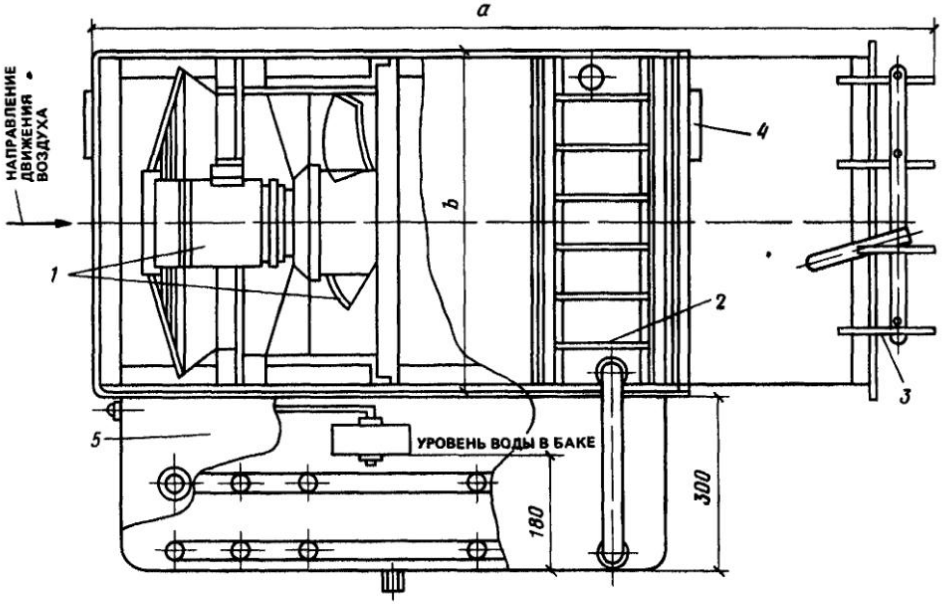


Рис. XI.5. Воздушно-отопительный агрегат типа АОУ-2

1 осевой вентилятор с электродвигателем, *2* – воздухонагреватель (калорифер), *3* – многостворчатый клапан, *4* – кронштейны крепежные, *5* увлажнительная ванна

ТАБЛИЦА XI.14.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ТИПА АОУ

Обозначение агрегата (марка)	Вентилятор			Электродвигатель			Воздухонагреватель (калорифер)				Размеры, мм	
	тип	номер	диаметр колеса, мм	тип	мощность, кВт	частота вращения, об/мин	тип и номер	количество	число ходов теплоносителя	площадь поверхности нагрева, м²	*a*	*b*
АОУ2-4-01У3		5	500	4АА63В4	0,37	1370	КВБ-7-П	1	12	18,81	1315	600
АОУ2-6,3-01У3	В-06-300	4	400	4АХ71А2	0,75	2840	КВБ-9-П	1	12	26	1425	510
АОУ2-10-01У3		6,3	630	4АХ71В4	0,75	1370	КВБ-4-П	2	9 × 2	19,48 × 2	1678	760

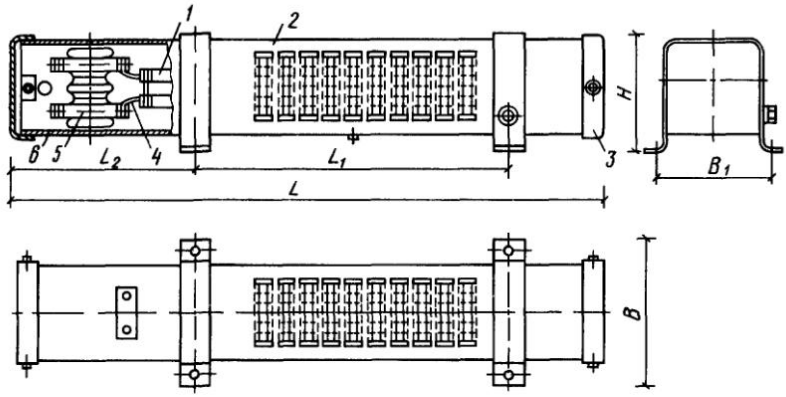
Приложение XII

ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТОПЛЕНИЯ

ТАБЛИЦА XII.1.

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ПЕЧЕЙ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ТИПА ПЭТ

1 – трубчатые электронагревательные элементы, *2* – кожух, *3* – крышка, *4* – перемычка, *5* – токоведущие шпильки, *6* – дно

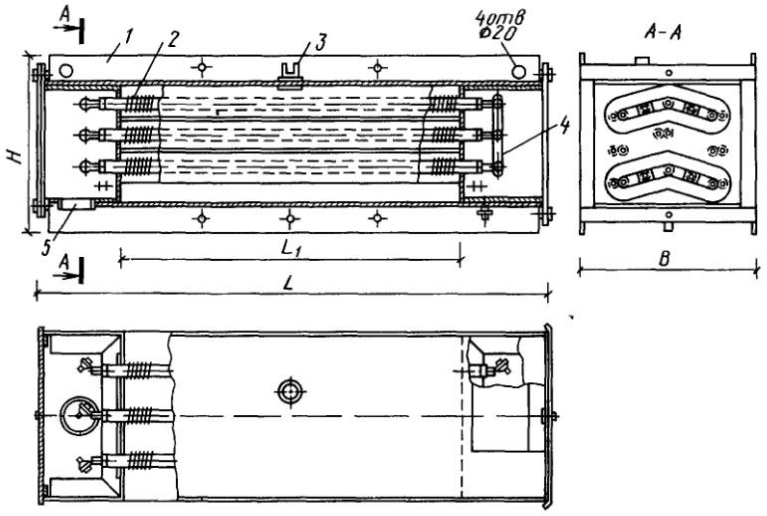


Типоразмер	Мощность, Вт	Напряжение, В	Максимальный перегрев кожуха относительно воздуха, °С	Размеры, мм						Масса, кг
				L	L_1	L_2	*B*	B_1	*H*	
ПЭТ-2	1000	380								7
ПЭТ-3	1000	110	150	656	390	171	246	216	172	4,8
ПЭТ-4	1000	220								4,8
ПЭТ-5	500	380	130							4,5
ПЭТ-7	760	220	155	625	345	179	157	127	120	3,5
ПЭТ-9	500	220	130							3,5

ТАБЛИЦА XII.2.

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОКАЛОРИФЕРОВ СЕРИИ СФО-1Т-И2

1 – каркас, *2* электронагреватель, *3* – отверстие для терморегулятора, *4* шина, *5* отверстие для ввода кабеля

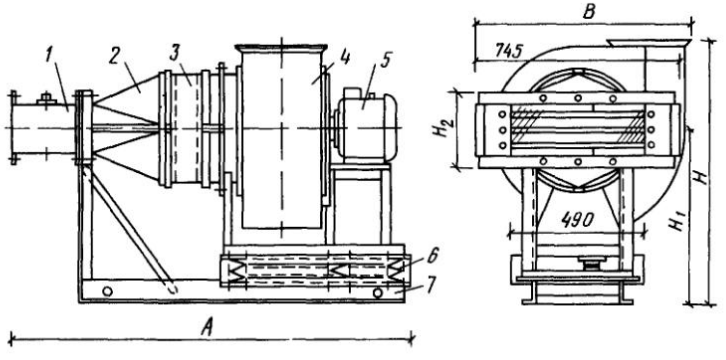


Типоразмер	Мощность, кВт	Напряжение, В		Производительность по воздуху, $м^3/ч$, не менее	Аэродинамическое сопротивление, Па, не более	Размеры, мм				Масса, кг
		сети	на нагревателе			*L*	L_1	*B*	*H*	
СФО-25/1Т-И2	28,5			2000					250	18
СФО-40/1Т-И2	45			3000					385	32
СФО-60/1Т И2	67,5	380	220	4000	245	745	490	240	520	37
СФО-100/1Т-И2	90			5000					655	47
СФО-160/1Т-И2	157,5			7500					1060	95
СФО-250/1Т-И2	247 5			11500					1600	150

ТАБЛИЦА XII.3.

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОКАЛОРИФЕРНЫХ УСТАНОВОК СЕРИИ СФОЦ

1 – электрокалорифер, *2* патрубок переходный, *3* – гибкая вставка, *4* – вентилятор, *5* электродвигатель, *6* виброизоляторы, *7* рама



Типоразмер	Мощность, кВт	Напряжение, В		Производительность по воздуху, $м^3/ч$, не менее	Аэродинамическое сопротивление, Па, не более	Суммарное аэродинамическое сопротивление (с сетью воздуховодов), Па, не более	Размеры, мм					Масса, кг
		сети	на нагревателе				*A*	*B*	*H*	H_1	H_2	
СФОЦ-25/0,5-И1	23,6			2500	147	588	1350	800	930	635	250	137
СФОЦ-40/0,5-И1	47,2	380	220	3500	196	883	1450	900	1120	765	385	182
СФОЦ-60/0,5-И1	69,7			4000	245	735	1450	900	1160	805	520	195

Приложение XIII

НАСОСЫ

ТАБЛИЦА XIII.1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ НАСОСОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОНСОЛЬНЫХ ТИПА К

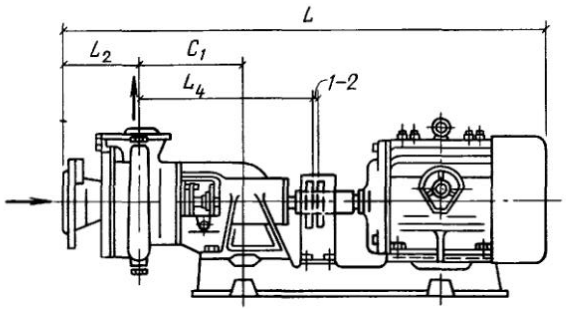
Марка насоса		Диаметр рабочего колеса, мм	Номинальная подача		Полный напор *H*, м	Допустимый кавитационный запас $\Delta h_{доп}$, м	КПД насоса η, %, не менее	Мощность на валу насоса, кВт
новая	старая		$м^3/ч$	л/с				
К8/18	1,5к-8/19, 1,5к-6	128	8	2,22	18			0,9
К8/18а	1,5к-8/19а, 1,5к-6а	115	9,4	2,6	14,2	3,8	53	0,7
К8/18б	1,5к-8/19б, 1,5к-6б	105	9	2,5	11,4			0,6
К20	2к-20/18, 2к-9	129	201	5,5	18			1,5
К20/18а	2к-20/18а, 2к-9а	118	16,8	4,7	15	3,8	65	1,1
К20/18б	2к-20/18б, 2к-9б	106	15,1	4,2	12			0,8
К20/30	2к-20/30 2к-6	162	20	5,5	30			2,7
К20/30а	2к-20/30а, 2к-6а	148	19,8	5,5	25,8	3,8	64	2,1
К20/30б	2к-20/30б 2к-6б	132	18	5	18,8			1,6
К45/20	3к-45/30, 3к-9	168	45	12,5	30	4,3	70	5,5
К45/30а	3к-45/30а, 3к-9а	143	35	9,7	22,5			3,1
К90/20	4к-90/20, 4к-18	148	90	25	20	5,2	78	6,3
К90/20а	4к-90/20а, 4к-18а	136	70	19,5	18,2			4,5
К-50-32-125	–	-	12,5	3,47	20	3,5	55	1,24
К-65-50-160	–	–	25	6,9	32	3,8	64	3,4
К-80-65-160	–	–	50	13,9	32	4	70	6,2
К-80-50-200	–	–	50	13,9	50	3,5	65	10,5
К-100-80-160		–	100	27,8	32	4,5	77	11,3
К-100-65-200	–	–	100	27,8	50	4,5	72	18,9
К-100-65-250	–	–	100	27,8	80	4,5	67	32,5
К-150-125-250*	–		200	55,6	20	4,2	81	13,4
К-150-125-315*	–	–	200	55,6	32	4	76	22,9
К-200-150-250*	–	–	315	87,5	20	4,2	83	20,7

