

Научно-техническая фирма
ООО «ВИТАТЕРМ»

Утверждаю

Генеральный директор
ИТФ ООО «Витатерм»



В. И. Сасин

18 июня 2013 г.

РЕКОМЕНДАЦИИ
по применению алюминиевых
секционных отопительных радиаторов
«ОВЕРОН» СКР-АЛ 500

Москва – 2013

Уважаемые коллеги!

Научно-техническая фирма ООО «Витатерм» предлагает вашему вниманию рекомендации по применению отечественных алюминиевых секционных радиаторов «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500, поставляемых на российский рынок ОАО «Аскольд».

Рекомендации составлены применительно к российским нормативным условиям с учётом высказанных руководству ООО «Витатерм» на съездах НП «АВОК» предложений о расширении достоверных данных, необходимых для подбора отопительных приборов при проектировании систем отопления.

Авторы рекомендаций: канд. техн. наук Сасин В.И., канд. техн. наук Бершидский Г.А., инженеры Прокопенко Т.Н. и Кушнир В.Д. (под редакцией канд. техн. наук Сасина В.И.).

Замечания и предложения по совершенствованию настоящих рекомендаций авторы просят направлять по адресу: Россия, 111558, Москва, Зелёный проспект, 87–1–23, генеральному директору ООО «Витатерм» Сасину Виталию Ивановичу или по тел./факс. 8(495) 482–38–79, факс. 8(495) 482-38-67 и тел. 8(495) 918–58–95; e-mail: vitatherm@yandex.ru

Основные характеристики радиаторов «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500

Наименование показателей	Единица измерения	Величина
Рабочее избыточное давление теплоносителя, не более:	МПа кгс/см ²	2 20
Испытательное давление, не менее:	МПа кгс/см ²	4,7 47
Максимальная температура теплоносителя	°С	130
Монтажная высота радиатора	мм	500
Количество секций в радиаторах, поставляемых потребителю в сборе по спецификации	шт.	от 4 до 12
Усреднённые коэффициенты местного сопротивления при расходе теплоносителя 360 кг/ч и подводках d _y 15 мм (d _y 20 мм)	–	1,6 (2)
Стандартный цвет покрытия – порошковая эмаль белого цвета RAL 9016		

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Основные технические характеристики алюминиевых секционных радиаторов «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 и условия их применения	4
2. Гидравлический расчёт	11
3. Тепловой расчёт	19
4. Пример расчёта	23
5. Указания по монтажу алюминиевых секционных радиаторов «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 и основные требования к их эксплуатации	25
6. Список использованной литературы	29
<i>Приложение 1.</i> Динамические характеристики стальных водогазопроводных труб	30
<i>Приложение 2.</i> Тепловой поток 1 м открыто проложенных вертикальных гладких металлических труб, окрашенных масляной краской	32

1. Основные технические характеристики алюминиевых секционных радиаторов «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 и условия их применения

1.1. Предлагаемые специалистам рекомендации по применению алюминиевых секционных радиаторов «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 разработаны Научно-технической фирмой ООО «Витатерм» на основе проведенных в отделе отопительных приборов и систем отопления ОАО «НИИсантехники» и в ООО «Витатерм» теплогидравлических и прочностных испытаний представительных образцов указанных радиаторов.

Радиаторы выпускаются согласно ТУ 4935-014-76049693-2013 предприятием ОАО «Аскольд»: адрес - Россия, 692337, Приморский край, г. Арсеньев, ул. Заводская, д.5, тел. 8 (42361) 5-01-10; генеральный директор Колесников Леонид Викторович. Образцы для испытаний представлены изготовителем.

Официальный представитель производителя ЗАО «ХОЛДИНГ СПЕЦКОМПЛЕКТРЕСУРС»: юридический адрес – Россия, 107045, г. Москва, Сретенский б-р, д. 9/2, стр. 1, тел. 8 (495) 223-43-30; генеральный директор Волков Олег Владимирович.

1.2. Рекомендации составлены по традиционной для российской практики схеме [1], [2], разработанной с участием ведущих специалистов проектных организаций г. Москвы (ЦНИИЭПжилища, Моспроект, МНИИТЭП и др.) и МИСИ (МГСУ). При разработке рекомендаций использована техдокументация ОАО «Аскольд».

1.3. Секционные радиаторы «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 (рис.1.1 и 1.2) изготавливаются методом литья под давлением из алюминиевого сплава АК12М2. Эти приборы имеют современный дизайн, характеризуются малой глубиной и гигиеничностью и отвечают требованиям стандарта АВОК 4.22-2006 на «Радиаторы и конвекторы отопительные» [3] и ГОСТ 31311-2005 на «Приборы отопительные» [4].

Вертикальный канал секции для прохода теплоносителя выполнен круглого сечения при толщине стенки не менее 2,5 мм, коллектор имеет среднюю толщину стенки 4 мм. Такая геометрия секции обеспечивает высокую прочность радиатора «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 (давление разрушения превышает 10 МПа).

1.4. Радиаторы «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 предназначены для работы в автономных системах отопления, в частности, в коттеджах и в системах отопления жилых, общественных и административных зданий с независимой схемой подключения при температуре теплоносителя **до 130°C** и максимальном рабочем избыточном давлении теплоносителя **2 МПа** при испытательном не менее **4,7 МПа**.

Радиаторы рекомендованы к применению при строительстве жилых и общественных высотных зданий

При использовании радиаторов из алюминиевых сплавов очень важно соблюдать правила их эксплуатации, выдерживая требования к теплоносителю согласно [5] с корректировкой этих требований по значениям рН. Значения рН следует выдерживать в пределах **7– 8,5**, но при рН менее 7,8 не рекомендуется применение стальных теплопроводов. При использовании стальных труб необходим

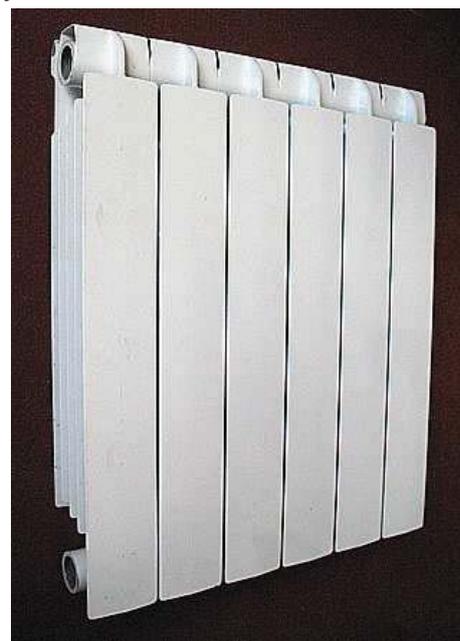


Рис. 1.1. Общий вид радиатора «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500

жёсткий контроль содержания кислорода в теплоносителе (в пределах до $0,02 \text{ мг/дм}^3$). В системах отопления с алюминиевыми радиаторами целесообразно применять металлополимерные трубы.

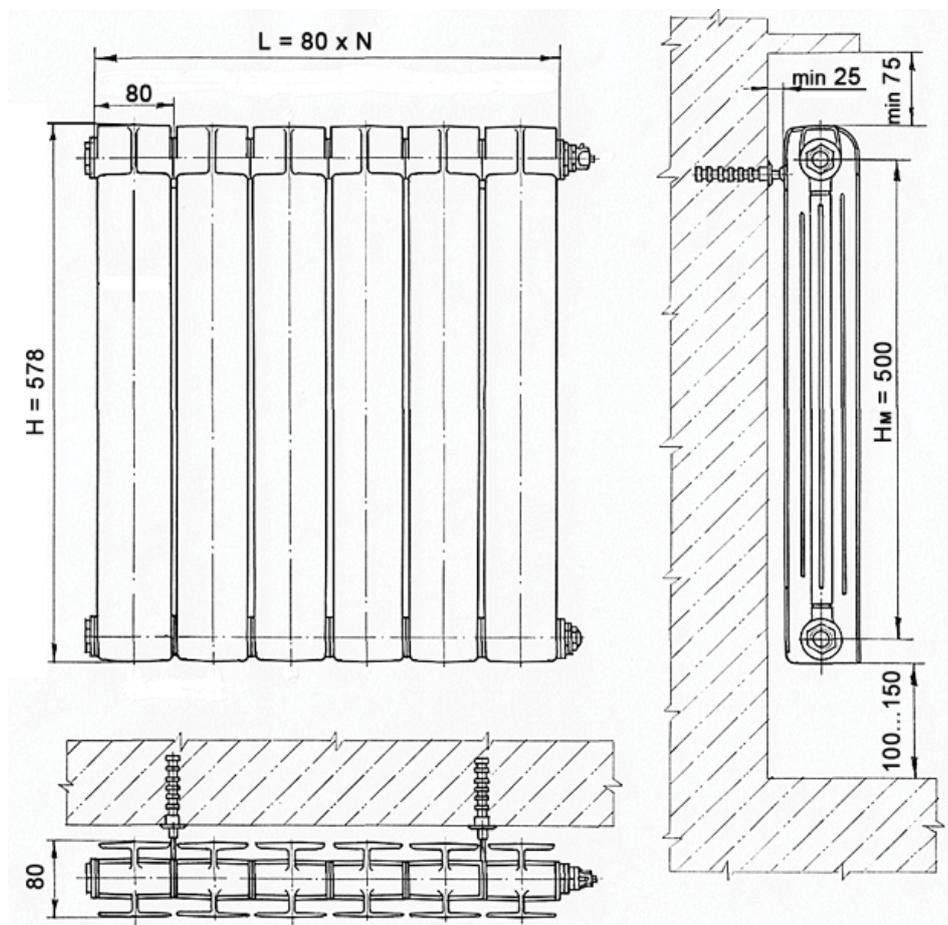


Рис. 1.2. Габаритные размеры радиатора «ОБЕРОН» СКР-АЛ 500

1.5. Изготовление радиаторов из лёгких алюминиевых сплавов и малый объём теплоносителя внутри секций определяют их малую инерционность и, как следствие, энергоэкономичность. Невысокая материалоемкость радиаторов «ОБЕРОН» СКР-АЛ 500 (в сборе около 9 кг/кВт) обеспечивает удобство при их транспортировке и монтаже и снижение соответствующих затрат.

Подсоединение к теплопроводам системы отопления осуществляется с помощью проходных пробок с правой и левой наружной трубной резьбой G 1-B.

1.6. Все радиаторы окрашиваются сначала методом анодного электроосаждения, а затем порошковыми эмалями белого цвета Corro-Coat MX8 (RAL 9016) в электростатическом поле.

1.7. Радиаторы «ОБЕРОН» СКР-АЛ 500 поставляются в сборе по спецификации заказчика с количеством секций в приборе от 4 до 12.

Каждый радиатор в сборе (без пробок) герметично упаковывается в термоусадочную плёнку, затем радиаторы укладываются рядами на поддон с прокладкой полос картона между ними. Поддон с радиаторами обёртывается плёнкой и снабжается маркировочными ярлыками по ГОСТ 14192-96. Размеры поддонов $800 \times 1000 \text{ мм}$ или $1200 \times 1000 \text{ мм}$, по высоте до 10 радиаторов.

1.8. В стандартный комплект поставки радиаторов «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 входят: радиатор в сборе - 1 шт.; паспорт - 1 шт.; упаковка - 1 шт.

Радиаторы крепятся на стене с помощью верхних и нижних кронштейнов, приобретаемых заказчиком: при количестве секций до 10 - 2 верхних и 1 нижний кронштейн; при количестве секций 11-14 - 3 верхних и 2 нижних кронштейна; при большем количестве секций на каждую группу до 5 секций добавляется 1 верхний кронштейн.

1.9. Технические характеристики секции радиатора «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 представлены в табл. 1.1, а в табл. 1.2 приведены основные показатели этого радиатора в сборе при поставке на отечественный рынок.

Номинальный тепловой поток радиатора $Q_{ну}$, равный произведению номинального потока секции $q_{ну}$ (см. табл. 1.1) на количество секций N , отличается от фактического Q при том же количестве секций, т.к. значения $q_{ну}$ определены для представительных типоразмеров радиаторов, а коэффициент теплопередачи радиатора зависит от количества секций из-за несколько разной эффективности теплоотдачи средних и крайних секций, а также от распределения теплоносителя по длине прибора. Методика учёта этих факторов с помощью поправочного коэффициента β_3 приведена в 3 разделе настоящих рекомендаций.

1.10. Теплотехнические испытания проведены в отделе отопительных приборов и систем отопления ОАО «НИИСантехники» согласно российской методике тепловых испытаний отопительных приборов при теплоносителе воде [6], [7] при нормальных (нормативных) условиях: температурном напоре (разности среднеарифметической температуры горячей воды в радиаторе и температуры воздуха в испытательной камере) $\Theta=70^{\circ}\text{C}$, расходе теплоносителя через представительный типоразмер прибора $M_{пр}=0,1$ кг/с (360 кг/ч) при его движении по схеме «сверху-вниз» и барометрическом давлении 1013,3 гПа (760 мм рт. ст.).

Испытательные стенды аттестованы в установленном порядке. Аттестат аккредитации испытательной лаборатории № RU. МРСТ. ИЛ. 003.

Таблица 1.1. Технические характеристики секции алюминиевого радиатора «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500

Наименование показателей и их размерность	Значения показателей
Габаритные размеры (рис. 1.2), мм: - монтажная высота H_m - высота H - глубина B - длина	500 578 80 80
Номинальный тепловой поток при нормальных условиях ($\Theta=70^{\circ}\text{C}$) $q_{ну}$, Вт	197
Теплоплотность (по длине секции), Вт/м	2462,5
Площадь наружной поверхности нагрева f_c , м ²	0,43
Коэффициент теплопередачи при нормальных условиях $K_{ну}$, Вт/(м ² ·°C)	6,55
Масса, справочная, кг, не более	1,4
Объём воды, л	0,28

Таблица 1.2. Основные показатели алюминиевого радиатора «ОБЕРОН» СКР-АЛ 500 в сборе

Краткое обозначение типоразмера	Количество секций N, шт.	Номинальный тепловой поток $Q_{н\text{у}}$, Вт	Общая длина L, мм	Масса в сборе (без кронштейнов и пробок), кг, справочная
СКР-АЛ 500 -4-788	4	788	320	6,10
СКР-АЛ 500 -5-985	5	985	400	7,65
СКР-АЛ 500 -6-1182	6	1182	480	9,20
СКР-АЛ 500 -7-1379	7	1379	560	10,75
СКР-АЛ 500 -8-1576	8	1576	640	12,30
СКР-АЛ 500 -9-1773	9	1773	720	13,85
СКР-АЛ 500 -10-1970	10	1970	800	15,40
СКР-АЛ 500 -11-2167	11	2167	880	16,95
СКР-АЛ 500 -12-2364	12	2364	960	18,50

1.11. Условные обозначения алюминиевых радиаторов включают их полное или сокращённое обозначение, монтажную высоту в мм, количество секций в приборе и номинальный тепловой поток в Вт.

Пример полного условного обозначения радиатора «ОБЕРОН» СКР-АЛ 500 с монтажной высотой 500 мм, из 5 секций, с номинальным тепловым потоком 985 Вт: **радиатор «ОБЕРОН» СКР-АЛ 500-5-985.**

Краткое обозначение этого радиатора: **СКР-АЛ 500-5-985.**

1.12. Для повышения эксплуатационной надёжности алюминиевые радиаторы «ОБЕРОН» СКР-АЛ 500 рекомендуется использовать в **независимых схемах подсоединения к системам теплоснабжения**, оборудованных закрытыми расширительными сосудами и качественными насосами, обеспечивающими стабильную работу системы отопления без утечек и ухудшения качества теплоносителя.

Помимо использования в системе отопления традиционных воздухоотводчиков необходимо оснащать каждый радиатор **воздухогазоотводчиком** (рис.1.3). Рекомендуется применять клапан безопасности, совмещенный с воздухоотводчиком.

1.13. Алюминиевые секционные радиаторы «ОБЕРОН» СКР-АЛ 500 предназначены для применения в системах отопления как с искусственной, так и с естественной циркуляцией.