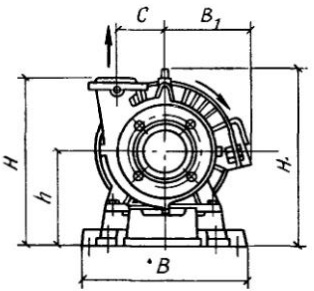
Примечания: 1 Давление на входе в насос не более 0,2 МПа (2 $кгс/м^2$)

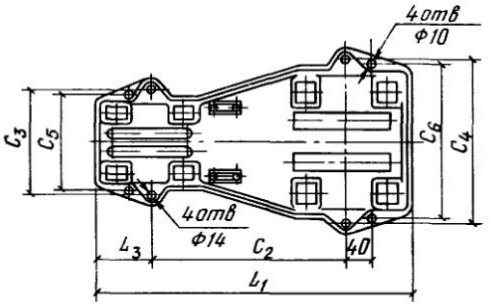
2 Частота вращения насосов составляет 2900 об/мин; насосов, отмеченных звездочкой,– 1450 об/мин.

ТАБЛИЦА XIII.2

ОСНОВНЫЕ ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, НАСОСОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОНСОЛЬНЫХ ТИПА К







Марка насоса		Тип электродвигателя	L	L_1	L_2	L_4	L_5	B	B_4	C	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	H	H_1	h	Масса, кг	
новая	старая																			насоса	агрегата
К8/18	1,5к-8/19, 1,5к-6	4А80А2 / ВА021-2	768 / 862	508 / 535	120	113	346	257 / 286	— / 200	75	189	308 / 328	210	215 / 250	190	120 / 154	310	321 / 440	185	33,2	64 / 104
К8/18а	1,5а-8/19а, 1,5к-6а	4А80А2 / ВА021-2	786 / 862	508 / 535	120	113	346	257 / 286	— / 200	75	189	308 / 328	210	215 / 250	190	120 / 154	310	321 / 440	185	33,2	64 / 104
К8/18б	1,5к-8/19б, 1,5к-6б	4А80А2 / ВА021-2	768 / 862	508 / 535	120	113	346	257 / 286	— / 200	75 / 75	189 / 189	308 / 328	210	215 / 250	190	120 / 154	310	321 / 440	185	33,2	64 / 104
К20/18	2к-20/18, 2к-9	4А80В2 / ВА021-2	788 / 862	508 / 560	120	113	346	257 / 286	— / 200	80 / 80	189 / 189	308 / 328	210	215 / 250	190	120 / 154	310 / 310	321 / 440	185	34,5	68 / 118

К20/18а	2к-20/18а, 2к-9а	4А80В2 ВА021-2	188 862	508 560	120	113	346	257 286	— 200	80 80	189 189	308 328	210	215 250	190	120 154	310 310	321 440	185	34,5	68 118
К20/18б	2к-20/18б, 2к-9б	4А0В2 ВА021-2	788 862	508 560	120	113	346	257 286	— 200	80 80	189 189	308 328	210	215 250	190	120 154	310 310	321 440	185	34,5	68 118
К20/30	2к-20/30, 2к-6	А02-32-2 4А110S2 ВА032-2	867 832 952	585 643 585	120	113	346	332 299 326	185 — 200	98	189	358 337 359	210	290 259 290	230 190 230	290 252	335	339 343 458	185	38,2	109 92 139
К20/30а	2к-20/30а, 2к-6а	А02-32-2 4А100S2 ВА032-2	867 832 952	585 543 585	120	113	346	332 299 326	185 — 200	98	189	358 337 359	210	290 257 290	230 190 230	290 252	335	339 343 358	185	38,2	109 92 139
К20/30б	2к-20/30б, 2к-6б	А02-32-2 4А100S2 ВА032-2	867 832 952	585 543 585	120	113	346	332 299 326	185 — 200	98	189	358 337 359	210	290 257 290	230 190 230	290 252	335	339 343 458	185	38,2	109 92 139
К45/30	3к-45/30, 3к-9	А02-42-2 4А112М2 ВА042-2	1084 1030 1158	725 665 725	150	146,5	427	367 332 361	222 — 330	105	235	451 413 443	250	325 290 325	230	320 284 320	375	405 413 528	225	57,6	168,4 134 207
К45/30а	3к-45/30а, 3к-9а	А02-42-2 4А112М2 ВА042-2	1084 1030 1158	725 665 725	150	146,5	427	367 332 361	222 — 330	105	235	451 413 443	250	325 290 325	230	320 284 320	375	405 413 528	225	57,6	168,4 134 207
К90/20	4к-90/20, 4к-18	А02-42-2 4А112М2 ВА042-2	1084 1030 1158	725 665 725	150	146,5	427	367 332 361	222 — 330	105 105 105	235	451 413 443	250	325 290 325	230	320 284 320	375	405 413 528	225	62,4	173,8 138 213
К90/20а	4к-90/20а, 4к-18а	А02-42-2 4А112М2 ВА042-2	1084 1030 1158	725 665 725	150	146,5	427	367 332 361	222 — 330	105 108 108	235	451 413 443	250	325 290 325	230	320 284 320	375	405 413 528	225	62,4	173,8 138 213

ТАБЛИЦА XIII.3.

РАЗМЕРЫ, мм, ПАТРУБКОВ НАСОСОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОНСОЛЬНЫХ ТИПА К

Марка насоса		D	D_1	D_2	d	D_3	D_4	D_5	d_1
новая	старая	всасывающий патрубок				нагнетательный патрубок			
К8/18	1,5к-8/19, 1,5к-6	40	100	130	14	32	90	120	14
К8/18а	1,5-6а, 1,5-8/19а	40	100	130	14	32	90	120	14
К8/18б	1,5к-8/19б, 1,5к-6б	40	100	130	14	32	90	120	14
К20/18	2к-20/18, 2к-9	50	110	140	14	40	100	130	14

Продолжение табл. XIII.3

Марка насоса		D	D_1	D_2	d	D_3	D_4	D_5	d_1
новая	старая	всасывающий патрубок				нагревательный патрубок			
К20/18а	2к-20/18а, 2к-9а	50	110	140	14	40	100	130	14
К20/18б	2к-20/18б, 2к-9б	50	110	140	14	40	100	130	14
К20/30	2к-20/30, 2к-6	50	110	140	14	40	100	130	14
К20/30а	2к-20/30а, 2к-6а	50	110	140	14	40	100	130	14
К20/30б	2к-20/30б, 2к-6б	50	110	140	14	40	100	130	14
К45/30	3к-45/30, 3к-9	80	150	185	18	50	110	140	14

ТАБЛИЦА XIII.4.

КОМПЛЕКТАЦИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ НАСОСОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОНСОЛЬНЫХ ТИПА К

Марка насоса		Электродвигатель				
новая	старая	тип	мощность, кВт	частота вращения, об/мин	напряжение, В	масса, кг
К8/18	1,5к-8/19,	4А80А2	1,5	2850	220/380	17,4
	1,5к-6	ВА021-2		2860	220/380	45
К8/18а	1,5к-8/19а,	4А80А2	1,5	2850	220/380	17,4
	1,5к-6а	ВА021-2		2860	220/380	45
К8/18б	1,5к-8/19б,	4А80А2	1,5	2850	220/380	17,4
	1,5к-6б	ВА021-2		2860	220/380	45
К20/18	2к-20/18,	4А80В2	2,2	2850	220/380	20,4
	2к-9	ВА021-2	1,5	2860	220/380	45
К20/18а	2к-20/18а,	4А80А2	1,5	2850	220/380	17,4
	2к-9а	ВА021-2		2860	220/380	45
К20/18б	2к-20/18б,	4А80А2	1,5	2850	220/380	17,4
	2к-9б	ВА021-2		2860	220/380	45
		А02-32-2		2880	220/380	43
К20/30	2к-20/30,	4А100S2	4	2880	220/380	36
	2к-6	ВА032-2		2900	220/380	70
К20/30а	2к-20/30а,	4А90L2	3	2840	220/380	28,7
	2к-6а	ВА031-2		2900	220/380	65
К20/30б	2к-20/30б,	4А80В2	2,2	2850	220/380	20,4
	2к-6б	ВА022-2		2860	220/380	52