1.14. Радиаторы в помещении устанавливаются, как правило, под окном на стене или на стойках у стены (окна). Длина радиатора по возможности должна составлять не менее 75% длины светового проёма.

Радиаторы устанавливаются в один ряд по высоте и глубине.

1.15. На рис. 1.4 представлены наиболее распространённые в отечественной практике схемы систем отопления, в которых используются секционные радиаторы.

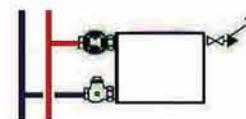


Рис. 1.3. Установка воздухоотводчика (1) на радиаторе

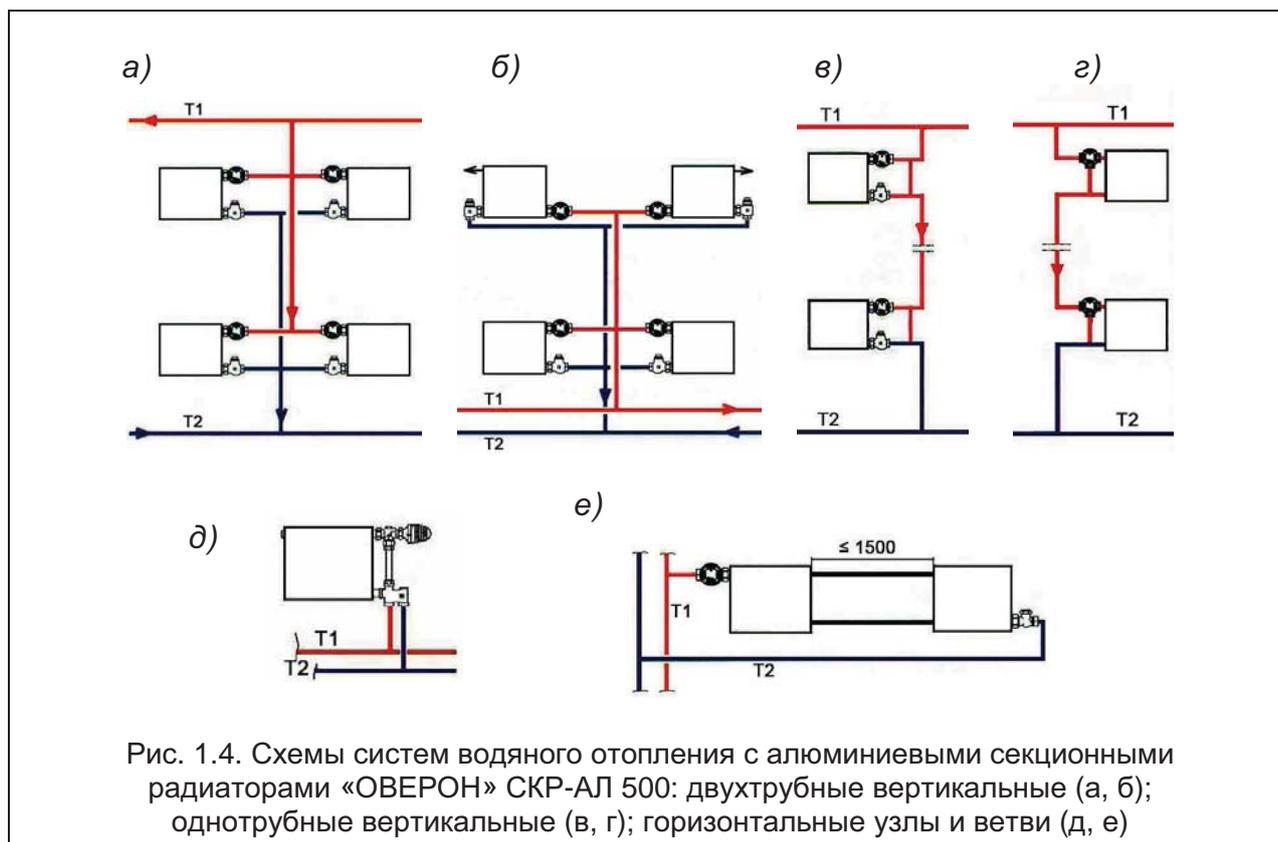


Рис. 1.4. Схемы систем водяного отопления с алюминиевыми секционными радиаторами «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500: двухтрубные вертикальные (а, б); однотрубные вертикальные (в, г); горизонтальные узлы и ветви (д, е)

Следует указать, что в настоящее время с учётом жёстких требований к повышению энергоэффективности зданий и, в частности, систем отопления согласно Федеральному закону от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» рекомендуется шире применять вместо вертикальных систем отопления поквартирные системы отопления с горизонтальной разводкой теплопроводов. Характерные схемы таких систем представлены на рис. 1.5.

1.16. Требования к экономии тепловой энергии определяют необходимость применения регуливающей арматуры и оборудования для учёта расхода теплоты на отопление зданий и помещений, занимаемых квартиросъёмщиками.

Регулирование теплового потока радиаторов в системах отопления осуществляется с помощью индивидуальных регуляторов (ручного или автоматического действия), устанавливаемых на подводках к приборам или встроенных в отопительный прибор.

Согласно СП 60 [8] отопительные приборы в жилых помещениях должны, как правило, оснащаться термостатами, т.е. при соответствующем обосновании возможно применение ручной регуливающей арматуры. МГСН 2.01-99 [9] более жёстко требуют установку термостатов у отопительных приборов.

Отметим, что в российских условиях эксплуатации наряду с горизонтальными системами отопления могут также находить широкое применение вертикальные системы. Следует однако учитывать, что при оснащении отопительных приборов термостатами более надёжными в эксплуатации являются однотрубные системы отопления, поскольку двухтрубные вертикальные системы при самовольной неконтролируемой замене отопительных приборов и термостатов становятся практически неработоспособными даже при наличии автоматических балансировочных клапанов.

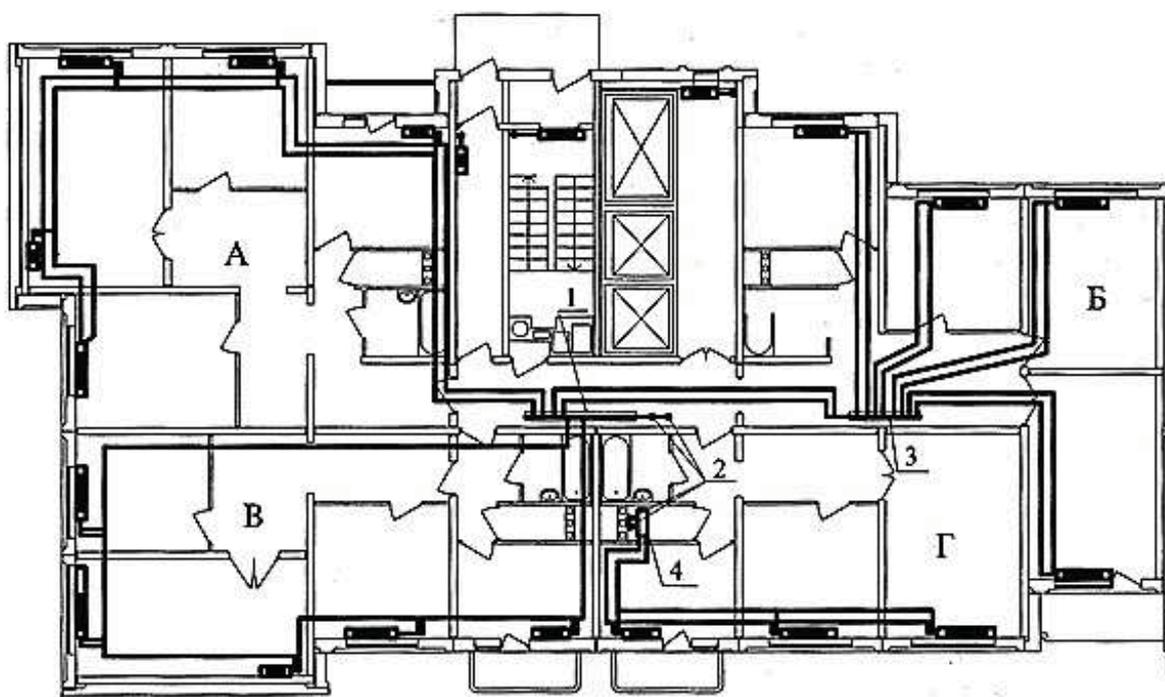


Рис. 1.5. Поквартирные системы отопления с горизонтальной разводкой теплопроводов:
 А – периметральная двухтрубная с этажным узлом регулирования и учёта теплоты;
 Б – радиальная двухтрубная с этажным узлом регулирования и учёта теплоты
 В – периметральная однотрубная с этажным узлом регулирования и учёта теплоты;
 Г – периметральная двухтрубная с квартирным узлом регулирования и учёта теплоты;
 1 – этажный стояк, 2 – стояки, 3 – коллектор, 4 – квартирный узел

Согласно отечественной справочной и учебной литературе по отоплению [10], [11] типовая обвязка отопительного прибора, показанная на рис. 1.6, предусматривает установку только одного регулятора теплового потока на подводке к прибору.

По данным ООО «Витатерм» при полном закрытии регулирующей арматуры, установленной на верхней боковой подводке, остаточная теплоотдача радиатора «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 с номинальным тепловым потоком около 1 кВт при условном диаметре подводящих теплопроводов 15 и 20 мм составляет 25-45 %. Это объясняется тем, что по верхней части нижней подводки горячий теплоноситель попадает в прибор, а по нижней части той же подводки заметно охлаждённый возвращается в стояк или разводящий теплопровод. Поэтому ООО «Витатерм» рекомендует на нижней подводке к радиатору устанавливать дополнительно циркуляционный тормоз или специальную запорно-регулирующую арматуру (рис. 1.4 а-в). При их установке остаточная теплоотдача уменьшается до 4-8 %. Для возможности полного отключения радиатора рекомендуется дополнительно устанавливать шаровой кран между стояком и термостатом.

У радиаторов «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 на нижних подводках монтируются, в частности, запорные клапаны типа RLV, которые применяются чаще всего в двухтрубных насосных системах. Этот клапан позволяет отключать отопительный прибор для его демонтажа или технического обслуживания без опорожнения всей системы. Клапан RLV может быть укомплектован спускным краном.

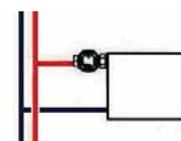


Рис. 1.6

1.17. Присоединение теплопроводов к радиаторам может быть с одной стороны (одностороннее) и с противоположных сторон приборов (разностороннее). При одностороннем присоединении труб не рекомендуется чрезмерно укрупнять радиаторы. Поэтому в системах отопления с искусственной циркуляцией при количестве секций в радиаторах «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 более 24, а в гравитационных системах - более 12, рекомендуется применять разностороннюю (диагональную) схему присоединения (рис. 1.7).

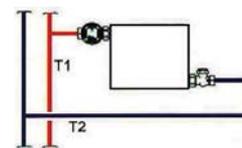


Рис.1.7

При соединении приборов на цепках (рис. 1.4 е) рекомендуется применять разностороннюю схему присоединения теплопроводов. Для цепок целесообразно использовать теплопроводы диаметром 1" (не менее $\frac{3}{4}$ ").

При установке группы радиаторов на горизонтальной проточной ветви следует учитывать, что суммарная нагрузка на ветвь не должна превышать, как правило, 5-8 кВт в зависимости от перепада давления теплоносителя в термостате и его шумовых характеристик.

Радиатор «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 с боковыми патрубками может использоваться в горизонтальных системах отопления с нижним подсоединением (рис. 1.4 д). В этом случае например, могут быть использованы гарнитуры бокового подсоединения.

В случае размещения термостатов в нишах для отопительных приборов или перекрытия их декоративными экранами или занавесками необходимо предусмотреть установку термостатической головки с выносным датчиком (рис.1.8). На схеме 1.8а показана головка термостата с выносным датчиком и капиллярной трубкой, на схеме 1.8б – головка термостата с выносной регулировкой и на схеме 1.8в – электронная термостатическая головка (термопривод).

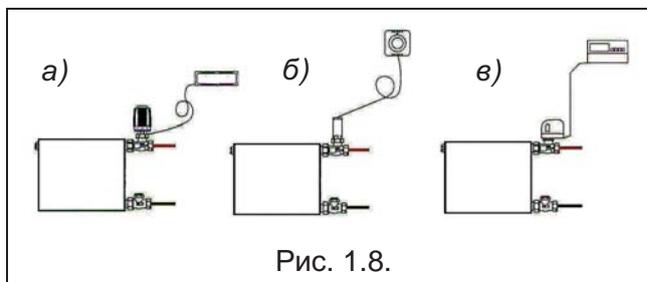


Рис. 1.8.

Более подробные сведения о номенклатуре термостатов и их гидравлических характеристиках приведены в разделе 2 настоящих рекомендаций.

1.18. Если загрязнения в теплоносителе превышают нормы [5], то для нормальной работы термостатов и регуливающей арматуры необходимо оснащать систему отопления фильтрами, в том числе и постоянными, и обеспечивать их нормальную эксплуатацию. В системах отопления с независимой схемой подсоединения для поддержания требуемого качества теплоносителя целесообразно применять сепараторы.

1.19. Цена на радиаторы договорная с гибкой системой скидок. Справки о ценах можно получить в ЗАО «ХОЛДИНГ СПЕЦКОМПЛЕКТРЕСУРС» и на заводе изготовителе (реквизиты указаны в п. 1.1).

1.20. Предприятие ОАО «Аскольд» постоянно работает над совершенствованием своих отопительных приборов и оставляет за собой право на внесение изменений в конструкцию изделий и технологический регламент их изготовления в любое время без предварительного уведомления, если только они не меняют основных характеристик продукции.

1.21. ООО «Витатерм» не несёт ответственности за какие-либо ошибки в каталогах, брошюрах или других печатных материалах, не согласованных с разработчиками настоящих рекомендаций.

2. Гидравлический расчёт

2.1. Гидравлический расчёт проводится по существующим методикам с применением основных расчётных зависимостей, изложенных в нормативной и справочно-информационной литературе [10] и [11], с учётом данных, приведённых в настоящих рекомендациях.

При гидравлическом расчёте теплопроводов потери давления на трение и преодоление местных сопротивлений следует определять по методу «характеристик сопротивления»

$$\Delta P = S \cdot M^2 \quad (2.1)$$

или по методу «удельных линейных потерь давления»

$$\Delta P = R \cdot L + Z, \quad (2.2)$$

где ΔP - потери давления на трение и преодоление местных сопротивлений, Па;

$S=A \zeta'$ - характеристика сопротивления участка теплопроводов, равная потере давления в нём при расходе теплоносителя 1 кг/с, Па/(кг/с)²;

A - удельное скоростное давление в теплопроводах при расходе теплоносителя 1 кг/с, Па/(кг/с)² (принимается по приложению 1);

$\zeta' = [(\lambda/d_{вн}) \cdot L + \Sigma \zeta]$ - приведённый коэффициент сопротивления рассчитываемого участка теплопровода;

λ - коэффициент трения;

$d_{вн}$ - внутренний диаметр теплопровода, м;

$\lambda/d_{вн}$ - приведённый коэффициент гидравлического трения, 1/м (см. приложение 1);

L - длина рассчитываемого участка теплопровода, м;

$\Sigma \zeta$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на рассчитываемом участке сети;

M - массовый расход теплоносителя, кг/с;

R - удельная линейная потеря давления на 1 м трубы, Па/м;

Z - местные потери давления на участке, Па.

2.2. Гидравлические испытания проведены согласно методике НИИсантехники [12]. Она позволяет определять значения приведённых коэффициентов местного сопротивления $\zeta_{ну}$ и характеристик сопротивления $S_{ну}$ при нормальных условиях (при расходе воды через прибор 0,1 кг/с или 360 кг/ч) после периода эксплуатации, в течение которого коэффициенты трения мерных участков стальных новых труб на подводках к испытываемым отопительным приборам достигают значений, соответствующих коэффициенту трения стальных труб с эквивалентной шероховатостью 0,2 мм, принятой в качестве расчётной для стальных теплопроводов отечественных систем отопления.