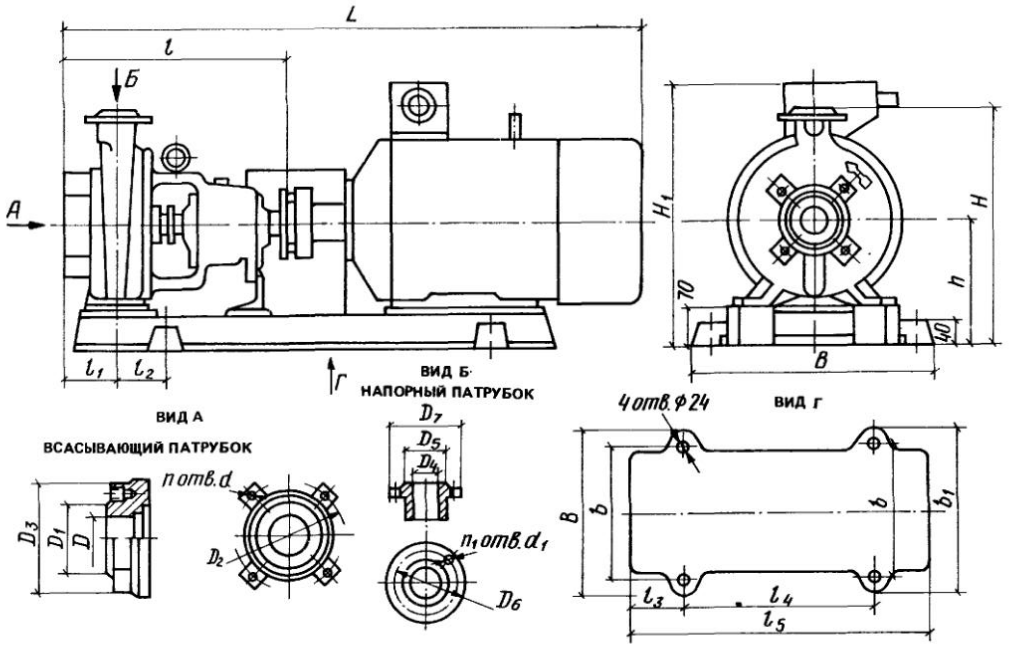
Продолжение табл XIII.4

490/20а	4к-90/20а,	А02-41-2	5,5	2900	220/380	62
	4к-18а	ВА041-2		2900	220/380	101
	3к-45/30,	А02-42-2		2910	220/380	74
К45/30	3к-9	4А112М2	7,5	2900	220/380	56
		ВА042-2		2900	220/380	108
К45/30а	3к-45/30а,	А02-41-2	5,5	2900	220/380	62
	3к-9а	ВА041-2		2900	220/380	101
		А02-42-2		2910	220/380	74
К90/20	4к-90/30,	4А112М2	7,5	2900	220/380	58
	4к-18	ВА042-2		2900	220/380	108
К 50-32-125	–	4АМ80В2У3	2,2	3000	380	32(80)
К 65-50-160	–	4АМ100*L*2У3	5,5	3000	380	46(115)
К 80-65-160	–	4АМ112М2У3	7,5	3000	380	50(136)
К 80-50-200	–	4АМ160*S*2У3	15	3000		52(250)
К 100-80-160	-	4АМ160*S*2У3	15	3000		75(270)
К 100-65-200	–	4АМ180М2У3	30	3000		82(376)
К 100-65-250	–	4АМ200*L*2У3	45	3000	380	117(485)
К 150-125-250	–	4АМ160М4У3	18,5	1500		140(420)
К 150-125-315	–	4АМ180М4У3	30	1500		145(427)
К 200-150-250	–	4АМ180М4У3	30	1500		135(425)

Примечание. В скобках дана масса агрегата

ТАБЛИЦА XIII. 5

РАЗМЕРЫ, мм, ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОНСОЛЬНЫХ НАСОСОВ ТИПА К



Типоразмер насоса	L	B	B_1	H	H_1	l	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	b	h	h_1	h_2	d
К 50-32-125	792	300	–	315	313	465	80	55	130	450	730	250	175	63	95	19
К 65-50-160	865	340		335	375	465	80	62	150	500	790	295	195	63	95	19
К 80-65-160	942	390		410	428	485	100	70	140	510	790	335	230	70	118	24
К 80-50-200	1127	458	458	430	485	485	100	98	160	600	886	380	230	–	–	–
К 100-65-160	1245	458	458	430	485	600	100	93	167	680	1020	380	230	–	–	–
К 100-65-200	1310	498	498	475	540	600	100	93	167	770	1094	420	250	–	–	–
К 100-65-250	1390	568	568	520	605	625	125	145	237	700	1194	490	270	–	–	–
К 150-125-250	1345	465	465	675	575	670	140	145	237	700	1102	395	320	–	–	–
К 150-125-315	1380	525	510	705	640	690	140	163	275	700	1170	430	350	–	–	–
К 200-150-250	1400	525	510	725	640	690	160	163	275	700	1170	430	350	–	–	–

ТАБЛИЦА XIII. 6

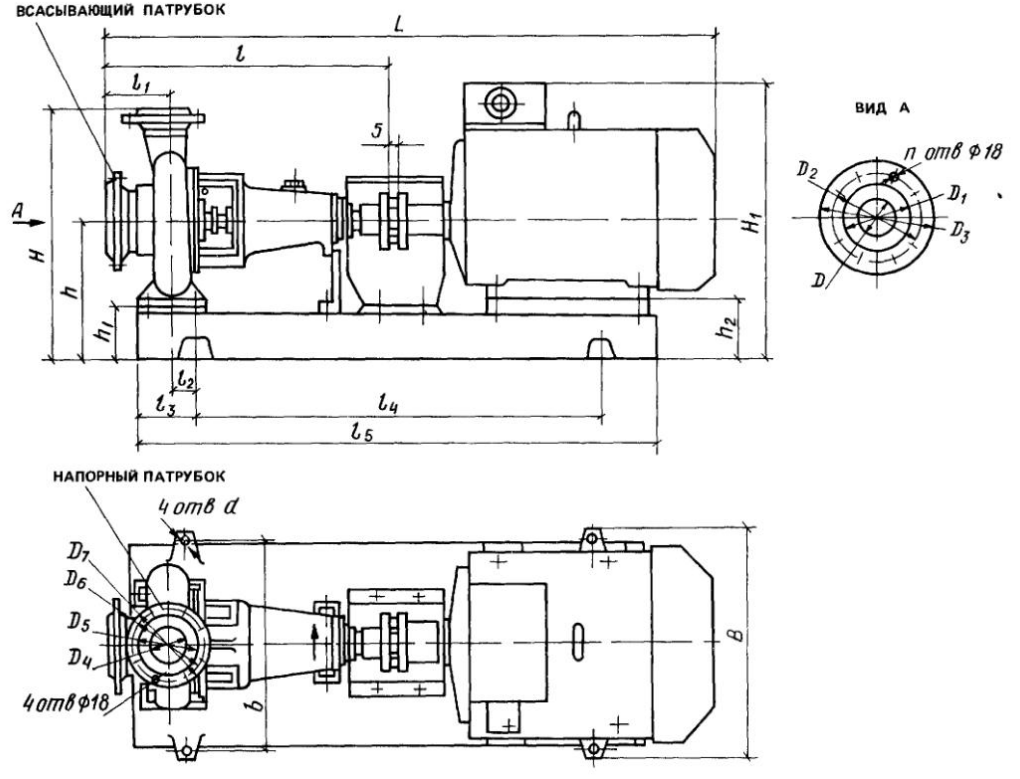
РАЗМЕРЫ, мм, ВСАСЫВАЮЩЕГО И НАГНЕТАТЕЛЬНОГО ПАТРУБКОВ НАСОСОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОНСОЛЬНЫХ ТИПА К

Типоразмер насоса	Фланец всасывающего патрубка						Фланец напорного патрубка					
	D	D_1	D_2	D_3	d	h	D_4	D_5	D_6	D_7	d_1	h_1
К 50-32-125	50	102	125	160	–	4	32	78	100	135	–	–
К 65-50-160	65	122	145	180	–	4	50	102	125	160	–	–
К 80-65-160	80	133	160	195		8	65	122	145	180	–	–
К 80-50-200	80	138	160	190	М16	4	50	102	125	160	18	4
К 100-80-160	100	158	180	210	М16	8	80	138	160	195	18	4
К 100-65-200	100	158	180	210	М16	8	65	122	145	180	18	4
К 150-125-250	150	212	240	275	М20	8	125	184	210	245	18	8
К 150-125-315	150	212	240	285	М20	8	125	184	210	245	18	8
К 200-150-250	200	268	295	335	М20	8	150	212	240	280	23	8

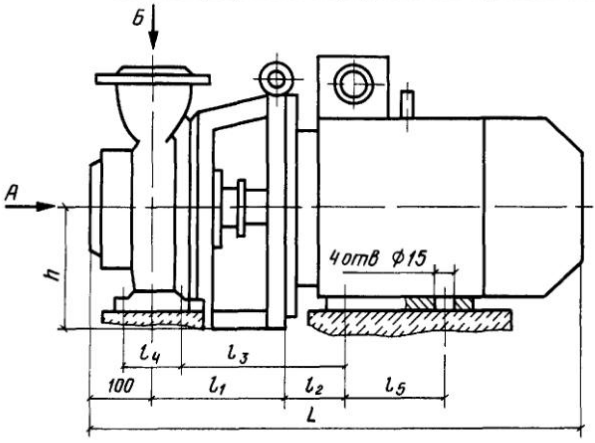
ТАБЛИЦА XIII.7

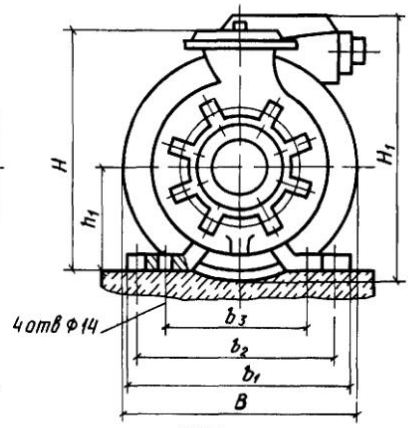
ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ НАСОСОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОНСОЛЬНЫХ ТИПА КМ

Типоразмер электронасоса	Подача, $м^3/ч$ (л/с)	Напор, м	Частота вращения с $^{-1}$ (об/мин)	Допустимый кавитационный запас, м, не более	Двигатель				
					тип	мощность, кВт	частота вращения (синхронная), с $^{-1}$ (об/мин)	напряжение, В	частота тока, Гц
КМ 50-32-125	12,5(3,47)	20	48(2900)	3,5	4АМХ80В2ЖУ2	2,2	50(3000)	380	50
КМ 65-50-160	25(6,95)	32		3,8	4АМ100L2ЖУ2	5,5			
КМ 80-50-200	50(13,9)	50		3,5	4АМ160S2ЖУ2	15			
КМ 100-80-160	100(27,8)	32		4,5	4АМ160S2ЖУ2	15	50 (3000)	380	50
КМ 100-65-200	100(27,8)	50		4,5	4АМ180М2ЖУ2	30			



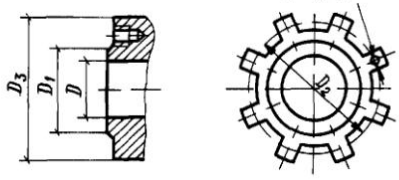
РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, НАСОСОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОНСОЛЬНЫХ ТИПА КМ





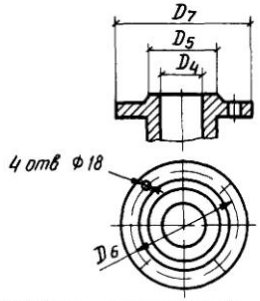
ВИД А

ВСАСЫВАЮЩИЙ ПАТРУБОК



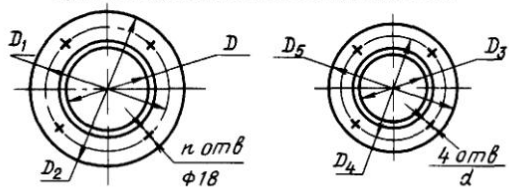
ВИД Б

НАПОРНЫЙ ПАТРУБОК



Типоразмер электронасоса	L	B	H	H_1	l	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	b	b_1	b_2	b_3	h	h_1	Масса
КМ 50-32-125	491	200	265	276	140,5	130	115	–	–	–	160	–	–	–	125	–	47
КМ 65-50-160	570	250	310	321	158	145	109	–	–	–	170	–	–	–	150	–	76
КМ 80-50-200	825	358	360	430	–	181	108	254	70	178	–	304	254	212	175	160	195
КМ 100-80-160	824	350	360	430	–	196	108	255,5	95	178	–	304	254	212	175	160	197
КМ 100-65-200	850	400	405	470	–	194	121	268,5	95	241		339	279	250	200	180	260

РАЗМЕРЫ, мм, ВСАСЫВАЮЩЕГО И НАГНЕТАТЕЛЬНОГО ПАТРУБКОВ НАСОСОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОНСОЛЬНЫХ ТИПА КМ



Типоразмер электронасоса	Фланец всасывающего патрубка				Фланец напорного патрубка			
	D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7
КМ 50-32-125	50	102	125	160	32	78	100	135
КМ 65-50-160	65	122	145	180	50	102	125	160
КМ 80-50-200	80	138	160	190	50	102	125	160
КМ 100-80-160	100	158	180	210	80	138	160	195
КМ 100-65-200	100	158	180	210	65	122	145	180

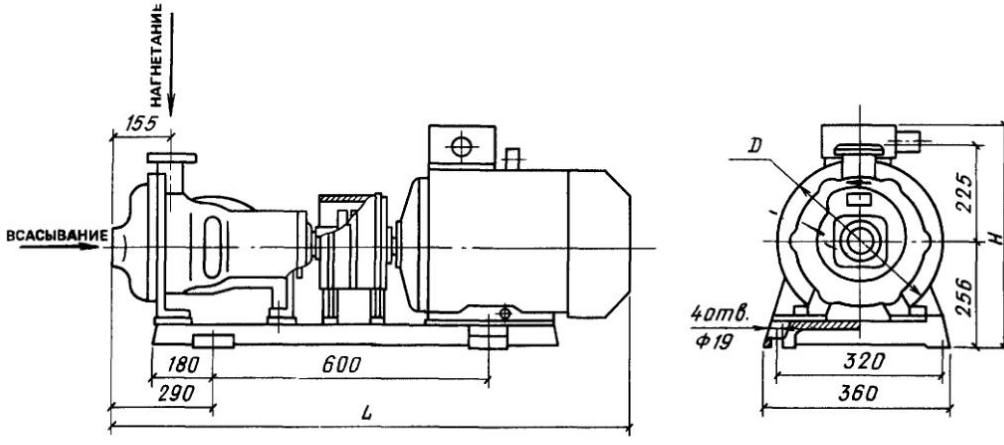
ТАБЛИЦА XIII.10

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНТРОБЕЖНО-ВИХРЕВЫХ НАСОСОВ

Марка насоса (агрегата)	Подача		Напор, м	Частота вращения, $с^{-1}$ (об/мин)	Мощность насоса, кВт	КПД насоса, %	Допускаемый кавитационный запас (не более), м
	$м^3/ч$	л/с					
ЦВК4/85	14,4	4	85	49(2950)	21,8	38	3
ЦВК5/120	18	5	120		25,8	43	
ЦВК6,3/160	22,7	6,3	160		29,9	43	

ТАБЛИЦА XIII.11

ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, ЦЕНТРОБЕЖНО-ВИХРЕВЫХ НАСОСОВ (АГРЕГАТОВ)



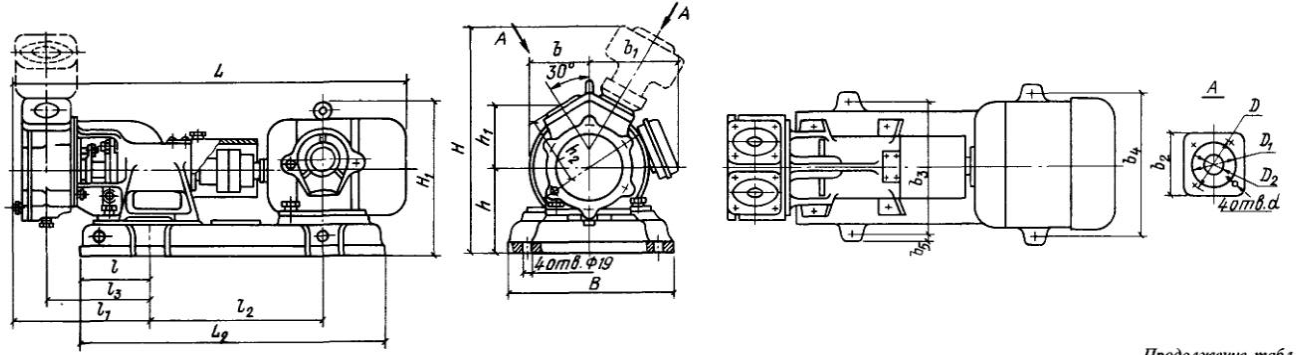
Марка насоса (агрегата)	Двигатель		L	H	D	Масса	
	тип	мощность, кВт				насоса	агрегата
ЦВК 4/85	4А180S2У3	22	1220	545	410	90	300
	В180S2У3		1310	655	460		320
ЦВК5/120	4А180М2У3	30	1260	545	410		360
ЦВК6,3/160	В180М2У3		1350	655	460		430

ТАБЛИЦА XIII. 12.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИКТИКА ВИХРЕВЫХ НАСОСОВ

Марка насоса	Подача		Напор, м	Частота вращения, $с^{-1}$ (об/мин)	Мощность насоса, кВт, не более	Допускаемый кавитационный запас, м, не более	Максимальная высота самовсасывания, м	КПД, %
	л/с	$м^3/ч$						
ВК 2/26А, ВК 2/26АБ-2Г, ВК 2/26Б, ВК 2/26Б-2Г	2	7,2	26	24 (1450)	4,6	5	—	33
ВК 2/26К, ВКС 2/26АБ-2Г, ВКС 2/26Б, ВКС 2/26Б-2Г	2	7,2	26	24 (1450)	4,6	5	4	
ВК 4/24АБ-2Г, ВК 4/24Б, ВК 4/24АБ-2Г, ВК 4/24К-2Г	4	14	24	25 (1450)	7	6	—	41
ВКС 4/24АБ-2Г, ВКС 4/24Б, ВКС 4/24Б-2Г	4	14	24	25 (1450)	7	6	4	
ВК 5/24А, ВК 5/24АБ-2Г, ВК 5/24Б	5	18	24	25 (1450)	8,3	6,5	—	38
ВК 5/24Б-2Г, ВК 5/24К, ВК 5/24К-2Г	5	18	24	25 (1450)	8,3	6,5	—	38
ВКС 5/24А, ВКС 5/24АБ-2Г, ВКС 5/24Б, ВКС 5/24Б-2Г	5	18	24	25 (1450)	8,3	6,5	4	
ВК 10/45А, ВК 10/45Б, ВК 10/45К	10	36	45	25 (1450)	27	7	—	35
ВКС 10/45А, ВКС 10/45Б	10	36	45	25 (1450)	27	7	3	

ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, ВИХРЕВЫХ НАСОСОВ (АГРЕГАТОВ)



Продолжение табл. XIII. 13

Марка агрегата	Двигатель тип	Двигатель мощность, кВт	L	L_1	l	l_1	l_2	l_3	B	b	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	H*	H_1	h	h_1	h_2	D	D_1	D_2	d	Масса насоса	Масса агрегата
ВК 2/26, ВКС 2/26	4А100S4У3	3	805 810 831	555	102	257 262 284	365	192 192 193	310	117,5	117,5	100	250	250	30	328 448 328	361	198	107	117	100	80	40	M12	29,7 29,7 32,4	77 81 80

Продолжение табл. XIII.13

ВК 2/26, ВКС 2/26	4А100L4У3	4	835 840 861	580		257 262 284	379	192 192 193	310	117,5	117,5		250	250	35	328 448 388	361	198	107	117	100	80	40	M12	29,7 29,7 32,4	83 87 86
	ВАО 42-4	5,5	1030 1035 1056	680		257 269 284	451	192 192 193	310	170	330		240	254	35	340 460 340	513	210							29,7 33,2 32,4	157 161 160
	В112М4	5,5	1040 1045 1066	620		257 262 284	413	192 192 193	290	140	230			240	25	328 448 338	481	198							29,7 33,2 32,4	147 150 142

Продолжение табл XIII.13

Марка агрегата	Двигатель тип	Двигатель мощность, кВт	L	L_1	l	l_1	l_2	l_3	B	b	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	H^*	H_1	h	h_1	h_2	D	D_1	D_2	d	Масса насоса	Масса агрегата
	АМ51-4**	4,5	947 952	770		257 262	520	192 192	366	142	214		303	303	32	358 478	396	228	107	117					29,7 33,2	116 119
	4А112М4У3	5,5	902 907 928	620		257 262 284	413	192 192 193	290	130	130		240	240	25	328 448 328		198							29,7 33,2 32,4	107 115 109
	А02-42-4М**	5,5	956 961	680	102	257 262	451	192 192	310	150	226		240	254	35	340 460	388	210							29,7 33,2	114 127
	П40М**	2,8	964 969			257 262	454	192 192	326	247	150	100	270	270	28	368 488	433	238			100	80	40	М12	29,7 33,2	115 111
ВК 4/24, ВКС 4/24	4А112М4У3	5,5	914 914 934	620		269 269 290	413	195 195 196	290	130	130			240	25	332 444 332	396	198							34,9 33,6 36,5	109 117 113
	4А132S4У3	7,5	942 942 962	640		269 269 290	432	195 195 195	310	151	151		240	254	35	344 456 344	428	210	110	120	100	80	40	М12	34,9 35,6 36,5	131 139 135
	ВАО 51-4	7,5	1092 1092 1112	695		269 269 290	470 432 470	195 195 196	325	178	330			266 254 254	35	372 456 372	558 518 558	238 210 238							34,9 35,6 36,5	192 200 196