Согласно эксплуатационным испытаниям ряда радиаторов и конвекторов, проведённым ООО «Витатерм», гидравлические показатели отопительных приборов, определённые по упомянутой методике [12], в среднем соответствуют трёхлетнему сроку работы приборов в отечественных системах отопления.

2.3. В табл. 2.1 приведены гидравлические характеристики радиаторов «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 при нормативном расходе горячей воды через прибор $M_{пр} = 0,1$ кг/с (360 кг/ч), характерном для однотрубных систем отопления при расходе всей воды через прибор, а также дополнительно при расходе 0,017 кг/с (60 кг/ч), характерном для двухтрубных систем отопления и однотрубных с замыкающим участком и термостатом на подводке. При необходимости с допустимой для практических расчётов погрешностью данные таблицы 2.1 могут быть интерполированы для других расходов теплоносителя. Гидравлические характеристики при

движении теплоносителя по схемам «сверху-вниз» и «снизу-вверх» практически равны при монтажной высоте 500 мм и не зависят от длины радиатора при количестве секций от 3 до 20.

Таблица 2.1. Усреднённые гидравлические характеристики алюминиевых радиаторов «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500

Расход теплоносителя через прибор $M_{гр}$, кг/ч (кг/с)	Диаметр условного прохода подводок d_y , мм	Коэффициент местного сопротивления ζ	Характеристика сопротивления $S \cdot 10^{-4}$, Па/(кг/с) ² ,
360 (0,1)	15	1,6	2,192
	20	2,0	0,824
60 (0,017)	15	2,1	2,877
	20	2,5	1,03

2.4. Согласно СП 60 [8] отопительные приборы в жилых помещениях, как указывалось, рекомендуется оснащать термостатами.

Для ручного регулирования теплового потока радиаторов используют краны по ГОСТ 10944-97, краны для ручной регулировки фирм «HERZ Armaturen» (Австрия), «Данфосс» (Россия), «Сотар» (Франция), «Oventrop», «Heimeier» и «Honeywell» (Германия) и др.

2.5. Для автоматического регулирования в двухтрубных насосных системах отопления можно рекомендовать для установки на подводящих теплопроводах терморегуляторы «HERZ-TS-90», «HERZ-TS-90-V» с присоединительными размерами 3/8", 1/2" и 3/4" (практически совпадающие для всех размеров гидравлические характеристики представлены на рис. 2.1), RA-N 15 и RA-N 20/25 фирмы «Данфосс» (см. рис. 2.2), **A**, **AV6** и **RF** фирмы «Oventrop», терморегуляторы фирм «Heimeier», «Honeywell» и др.

Для однострунных систем отопления можно рекомендовать для установки на подводках к радиаторам специальные терморегуляторы уменьшенного гидравлического сопротивления RA-G фирмы «Данфосс» (рис. 2.3), марки **AZ** фирмы «Oventrop», фирмы «Heimeier» (рис. 2.4), «HERZ-TS-E» (рис. 2.5) и типа **H** фирмы «Honeywell».

Наклонные линии (1,2,3...) на диаграммах рис. 2.1 и 2.2 показывают диапазоны предварительной настройки терморегулятора в режиме 2К (2°C). Настройка на режим 2К означает, что терморегулятор частично прикрыт и в случае отклонения заданной температуры воздуха в отапливаемом помещении в пределах 2К (2°C) он перекрывает движение воды в подводящем теплопроводе. В ряде случаев ведётся более точная настройка на 0,5К (0,5°C) или на 1К (1°C), а иногда допускается настройка на 3К (3°C) и более. Очевидно, при полностью открытом клапане гидравлическое сопротивление термостата будет заметно меньше. Например, на рис. 2.1 линия «максимального подъёма» штока терморегулятора при режиме настройки на 2К показывает существенно большее значение перепада давления, чем линия, характеризующая «максимальное открытие» терморегулятора.

На рис. 2.3 и 2.5 наклонные линии характеризуют гидравлические характеристики терморегуляторов для однострунных систем отопления при настройке на режимы 0,5К, 1К, 2К или 3К, а также при полностью открытом клапане.

На рис. 2.4 указаны зоны настройки терморегуляторов фирмы «Heimeier» на 1К или 2К при условном диаметре подводок 10, 15 и 20 мм.

Отметим, что гидравлические характеристики терморегуляторов «HERZ-TS-E» как прямых, так и угловых при установке на подводках условным диаметром 15, 20 и 25 мм практически совпадают.

В однотрубных системах отопления с представленными в настоящих рекомендациях секционными радиаторами «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 целесообразно применять также трёхходовые терморегуляторы, обеспечивающие удобное подключение к прибору и монтаж замыкающего участка. Отметим, что гидравлические характеристики радиаторных узлов с трёхходовыми терморегуляторами определяют перепад давлений между подводящим и обратным патрубками у замыкающего участка, зависят от настройки на коэффициент затекания, расхода и температуры теплоносителя в стояке, а также от гидравлических характеристик отопительных приборов.

Использование трёхходовых терморегуляторов в однотрубных системах отопления обеспечивает более высокие значения коэффициента затекания, чем при использовании терморегуляторов пониженного сопротивления, монтируемых на подводках к приборам.

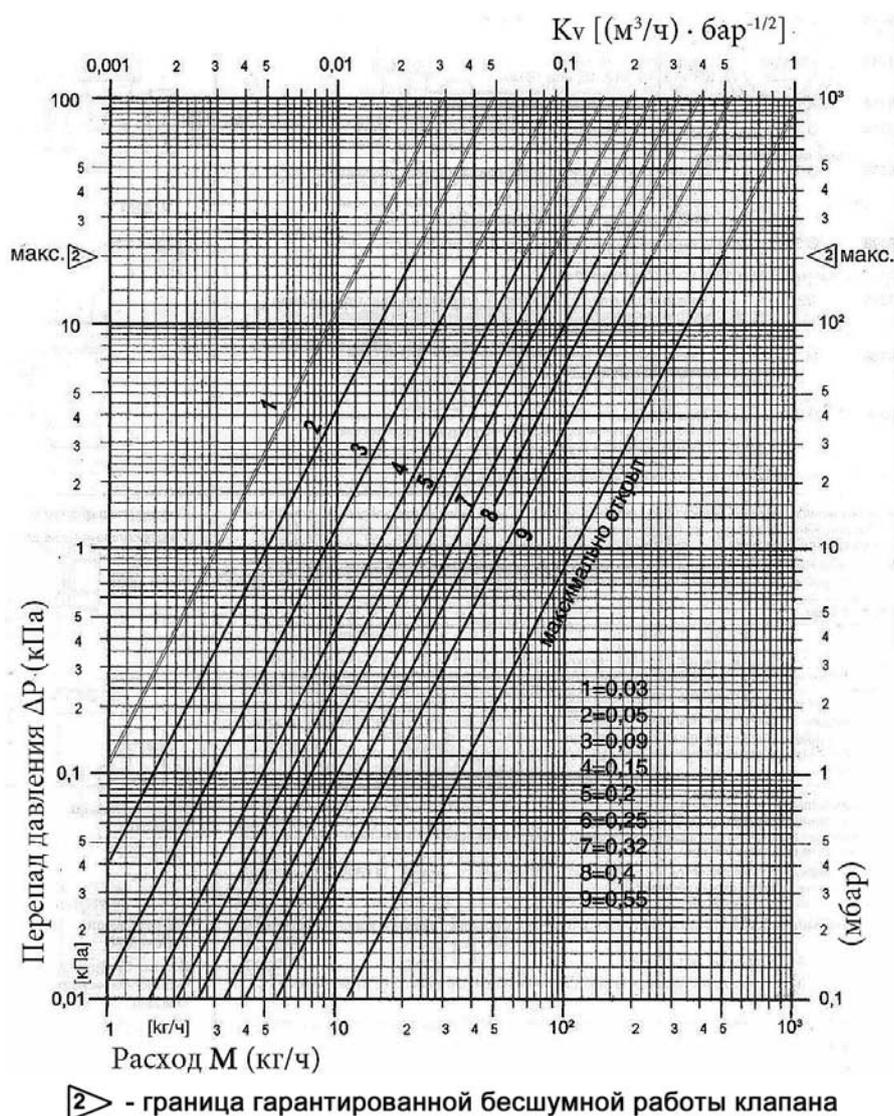


Рис. 2.1. Усреднённые гидравлические характеристики терморегуляторов «HERZ-TS-90-V» с присоединительными размерами 3/8", 1/2" и 3/4" с настройкой на режим 2К (2°C) и при полном открытии клапана