Продолжение табл XIII 13

ВК 4/24, ВКС 4/24	В132S4	7,5	1062 1062 1082	640	102	269 269 290	432	195 195 196	310	170	230	100	240	254	35	344 456 344	518	210							32,3 35,6 36,5	188 196 192
	АО2-51-4М**	7,5	1008	695		269	470	195	325	165	238		240	266		372 484	439	238	110	120	100	80	40	М12	32,1 35,6	152 160
	П51М**	7,4	1061	750		269	497	195	340	290	174		266	266	30	402 514	488	268							32,1 35,6	187 195
ВК 5/24, ВКС 5/24	А4132М4У3	11	998 998 1018	680		275 275 296	451	195 195 196	310	151	–		240	254	35	350 464 350	428	210							36,7 37,9 40	146 150 152

ВК 5/24,	4А112МУ3	5,5	920 920 940	620		275 275 296	413	195 195 196	290	130	130		240	240	25	338 452 338	396	198								33,7 37,9 40	107 111 113
ВКС 5/24	ВАО 52-4	10	1133 1133 1153	730	102	275 275 296	486	195 195 196	325	178	330	108	240	266	35	378 492 378	558	238	115	125	110	90	50	M12	33,7 37,9 40	210 214 216
	В132М4	11	1104 1104 1124	680		275 275 296	451	195 195 196	310	170	230		240	254	35	350 464 350	518	210							33,7 37,9 40	196 200 202
	А02-52-4М**	10	1044	730		275	486	195	325	165	238		240	266	35	378 492	439	238							33,7 37,9	161 165
	П31М**	7,4	1099	750		275	497	195	340	290	174		266	266	30	408 522	488	268							33,7 37,9	185 189
ВК 10/45, ВКС 10/45	4А160МУ3	18,5	1174 1174 1203	780	97	297 297 325	560	205 205 213	341	179	179	108	290	290	25	392 547 392	512	242							44 48 50	228 232 234

Продолжение табл XIII 13

ВК 10/45, ВКС 10/45	4А180М4У3	30	1269 1269 1238	815	97	297 297 325	560	205 205 213	366	205	205	120			25	412 567 412	522	262							44 60 50	266 270 272
	ВАО 72 4	30	1287 1287 1316	877	112	297 297 325		205 205 213	410	240	390		315	315	33 25 25	432 587 432	692	282	121	140	130	110	65	M12	44 60 50	392 396 398
	В180М4	30	1302 1302 1331	815	97	297 297 325		205 205 213	366	220	340				25	412 567 412	652	262							44 60 50	392 396 398
	АО2-72-4М**	30	1228	877	112	297		205	410	230	316				33	432 587	543	282							44 60	316 320

* Насосы с литой плитой

** Насосы со штампованной плитой

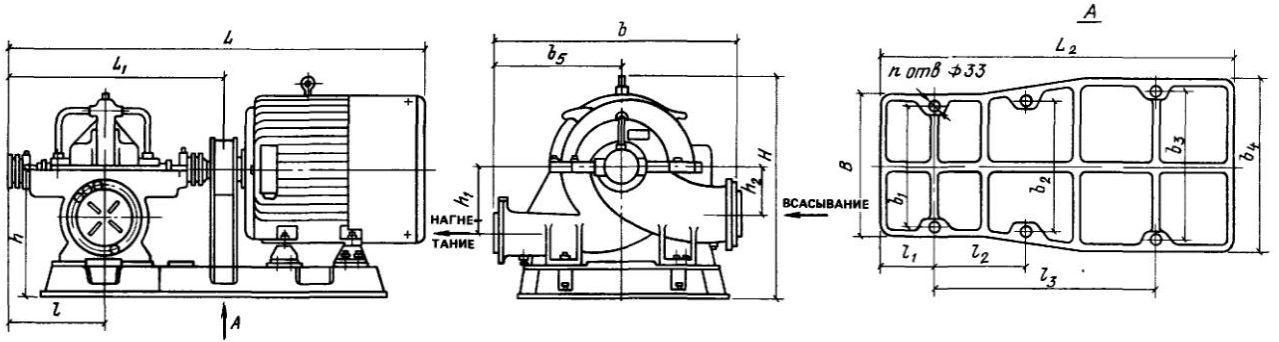
ТАБЛИЦА XIII.14.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАСОСОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ТИПА Д

Марка насоса	Диаметр рабочего колеса, мм	Обозначение обточки рабочего колеса	Подача		Напор, м (предельное отклонение +5%)	Частота, вращения, $с^{-1}$ (об/мин)	Мощность насоса, кВт, не более	Оптимальный КПД, %, не менее	Допускаемый кавитационный запас, м
			$м^3/ч$	л/с					
Д200-95 (4НДв)	280	—			23				
	255	а	100	28	19,8	24(1450)	10	70	3,5
	280	—			95				
	255	а	200	55	77	49(2950)	85	70	6,5
	240	б			64				
Д200-36 (5НДв)	350	—			36				
	320	а	200	55	28	24(1450)	35	72	5,5
	300	б			23				
Д320-70 (6НДс)	242	—	320	89	70				
	220	а	320	89	53	49(2950)	90	78	6
	205	б	300	83	44				
Д320-50 (6НДв)	405	—			50				
	365	а	320	89	37	24(1450)	76	76	4,5
	340	б			29				
Д500-65 (10Д-6)	465	—			65				
	432	а	500	140	53	24(1450)	(135)	76	4,5
	390	б			40				
Д630-90 (8НДв)	525	—			90				
	490	а	630	175	76	24(1450)	265	75	6,5
	450	б			63				
	525	—	500	140	36				
	490	а	490	136	28	16(960)	94	75	5
	450	б	440	122	23				
Д800-57 (12Д-9)	432	—			57				
	405	а	800	220	47	24(1450)	177	82	4
	360	б			33				
Д1250-65 (12НДс)	460	—			65				
	430	а	1250	350	50	24(1450)	314	86	6
	390	б			38				
Д1250-65 (12НДс)	460	—			28				
	430	а	800	220	22,5	16(960)	95	86	4,5
	390	б			17,5				
Д1250-125 (14Д-6)	625	—			125				
	570	а	1250	350	98	24(1450)	620	76	5
	535	б			83				
Д1600-90 (14НДс)	540	—			90				
	515	а	1600	445	75	24(1450)	500	87	7
	460	б			58				
	540	—			40				
	515	а	1000	280	36	16(960)	148	87	5
	460	б			26				
Д2000-21	460	—	2000	550	21	16,3(980)	150	86	5
	425	а			14				
	460	—	1250	350	14	12(730)	100	86	3
	425	а			10				
Д2000-100 (20Д-6)	855	—	2000	550	100	16,3(980)	760	75	6,5
	790	а			80				
Д2500-62 (18НДс)	700	—	2500	700	62	16,3(980)	500	87	7,5
	700	—	2000	550	34	12(730)	250	87	5,5

Примечание. Давление на входе в насос 0,3 МПа (3 кгс/см²).

ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, НАСОСОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ С ПОДАЧЕЙ 1600 м³/ч ВКЛЮЧИТЕЛЬНО



Марка насоса (агрегата)	Комплектующий электродвигатель			L	B	H	L_1	L_2	l	l_1	l_2	l_3	b	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	h	h_1	h_2	n	Масса	
	тип	мощность, кВт	напряжение, В																				насоса	агрегата
D200-95	4А280S2, 4АН250S2	110	220/380	1975	640	870	830	1540	375	230	–	940	660	565	565	565	660	300	450	181	146	4	210	1100
	А02-92-2	100		1860		797																		960
	А02-91-2 4А250S2	75		1805		797																		855
	4А225М2	55		1645		800		1540		230		940	660	565	565	565	660							685
	П62	14		1497		709		1250		210	–	810	540	440	440	440	540							524
	А02-61-4	13		1464		680		1190		210		810	540	440	440	440	540							468

Продолжение табл. XIII.15

Марка насоса (агрегата)	Комплектующий электродвигатель			L	B	H	L_1	L_2	l	l_1	l_2	l_3	b	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	h	h_1	h_2	n	Масса	
	тип	мощность, кВт	напряжение, В																				насоса	агрегата
Д200-36	А02-81-4	40	220/380	1685	799	801	830	1540	375	230	–	940	660	565	565	565	660	373	500	224	162	4	270	912
	4А200М-4	37		1625		835																		760
	А02-72-4	30		1556		761																		666
	4А180М-4	30		1537		785		1235		195		820	610	525	525	395	490		495					635
	А02-71-4	22		1517		761																		638
	4А180S4	22		1497		785																		615
Д320-70	А02-92-2	100	220/380	1860	730	847	830	1540	375	230	–	940	660	565	565	565	660	388	500	215	170	4	255	1130
	4А250М2	90		1790		890																		1037
	А02-91-2	75		1805		847																		1022
	4А250S2	75		1750		890																		967
	А02-82-2	55		1723		801																		912
	4А225М2	55		1723		801																		912
Д320-50	4А250S4	75	220/380	1805	966	897	830	1540	375	230	–	940	660	565	565	565	660	474	550	260	138	4	270	1233
	А02-91-4	75		1750		940																		975
	А02-82-4	55		1723		851																		950

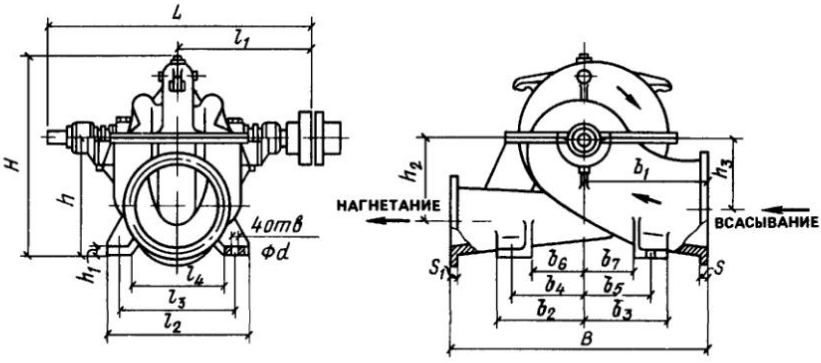
	4А225М4																						
	А02-81-4	40		1685		851																	950
Д500-65	4АН280М4	160	380/660	2170		1045																	1794
	А03-315S4	160	380/660	2430	970	1060	1160	1960	521	325	605	1210	840	755	755	755	840	460	450	315	230	6	620	2103
	4АН280S4	132	380/660	2170		1045																	1709
	А02-92-4	100	220/380	2160		972																	1680
Д630-90	А03-355S4	250	380	2520		1127																	2820
	А111-4М	250	380	2385		1225		2270		325	680	1360		755	855	945	1030						2760
	А112-4М	200	6000	2505		1225																	3100
	АН280М4	160	380/660	2173	1258	1045	1160		521				840					648	700	335	243	6	730	2100
	А03-315S-6	110	220/380	2422		1080		1960		325	605	1210		755	755	755	840							2270
	А02-92-6	75	220/380	2191		1020																		1890
	А02-91-6	55	220/380	2136		1020																		1780
Д800-57	А03-355S4	250	380	2518		1197		2270			680	1360		775	855	945	1030							2990
	А03-315-М4	200	380/660	2473	1155	1150	1160	1960	521	325	605	1210	840	755	755	755	840	570	700	378	280	6	880	2600
	4АН280S4	132	380/660	2133		1050		1960			605	1210		755	755	755	840							2260
	4А280S4	110	380/660	2518		1050		1960			605	1210		755	755	755	840							2180

Продолжение табл. XIII.15

Марка насоса (агрегата)	Комплектующий электродвигатель			L	B	H	L_1	L_2	l	l_1	l_2	l_3	b	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	h	h_1	h_2	n	Масса	
	тип	мощность, кВт	напряжение, В																				насоса	агрегата
Д1250-65	СД12-42-4	500	6000	3100		1750																		4150
	А0113-4М	320	380	2650		1340	2270			680	1360				990	1085	1170							4245
	А111-4М	250	380	2435		1345																		3285
	А03-315М4	200	380/660	2525	1390	1205	1210		521	325			840	755				770	750	435	335	6	1160	2960
	А3-315S6	110	220/380	2275		1165	1960			605	1210													2517
	4А280S6	75	220/380	2290		1110									755	855	840							2537
	А02-91-6	55	220/380	2160		1110																		2280
Д1250-125	А12-52-4	630	6000	2965	1360	1460																		5540
	СД12-52-4	630	6000	3480	1360	1855	1438	2760	621	435	800	1600	900	825	940	1080	1190	540	785	433	320	6	1710	6240
	А12-41-4	500	6000	2865	1360	1460																		5200
	4АН355М4	400	380/660	2715	1240	1260																		3840
Д1600-90	А12-41-4	500	6000	2865	1645	1460	1438	2760	621	435	800	1600	900	825	940	1080	1190	900	785	482	372	6	1520	4730
	4АН355М4	400	380/660	2653		1225																		3480
	4АН355S4	315		2713		1225																		3330
	А0114-6	160	6000	2978		1375																		4630
	А3-315М-6	132	220/380	2501		1225																		2930
	А03-315S6	110		2700		1235																		3120

ТАБЛИЦА XIII.16.

ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, НАСОСОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ С ПОДАЧЕЙ 2000–6300 м³/ч



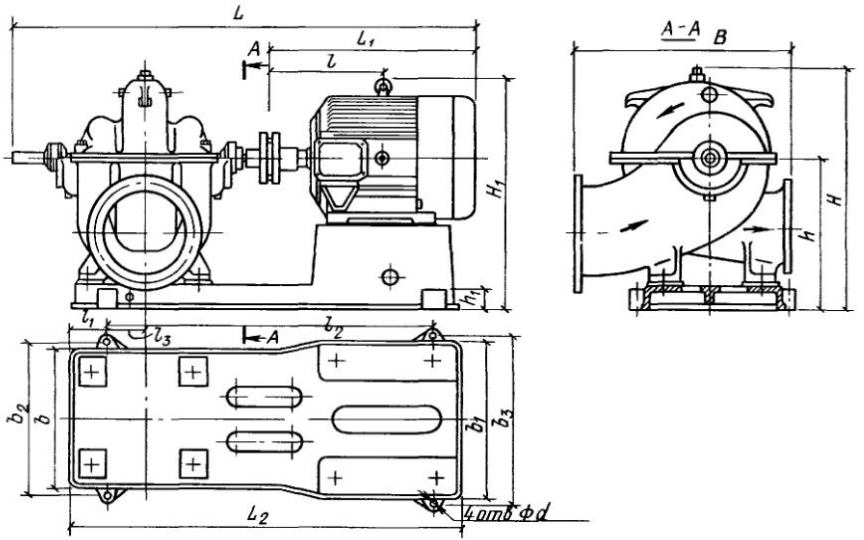
Марка насоса	*L*	*B*	*H*	l_1	l_2	l_3	l_4	b_1	b_2	b_3	b_4
Д2000-21	1620	1350	1280	795	800	660	480	850	400	400	300
Д2500-62	2130	2080	1440	1051	1100	900	800	900	550	550	425
Д2000-100	2050	1550	1420	1017	860	680	500	750	625	575	515

Продолжение табл XIII 16

b_5	b_6	b_7	*h*	h_1	h_2	h_3	*S*	S_1	*d*	Масса
300	200	200	760	35	440	460	34	32	35	1630
425	300	300	850	45	620	475	42	40	42	2870
465	405	355	800	45	665	415	34	28	42	2475

ТАБЛИЦА XIII.17.

ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ, мм, И МАССА, кг, НАСОСОВ (АГРЕГАТОВ) ЦЕНТРОБЕЖНЫХ



Типоразмер агрегата	Комплектующий электродвигатель			L	B	H	H_1	L_1	L_2	l	l_1	l_2	l_3	b	b_1	b_2	b_3	h	h_1	d	Масса агрегата
	тип	мощность, кВт	напряжение, В																		
Д2000-21	А3-355S-6	160		2870			1405	1155		674											3391
	А3-315S-6	110		2630			1335	1005		585											3218
	А3-315М-8	110	380	2680	1350	1435	1345	1055	2430	665	275	1800	140	853	960	940	1040	920	140	28	3408
	А3-315S-8	90		2630			1335	1005		590											3213
	А2-92-8	55		2570			1267	944		540											2960

Типоразмер агрегата	Комплектующий электродвигатель			L	B	H	H_1	L_1	L_2	l	l_1	l_2	l_3	b	b_1	b_2	b_3	h	h_1	d	
	тип	мощность, кВт	напряжение, В																		
Д2000-100	А13-59-6	800	6000	3725	1550	1660	1735	1667	3072	952	400	2300	50	1330	1330	1400	1400	1045	160	42	8310
	СД13-52-6	800		3960			2200	1900		875											8870
	СД2-85/57-6	800		3715			1655	1755		860											7410
	А13-46-6	630		3575			1735	1517		877											7728
Д2500-62	А13-46-6	630	6000	3655	2080	1630	1735	1517	3072	877	400	2300	170	1330	1330	1400	1400	1095	160	42	8152
	СД13-42-6	630	6000	3940			2200	1800		826											8632
	А13-37-6	500	6000	3555			1735	1417		827											7722
	А114-8	250	380	3475			1640	1335		750											6625
	А12-42-8	250	6000	3555			1705	1415		825											7245

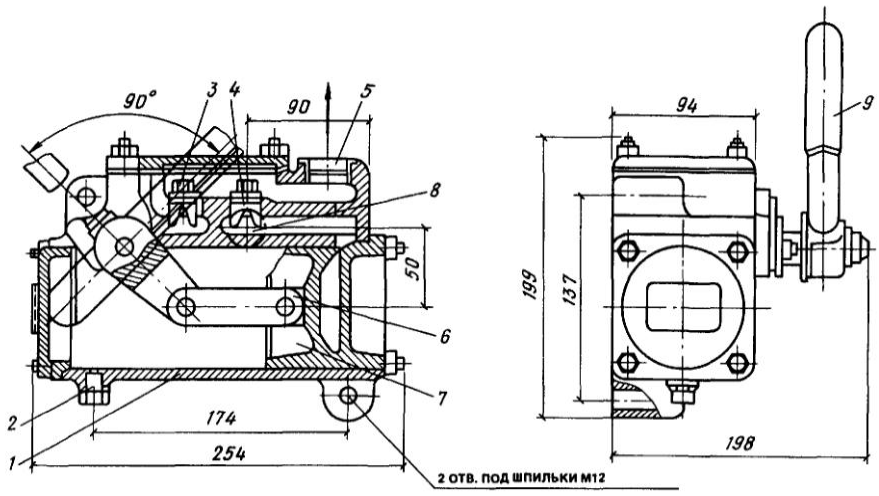


Рис. XIII.1

Технические данные насоса ручного поршневого марки Р.0,8-30 (рис. XIII.1) даны ниже:

Диаметр цилиндра, мм	80	Вакуумметрическая высота всасывания, м, при работе	
Ход поршня, мм	80	на воде с температурой 30°С	5,5
Подача за двойной ход, л	0,74	Усилие на рукоятку, Н, при напоре 30 м	260
Напор, м	30	Масса, кг	14

Технические данные насосов ручных поршневых марки Р.1,6-20 (рис. XIII.2) и марки БКФ-4 (рис. XIII.3) даны ниже:

	Р.1,6-20	БКФ-4
Диаметр цилиндра мм	100	100
Ход поршня, мм	100	90
Число двойных качаний в 1 мин	30	30 – 40
Подача за двойной ход, л	1,45	1,3
Напор, м	20	30
Вакуумметрическая высота всасывания	5,5	4,5
Масса, кг	22	23