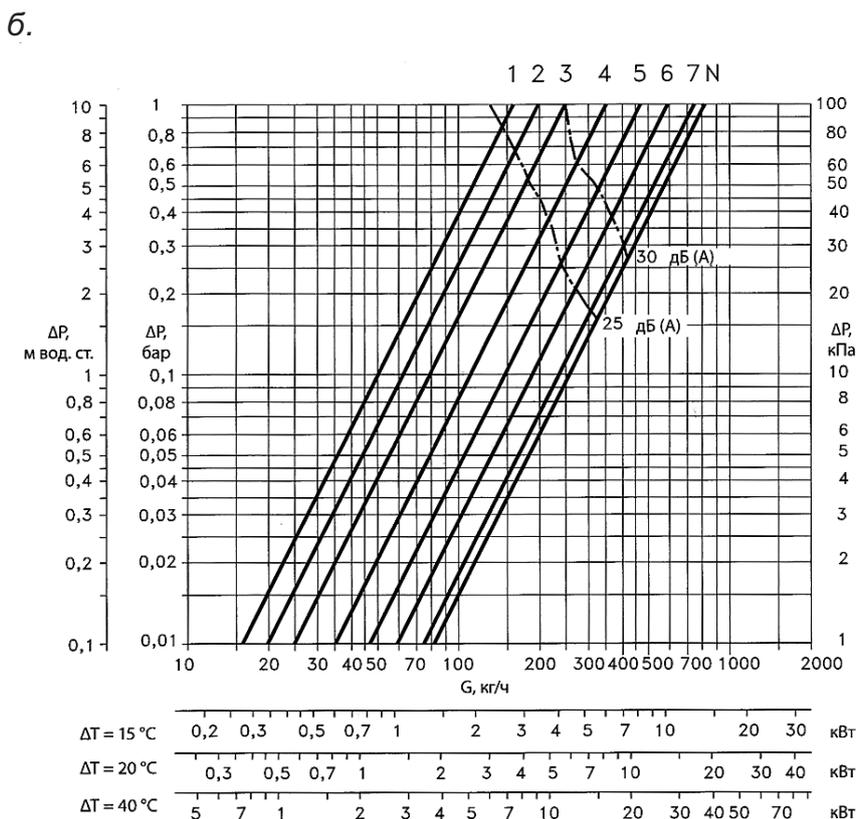
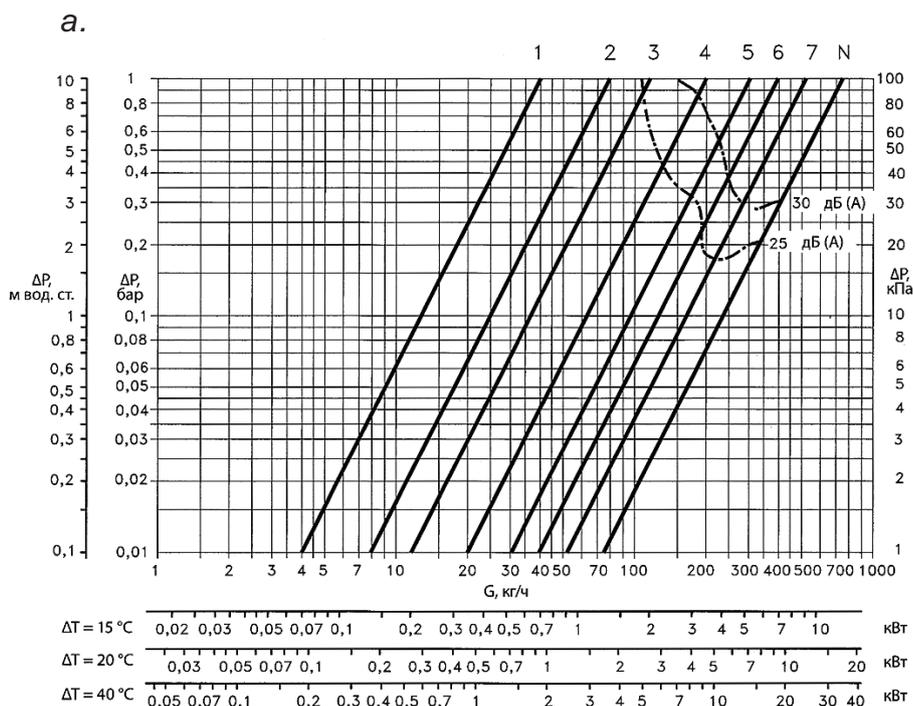


Рис. 2.2. Гидравлические характеристики терморегуляторов фирмы «Данфосс» RA-N 15 (а) и RA-N 20/25 (б), предназначенных для двухтрубных систем отопления (при различных уровнях монтажной настройки клапана)

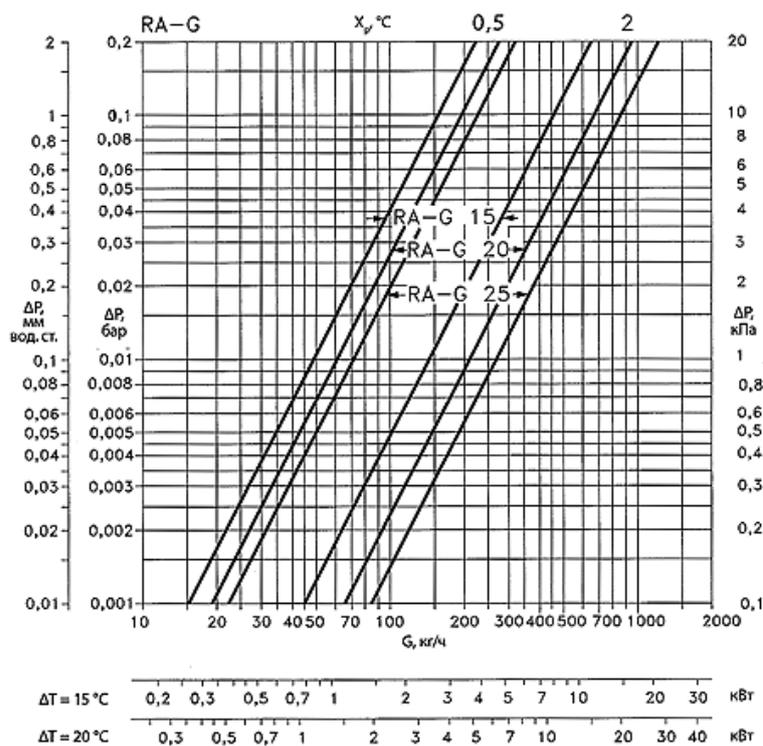


Рис. 2.3. Гидравлические характеристики терморегуляторов пониженного сопротивления фирмы «Данфосс» RA-G при настройке на режимы 0,5К (слева) и 2К (справа)