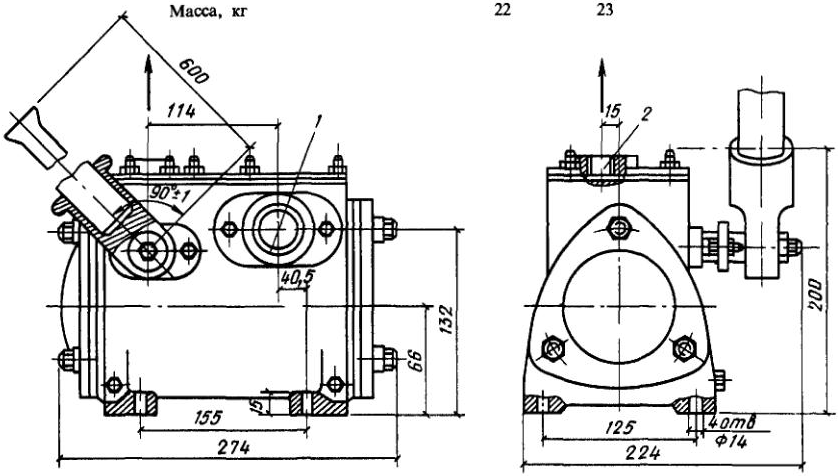


Рис. XIII.2

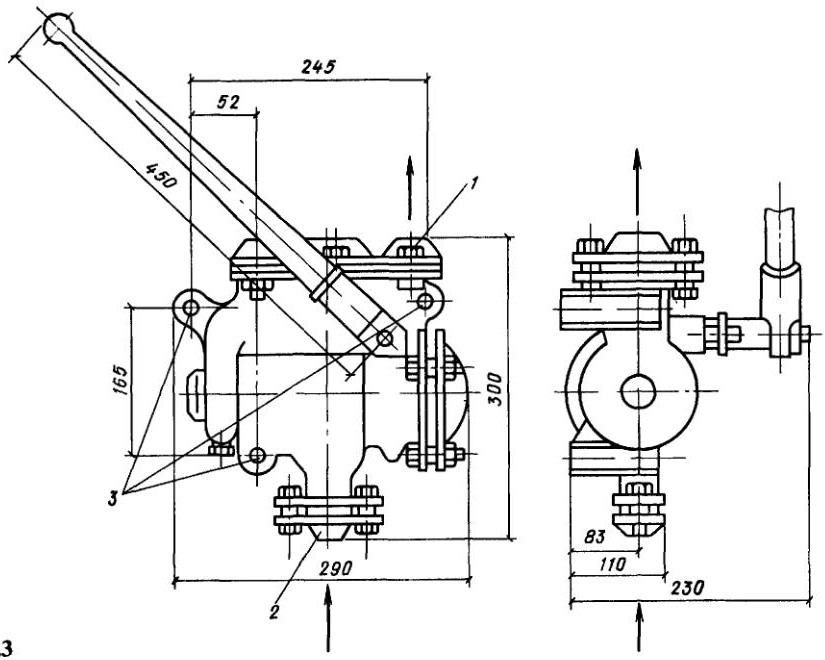


Рис. XIII.3

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

При пользовании предметным указателем следует иметь в виду, что в рубриках, представляющих собой сочетание прилагательного и существительного, применена инверсия – существительное поставлено на первое место.

А

Автоматизация подпитки системы водяного отопления 83
Агрегат отопительный 138, 143, 304–313
Аккумулятор теплоты 184
Амплитуда колебания температуры воздуха в помещении 12, 13
Арматура запорно-регулирующая 82, 122, 278–292

Б

Бак конденсатный 137
– расширительный 87, 88, 115
– сепаратор (расширительный бачок) 137
Баланс тепловой помещения 33, 165, 170, 173
Бифилярная система водяного отопления 75, 80
Брудер электрический 172

В

Виды систем водяного отопления 75–78
–– парового отопления 119
– отопительных приборов 41
Вода геотермальная 192
Вода (физические свойства) 211
Воздух атмосферный (физические свойства) 206
Воздухоотводчик 86
Воздухопроницаемость ограждений здания 14–16
Воздухораспределитель 140, 141
Воздухосборник 86
Выбор диаметра труб 103
– отопительных приборов 42
– системы отопления 29–32
––– геотермального 196
––– водяного 79, 80
––– парового 120, 121
––– солнечного 176–178

Г

Гладкотрубный отопительный прибор 42, 43, 78
Горелка инфракрасного излучения 162

Д

Давление гидравлическое в системе водяного отопления 80, 81
– естественное циркуляционное в системе водяного отопления однотрубной вертикальной 89
–––––– однотрубной горизонтальной 89
–––––– двухтрубной 89
––– при охлаждении воды в малом кольце 96
––––– в отопительных приборах 89
––––– в отопительных трубах 88, 239
Давление воздуха в здании избыточное 24, 26
– пара начальное 122, 123
– циркуляционное насосное 89
–– расчетное 88
–– располагаемое 95
Дальнобойность воздушной струи 143, 144
Двухтрубная система водяного отопления 78, 80
Динамика давления в системе водяного отопления без расширительного бака 80, 81
Длина трубы эквивалентная 123, 250, 257

З

Завеса воздушная тепловая 31
Затвор гидравлический 134, 135
Зона влажности территории СССР 7, 8

И

Изоляция виброзвуковая 84, 85
– тепловая 84
Инерция тепловая ограждающей конструкции 7, 12
–– отопительного прибора 41, 147
Инфильтрация воздуха 24, 37–39
–– в помещение зданий одноэтажных 24, 25
–––– многоэтажных 26–28

К

Клапан обратный 73, 74
– предохранительный 137
– редукционный 136
Классификация отопительных приборов 41
– систем водяного отопления 75–78

-- геотермального отопления 196–200
-- парового отопления 119–121
-- электрического отопления 159
Коллектор солнечной энергии 180–184
Кольцо циркуляционное в системе водяного отопления основное 93–95, 97
----- второстепенное 95, 98
----- малое 96, 99
Компенсатор удлинения теплопроводов 85
Конвектор 41, 296–301
Конденсатоотводчик 134, 135, 292–294
Конденсатопровод 119
– двухфазный 119, 132
Конденсат попутный 120
Конструирование системы водяного отопления 81–88
-- парового отопления 121, 122
Коэффициент воздухораспределителя скоростной 140, 141
-- температурный 140–142
– гидравлического трения 90, 91
– затекания воды 45, 91, 96
– местного сопротивления 90, 258–263
--- отопительных приборов 93, 94, 260
– обеспеченности 6
– облученности 4
– смешения воды 90
– теплообмена конвективного 9
-- лучистого 9
– теплопередачи ограждающей конструкции 34
-- отопительного прибора 43, 47
– шероховатости труб 212, 223, 241, 247, 250, 252, 257
– эффективности облучения в системе лучистого отопления 157

М

Магистраль системы центрального отопления 82
Метр квадратный эквивалентный 43
Мощность тепловая системы отопления 40, 41

Н

Напор температурный 43
-- номинальный 43
Направление движения теплоносителя 75
Насос конденсатный 138
– подпиточный 83
– смесительный 74, 83
– циркуляционный 73, 83

О

Области применения систем отопления 29–31
Однотрубная система водяного отопления 75–77, 79, 80
Отопительные приборы 41, 295–303
Отопление воздушное местное 138, 139, 142, 143
-- центральное 139, 140, 144
– дежурное 31
– животноводческих помещений 165–169
– зданий с переменным тепловым режимом 32, 33
– квартирное 115, 116
– комбинированное 32
– лучистое 160, 162–164
– панельно-лучистое 147–157
– печное 32
– птицеводческих помещений 170–172
– солнечное 176–178, 185
– теплиц 173–175

П

Панель излучающая 148, 149
отопительная бетонная 148
-- металлическая 149
Параметры теплоносителя 29–31
Пар водяной (физические свойства) 209, 210
Паропровод 119–122
Печь электронагревательная 313
Плотность основных теплоносителей 206, 209, 211
– теплового потока отопительного прибора 43–45
--- номинальная 43
Площадь ограждающей конструкции расчетная 35
Подача воздуха наклонная 138
-- сосредоточенная 139, 140
Подводка к отопительному прибору 81
Потенциал влажности ограждения 16, 17
Потери давления линейные 93, 123
-- местные 93, 123
-- при эксплуатации систем водяного отопления 74, 239
-- удельные 94, 123, 126
Проводимость системы водяного отопления 91, 93
– трубы 91
Проект отопления (исходные данные) 78
-- последовательность разработки 78, 79
Пункт тепловой системы отопления 75

Р

Радиатор 41, 295, 296
Размещение арматуры в системе водяного отопления 82, 83
– отопительных приборов в помещениях 42, 43
– теплопроводов в здании 81, 82, 121, 122
Распределение температуры в ограждении помещения 9, 16
Расход воды в системе отопления 93
–– в отопительном приборе относительный 43
–– в стояке (ветви) 89
–– на участке теплопровода 93
Расчет гидравлических конденсатопроводов 128
––– двухфазных 132, 133
––– напорных 129, 130
––– сухих и мокрых безнапорных 129
–– паропроводов 122, 123
––– высокого давления 126–128
––– низкого давления 123–125
–– системы водяного отопления 93–95, 102
––––– вертикальной однотрубной 95–99, 103–105
––––––– с унифицированными стояками 108–114
––––– горизонтальной однотрубной 105–108
––––– двухтрубной 99–102, 108, 115–117
–––––– стояков 102
––––– малого циркуляционного кольца 96, 99
––––– по удельным линейным потерям давления 93–95
––––– по характеристикам сопротивления 90–93, 102–105
– проводимости однотрубных стояков системы водяного отопления 109–114
– системы воздушного отопления 142–144
–––– центральной 144–145
– тепловой бетонной отопительной панели вертикальной 150–153
––––– горизонтальной 153–156
–– отопительных приборов 46, 47, 64–69
–– подвесной излучающей панели 156–158
–– системы геотермального отопления 202–204
––– инфракрасного электрического отопления 160 -164
––– солнечного отопления 185–189
–– теплопроводов 46, 264–268
Регулирование системы отопления эксплуатационное 71
– теплоотдачи отопительных приборов 71, 72
Регулятор давления 74, 75, 136
Режим влажностный ограждений помещения 16–18
– здания тепловой 29, 30, 31, 33, 34
Рекомендации по проектированию системы отопления 32, 81, 120

С

Сезон отопительный 7
Секция радиатора 47, 66, 69
Система отопления 29, 169, 172, 175
–– водяная бифилярная 75–77
––– вертикальная 75, 77, 78
––– геотермальная 202
––– горизонтальная 75–77
––– двухтрубная 75, 78
––– квартирная 115
––– однотрубная 75–77
–– паровая замкнутая 119
––– разомкчутая 119, 120
–– с естественной циркуляцией воды 73
–– солнечная активная 176
––– пассивная 176
–– теплонасосная 178, 199
Скорость ветра 7
– движения воды 89
–– воздуха 139, 142, 143
–– конденсата 130
–– пара 123
Солнечная радиация 175, 178–180
Сопротивление ограждения влагопередаче 16
–– воздухопроницанию 14, 15, 22
–– паропроницанию 23
– теплообмену на поверхности внутренней 9
––– наружной 9
– теплопередаче ограждения 8
––– приведенное 8, 14
––– требуемое 19–21
––– экономически целесообразное 21
–– светового проема 21
Способы гидравлического расчета систем отопления 90–93
Стояк системы отопления 75–78, 82, 119–120
Схема присоединения отопительных приборов к теплопроводам 66
–– системы водяного отопления к наружным теплопроводам зависимая прямоточная 73
–––––– зависимая со смешением 73
–––––– независимая 72, 73
– расчетная системы водяного отопления вертикальной однотрубной 97
––––– горизонтальной однотрубной 107

----- двухтрубной 100
– системы водяного отопления 75–78

Т

Таблица для расчета площади отопительных приборов 47–63
Таблицы для гидравлического расчета систем водяного отопления 212–238
--- напорных конденсатопроводов 252–257
--- паропроводов высокого давления 246–251
---- низкого давления 240–245
– для расчета теплоотдачи нагретыми трубами 264–268
– долей линейных и местных потерь давления в системе отопления 264
– коэффициентов местных сопротивлений 258–263
Температура внутренней поверхности ограждения 8
– воздуха внутреннего 5, 6, 34, 167, 168
-- наружного 7, 34
– нагретой поверхности в помещении допустимая 4
– поверхности ограждения в помещении расчетная 8
– помещения 4
-- неотапливаемого 34
– радиационная 4
– теплоносителя 29–31, 45
-- в однотрубном стояке (ветви) системы водяного отопления 116
Теплоемкость материала массовая 39
Теплозатраты на нагревание воздуха 24, 37–39
-- материалов 39
Теплозащита заполнений световых проемов 21
Теплоноситель системы отопления 29–31
Теплоотдача животных 165, 166
– отопительных приборов 43, 44, 46, 47
– птиц 171, 172
– труб 46
– человека 40
Теплопередача стационарная 8, 9
– нестационарная 10–13
Теплопоступления в помещение от оборудования и материалов 40
-- бытовые 40
Теплопотери добавочные 36
– здания по укрупненным измерителям 41
– помещения 34–40
– через ограждение помещения 34–37
Теплоусвоение пола помещения 12, 22, 168, 169
Теплоустойчивость ограждающей конструкции 10–12
– помещения 12–13
Точка постоянного давления в системе водяного отопления 80
Требования противопожарные к системе отопления 83, 84
Труба воздушная 86, 87
– ребристая 41, 303
Трубы для системы отопления 268, 269

У

Удаление воздуха из системы отопления 86, 87, 122
Уклон теплопроводов 81, 82, 86, 122
Условия тепловой комфортности в помещении 4
Установка отопительных приборов 46, 69, 72
– смесительная 74

Ф

Фактор формы элемента ограждения помещения 13, 14
Фасонные (соединительные) части труб 269–277

Х

Характеристика здания удельная тепловая 41
– геометрическая воздушной струи 142
– гидравлического сопротивления системы водяного отопления 91
--- участка системы 90
--- узла участков системы 91
--- удельная 103

Ш

Шайба дросселирующая (диафрагма) 95, 96, 124, 125
– подпорная 134, 136

Э

Экономия теплоты при геотермальном отоплении 195
-- при водяном отоплении здания 32, 33
-- при панельно-лучистом отоплении 147
-- при солнечном отоплении 187, 188
Электрический обогреватель инфракрасный 162–164
Электрическое отопление 159
-- воздушное 160

-- инфракрасное 160
-- лучисто-конвективное 159
Электрокалорифер 160, 314, 315
Эпюра давления циркуляционного в системе водяного отопления 95, 100, 102
-- гидростатического в насосной системе водяного отопления 80, 81

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Раздел I. ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ЗДАНИЯ 4
Глава 1. **Внутренние и наружные климатические условия** 4
1.1. Метеорологические условия в помещениях 4
1.2. Расчетные характеристики наружного климата для холодного периода года 7
Глава 2. **Теплопередача через ограждения** 8
2.1. Стационарная теплопередача . . 8
2.2. Нестационарная теплопередача 10
2.3. Теплопередача через сложное ограждение с двухмерными элементами 13
Глава 3. **Воздухопроницаемость строительных материалов и конструкций** 14
Глава 4. **Влагопередача и влажностный режим ограждения** 16
Глава 5. **Защитные свойства наружных ограждений** 19
5.1. Общая последовательность расчета 19
5.2. Требуемое (минимально допустимое) сопротивление теплопередаче 20
5.3. Оптимальное (экономически целесообразное) сопротивление теплопередаче ограждения . . 21
5.4. Теплозащита заполнений световых проемов и дверей 21
5.5. Требуемая теплоустойчивость ограждений 21
5.6. Требуемая теплоустойчивость полов 22
5.7. Требуемое сопротивление воздухопроницанию 22
5.8. Требуемое сопротивление паропроницанию 23
Глава 6. **Инфильтрация наружного воздуха через ограждение** 24
6.1. Инфильтрация наружного воздуха в производственных и одноэтажных общественных зданиях 24
6.2. Инфильтрация воздуха в помещениях многоэтажных общественных зданий, оборудованных системами механической вентиляции 26

Раздел II. ОТОПЛЕНИЕ 29
Глава 7. **Классификация и выбор систем отопления** 29
7.1. Основные виды систем отопления 29
7.2. Выбор системы отопления . . 29
7.3. Особенности выбора системы отопления в здании с переменным тепловым режимом . . . 32
Глава 8. **Тепловая мощность системы отопления** 33
8.1. Тепловой баланс помещения . . 33
8.2. Теплопотери помещения . . . 34
8.3. Теплопоступления в помещение 40
8.4. Расчетная тепловая мощность системы отопления 40
8.5. Теплопотери здания по укрупненным измерителям 41
Глава 9. **Отопительные приборы** 41
9.1. Виды отопительных приборов 41
9.2. Выбор и размещение отопительных приборов 42
9.3. Теплопередача отопительных приборов 43
9.4. Расчетная температура теплоносителя воды в отопительных приборах 45
9.5. Тепловой расчет приборов . . 46
9.6. Примеры теплового расчета отопительных приборов . . . 69
9.7. Регулирование теплопередачи отопительных приборов . . . 71
9.8. Установка отопительных приборов 72

Глава 10. **Водяное отопление** 72
10.1. Общие сведения 72
10.2. Классификация систем . . . 75
10.3. Последовательность проектирования системы 78
10.4. Выбор системы 79
10.5. Гидравлическое давление в системе 80
10.6. Конструирование системы . . 81
10.7. Расчетное циркуляционное давление в системе 88
10.8. Способы гидравлического расчета системы отопления . . 90
10.9. Гидравлический расчет системы по удельным линейным потерям давления 93
10.10. Гидравлический расчет системы по характеристикам сопротивления 102
10.11. Гидравлический расчет однотрубной системы со стояками унифицированной конструкции и тупиковым движением воды в магистралях по характеристикам гидравлического сопротивления 108
10.12. Гидравлический расчет гравитационной системы 115
Глава 11. **Паровое отопление** 118
11.1. Классификация систем парового отопления 119
11.2. Указания по выбору систем и схем парового отопления . . . 120
11.3. Конструктивные указания . . . 121
11.4. Расчет паропроводов 122
11.5. Расчет конденсатопроводов . . 128
11.6. Указания по выбору и расчету оборудования 134
Глава 12. **Воздушное отопление** 138
12.1. Общие сведения 138
12.2. Расчет систем воздушного отопления 142
12.3. Примеры расчета систем воздушного отопления 145
Глава 13. **Панельно-лучистое отопление** . 147
13.1. Общие сведения 147
13.2. Конструкции отопительных панелей и схемы систем 147
13.3. Тепловой расчет панельно-лучистого отопления 150
Глава 14. **Электрическое отопление** . . . 159
14.1. Классификация и область применения систем электрического отопления 159
14.2. Лучисто-конвективное электроотопление 159
14.3. Электровоздушное отопление 160
14.4. Инфракрасное электроотопление 160
Глава 15. **Особенности отопления сельскохозяйственных зданий и сооружений** 165
15.1. Системы отопления в животноводческих помещениях 165
15.2. Птицеводческие помещения . . 170
15.3. Культивационные сооружения для круглогодичного выращивания овощей 173
Глава 16. **Использование теплоты солнечной энергии** 175
16.1. Классификация солнечных систем горячего водоснабжения и отопления 175
16.2. Оценка располагаемого количества солнечной энергии . . 178
16.3. Классификация и выбор коллекторов солнечной энергии (КСЭ) 180
16.4. Классификация и выбор аккумуляторов теплоты 184
16.5. Общие положения расчета систем солнечного отопления и горячего водоснабжения . . . 185
16.6. Расчет сезонных систем горячего водоснабжения 189
16.7. Уточнение теплового расчета ССТ с учетом действительных характеристик системы 191
Глава 17. **Использование теплоты геотермальных вод** 192
17.1. Классификация геотермальных вод 192
17.2. Специфика геотермального теплоносителя 193
17.3. Технико-экономическая оценка вариантов систем, использующих теплоту геотермальных вод 195
17.4. Принципиальные схемы систем геотермального теплоснабжения 196
17.5. Потребители геотермального тепла 202
Приложение I. Некоторые физические величины 206
Приложение II. Таблицы для гидравлического расчета систем отопления 212
Приложение III. Трубы стальные и соединительные части с ним . . 268
Приложение IV. Общие сведения об арматуре 278
Приложение V. Краны 280
Приложение VI. Вентили запорные . . 281
Приложение VII. Клапаны 285
Приложение VIII. Задвижки 290
Приложение IX. Конденсатоотводчики 292
Приложение X. Отопительные приборы 295
Приложение XI. Отопительные агрегаты 305
Приложение XII. Оборудование систем электрического отопления 313
Приложение XIII. Насосы 315
Предметный указатель 338

Справочное издание

ВНУТРЕННИЕ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА.
В 3 ЧАСТЯХ.
ЧАСТЬ 1. ОТОПЛЕНИЕ

БОГОСЛОВСКИЙ ВЯЧЕСЛАВ НИКОЛАЕВИЧ, **КРУПНОВ** БОРИС АЛЕКСЕЕВИЧ,
СКАНАВИ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ И ДР.

Художественный редактор *Л. Ф. Егоренко*
Технические редакторы *Т. В. Кузнецова, Ю. Л. Циханкова*
Корректор *Г. А. Кравченко*

ИБ № 3886

Сдано в набор 5.03.90. Подписано в печать 6.11.90. Формат 70 × 100 1/16. Бумага тип № 2. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная Усл. печ. л 27,74. Усл. кр.-отт. 27,74. Уч.-изд. л 38,03. Тираж 76 000 экз. Изд № АХ-1092. Заказ № 1363. Цена 4 руб.

Стройиздат 101442 Москва, Каляевская, 23а

Можайский полиграфкомбинат В/О «Совэкспорткнига» Государственного комитета СССР по печати. 143200 Можайск, ул. Мира, 93

Отпечатано в Московской типографии № 4 Госкомпечати СССР.
129041, Москва, Б. Переяславская, 46. Зак. 2000.