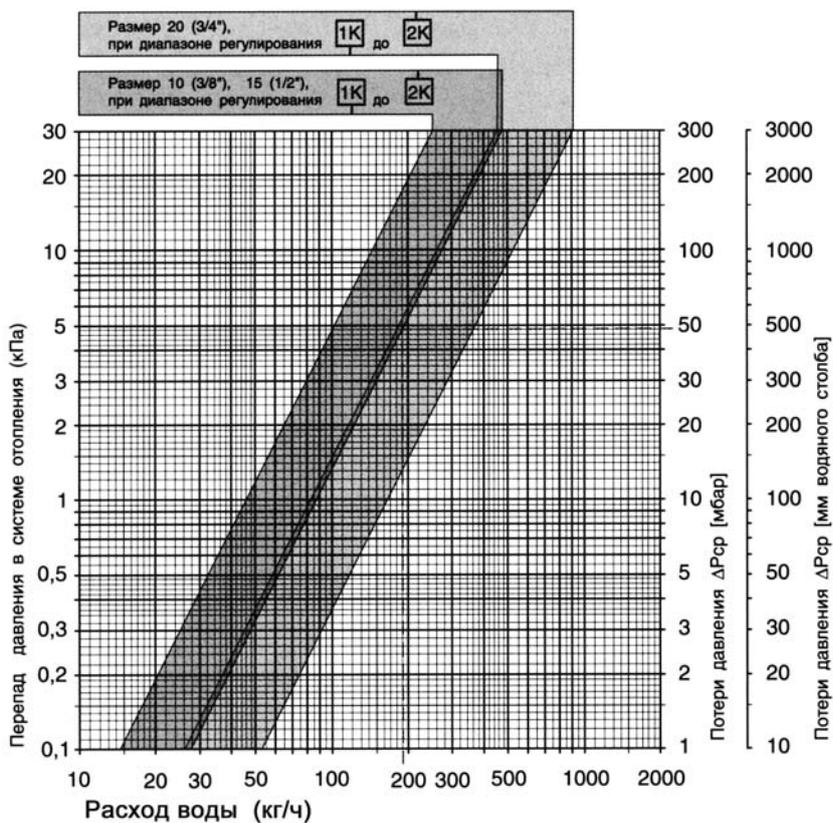


Рис. 2.4. Характеристики терморегуляторов уменьшенного гидравлического сопротивления фирмы «Heimeier»

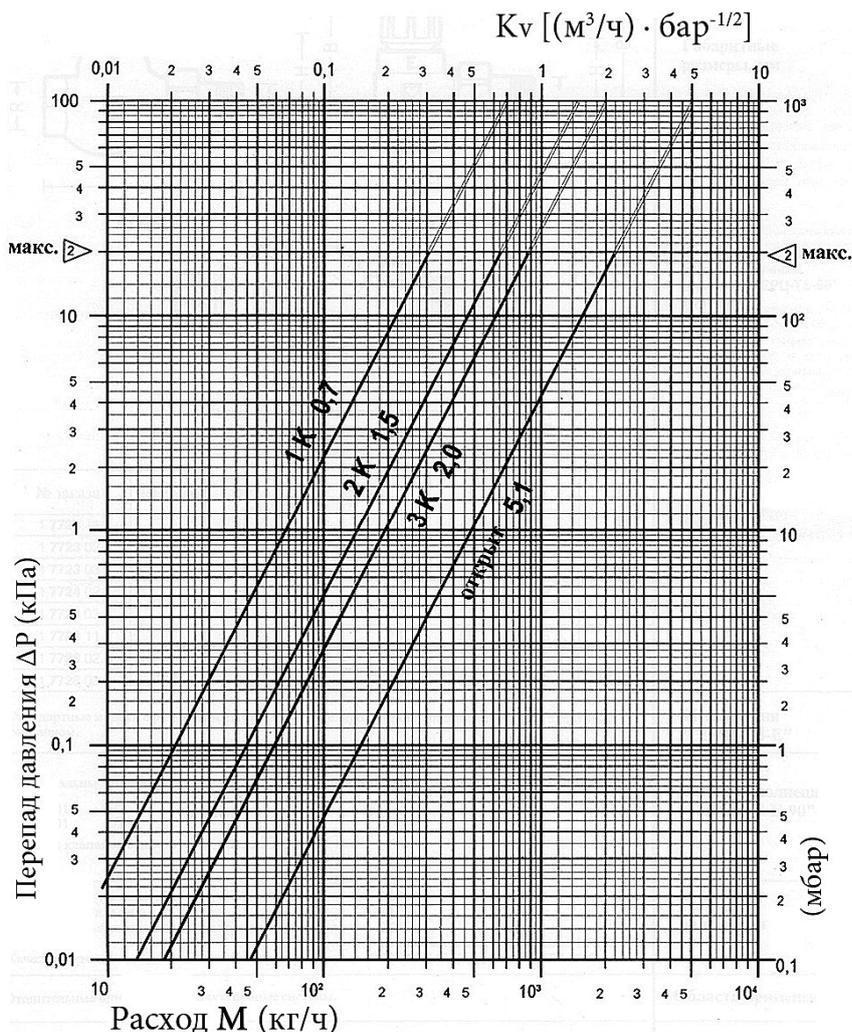


Рис. 2.5. Гидравлические характеристики терморегуляторов уменьшенного гидравлического сопротивления «HERZ-TS-E» при различных режимах настройки

На рис. 2.1 и 2.5 на пересечении кривых, характеризующих зависимость гидравлического сопротивления терморегуляторов от расхода воды, с линией $\Delta P=1$ бар указаны значения расходных коэффициентов K_v [(м³/ч)·бар^{-1/2}]. Для однетрубных систем отопления рекомендуется применять терморегуляторы с $K_v \geq 1,2$ [13].

При определении K_v в первом приближении принимали, что 1 м³ воды характеризуется массой в 1 тонну. В общем случае более корректно вместо «объемного» расходного коэффициента K_v принимать обозначение массового расходного коэффициента K_M с размерностью [(т/ч)·бар^{-1/2}].

На рис. 2.1, 2.2 и 2.5 стрелками или пунктиром показано, при каких расходах воды уровень звука терморегуляторов не достигает 25 или 30 дБ. Обычно этот уровень не превышает, если скорость воды в подводках не более 0,6-0,8 м/с, а перепад давления на терморегуляторе не превышает 0,015-0,03 МПа (1,5-3 м вод. ст.) Отметим, что для обеспечения нормальной работы терморегулятора перепад давления на нём должен быть не менее 0,003-0,005 МПа (0,3-0,5 м вод. ст.) [13].

В случае нижнего подключения радиаторов следует дополнительно учитывать гидравлические характеристики присоединительной гарнитуры.

На основе графиков рис. 2.1, 2.2 и 2.5 с целью не превышения допустимых

шумовых характеристик в жилых помещениях рекомендуется подбирать терморегуляторы и проверять их преднастройку таким образом, чтобы максимальный перепад давлений теплоносителя в отопительном приборе или на группе последовательно соединённых приборов не превышал 0,02–0,025 МПа (2–2,5 м вод. ст.) при характерных для отечественной практики перепадах температур (обычно до 25°С) и при соответствующих расходах теплоносителя. Как правило, эта рекомендация выполняется, если мощность одного прибора или их группы не превышает 5-8 кВт. Чтобы исключить перепады давления свыше 0,025 МПа (2,5 м вод. ст.), можно применять терморегуляторы пониженного сопротивления с настройкой на режим 2К или 3К или устанавливать ручные регуляторы с учётом их полного открытия в расчётный период.

2.6. Анализ рисунков 2.1 и 2.2 показывает, что преднастройка терморегуляторов для двухтрубных систем отопления обеспечивает очень широкий диапазон перепадов давлений в расчётном режиме настройки. Обращаем внимание, что получение больших значений перепадов давлений при монтажной преднастройке на 1 и 2 позиции обеспечивается крайне малым зазором для прохода теплоносителя. Это зачастую приводит к засорению терморегулятора и аварийным ситуациям. Поэтому при преднастройке на 1 и 2 позиции перед терморегулятором или на стояке требуется обязательная установка фильтра. Поскольку в отечественной практике установка фильтра, как правило, не предусматривается, мы не рекомендуем проектирование и наладку системы отопления с преднастройкой терморегуляторов на 1 и 2 позиции.

Для обеспечения наладки двухтрубной системы отопления целесообразно, как указывалось в п. 1.20, использовать более надёжный в эксплуатации вариант подбора запорной и регулирующей арматуры, а именно, сочетание простейшего терморегулятора без преднастройки на подающей подводке и запорно-регулирующего клапана на обратной. Следует заметить, что в этом случае реально возможно обеспечить пропорциональную регулировку температурного режима в отапливаемом помещении за счёт соответствующего поворота маховика термостатического элемента. Отметим, что терморегуляторы с преднастройкой на 1 и 2 позиции из-за определяющего гидравлического сопротивления устройства преднастройки работают фактически в двухпозиционном режиме («открыто» - «закрыто») с превышением заданной температуры на 1-2°С (при настройке терморегулятора на режим 2К).

2.7. Гидравлические характеристики отопительного прибора и подводящих теплопроводов с регулирующей арматурой в однотрубных системах отопления с замыкающими участками определяют коэффициент затекания $\alpha_{пр}$, характеризующий долю теплоносителя, проходящего через прибор, от общего его расхода в подводке к радиаторному узлу. Таким образом, в однотрубных системах отопления расход воды через прибор $M_{пр}$, кг/с, определяется зависимостью

$$M_{пр} = \alpha_{пр} \cdot M_{см} , \quad (2.3)$$

где $\alpha_{пр}$ - коэффициент затекания воды в прибор;

$M_{см}$ - массный расход теплоносителя по стояку однотрубной системы отопления при одностороннем подключении радиаторного узла, кг/с.

2.8. Значения коэффициентов затекания для радиаторов «ОВЕРОН» при различных сочетаниях диаметров труб стояков ($d_{ст}$), смещённых замыкающих участков ($d_{з\y}$) и подводящих теплопроводов ($d_{п}$) узлов присоединения радиаторов в однотрубных системах отопления при установке терморегуляторов на подводке представлены в табл. 2.2.

Значения $\alpha_{пр}$ при установке терморегуляторов определены при настройке их на режим 2К (2°С) и расходах теплоносителя в стояке 240-540 кг/ч.

Таблица 2.2. Усреднённые значения коэффициентов затекания $\alpha_{пр}$

Фирма-изготовитель и тип регулирующей арматуры	Значения $\alpha_{пр}$ при сочетании диаметров труб радиаторного узла $d_{ст} \times d_{зв} \times d_{п}$ (мм)		
	15x15x15	20x15x15	20x15x20
Фирма «Данфосс», тип RTD-G 15 с газоконденсатным датчиком при $X_p=0,57$ мм	0,24	0,195	0,265
Фирма «Данфосс», тип RTD-G 20 с газоконденсатным датчиком при $X_p=0,57$ мм	-	-	0,28
Фирма «HERZ Armaturen», тип « HERZ-TS-E » с жидкостным датчиком при $X_p=0,44$ мм	0,25	0,2	0,252
Фирма «HERZ Armaturen», тип « HERZ-TS-E » с жидкостным датчиком при $X_p=0,7$ мм с термоголовкой HERZ 7262	0,37	0,245	0,375
Фирма «Oventrop», тип AZ с жидкостным датчиком при $X_p=0,44$ мм	0,21	0,175	0,22
Фирма «Oventrop», тип M с жидкостным датчиком при $X_p=0,44$ мм	0,23	0,19	0,245
Фирма «Heimeier», специальный термостат с жидкостным датчиком при $X_p=0,44$ мм	0,22	0,185	0,24
Фирма «ТВЭСТ», тип TP 1-20c-1 со стальным корпусом при $X_p=0,44$ мм	0,33	0,28	0,35

2.9. Коэффициенты затекания при установке терморегуляторов определены, как указывалось, при их настройке на режим 2К (2°C). Очевидно, при таком методе определения коэффициента затекания необходимая площадь поверхности нагрева отопительного прибора будет больше, чем при расчёте исходя из гидравлических характеристик полностью открытого клапана, характерного для случаев применения ручных кранов и клапанов (обычно на 15-23%).

2.10. Значения удельных скоростных давлений и приведённых коэффициентов гидравлического трения для стальных теплопроводов систем отопления принимаются, как указывалось, по приложению 1.

Гидравлические характеристики комбинированных полипропиленовых труб приведены в ТР 125-02 [14], для металлополимерных труб аналогичные данные имеются в ООО «Витатерм» [15], а также в фирмах, поставляющих металлополимерные теплопроводы.

2.11. Согласно данным ООО «Витатерм» производительность насосов для систем отопления, заполняемых антифризом, необходимо увеличивать на 10%, а их напор на 50% в связи с существенным различием теплофизических свойств антифриза и воды.

3. Тепловой расчёт

3.1. Тепловой расчёт проводится по существующим методикам с применением основных расчётных зависимостей, представленных в специальной и справочно-информационной литературе [8], [10], [11], с учётом данных, приведённых в настоящих рекомендациях.

3.2. При нахождении общего расхода воды в системе отопления её расход, определённый исходя из общих теплопотерь здания, увеличивается пропорционально поправочным коэффициентам. Первый из них β_1 зависит от номенклатурного шага радиатора и принимается равным 1,04, а второй - β_2 определяется долей увеличения теплопотерь через радиаторный участок и принимается в зависимости от типа наружного ограждения: при установке у наружной стены $\beta_2=1,018$, у наружного остекления $\beta_2=1,065$.

3.3. При подборе радиаторов, оснащённых автоматическими терморегуляторами, для минимизации риска разбалансировки системы отопления в период эксплуатации и во избежание нарушения Закона о защите прав потребителя, а также согласно европейским стандартам теплопотери, определённые по российским методикам [10], [11], следует увеличивать в 1,15 раза для помещений, в которых устанавливаются радиаторы с автоматическими терморегуляторами [3], [16], [17].

3.4. Тепловой поток радиатора Q , Вт, при условиях, отличных от нормальных (нормированных), определяется по формуле

$$Q = Q_{ny} \cdot (\Theta/70)^{1+n} \cdot c \cdot (M_{np}/0,1)^m \cdot b \cdot \beta_3 \cdot p = Q_{ny} \cdot \varphi_1 \cdot c \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot \beta_3 \cdot p = \\ = K_{ny} \cdot 70 \cdot F \cdot \varphi_1 \cdot c \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot \beta_3 \cdot p, \quad (3.1)$$

где

Q_{ny} - номинальный тепловой поток радиатора при нормальных условиях, равный произведению номинального теплового потока, приходящегося на одну секцию q_{ny} (см. табл. 1.1), на количество секций в приборе N , Вт (при количестве секций в приборе от 4 до 14 шт. значения Q_{ny} приведены в табл. 1.2);

Θ - фактический температурный напор, °С, определяемый по формуле

$$\Theta = \frac{t_H + t_K}{2} - t_n = t_H - \frac{\Delta t_{np}}{2} - t_n, \quad (3.2)$$

здесь

t_H и t_K - соответственно начальная и конечная температуры теплоносителя (на входе и выходе) в отопительном приборе, °С;

t_n - расчётная температура помещения, принимаемая равной расчётной температуре воздуха в отапливаемом помещении t_e , °С;

Δt_{np} - перепад температур теплоносителя между входом и выходом отопительного прибора, °С;

70 - нормированный температурный напор, °С;

c - поправочный коэффициент, с помощью которого учитывается влияние схемы движения теплоносителя на тепловой поток и коэффициент теплопередачи прибора при нормированном температурном напоре, расходе теплоносителя и атмосферном давлении (принимается по табл. 3.1);

n и m - эмпирические показатели степени соответственно при относительных температурном напоре и расходе теплоносителя (принимаются по таб. 3.1);

M_{np} - фактический массный расход теплоносителя через отопительный прибор, кг/с;

0,1 - нормированный массный расход теплоносителя через отопительный прибор, кг/с;

b - безразмерный поправочный коэффициент на расчётное атмосферное давление (принимается по табл. 3.2);

β_3 - безразмерный поправочный коэффициент, характеризующий зависимость теплопередачи радиатора от количества секций в нём при любых схемах движения теплоносителя (принимается по табл. 3.3);

p - безразмерный поправочный коэффициент, с помощью которого учитывается специфика зависимости теплового потока и коэффициента теплопередачи радиатора от числа секций в нём при движении теплоносителя по схеме «снизу-вверх» (принимается по табл. 3.4); при движении теплоносителя по схемам «сверху-вниз» и «снизу-вниз» $p=1$;

$\varphi_1 = (\Theta/70)^{1+n}$ - безразмерный поправочный коэффициент, с помощью которого учитывается изменение теплового потока отопительных приборов при отличии расчётного температурного напора от нормального (принимается по табл. 3.5);

$\varphi_2 = (M_{np}/0,1)^m$ - безразмерный поправочный коэффициент, с помощью которого учитывается изменение теплового потока отопительного прибора при отличии расчётного массного расхода теплоносителя через прибор от нормального с учётом схемы движения теплоносителя (принимается по табл. 3.7);

K_{ny} - коэффициент теплопередачи радиатора при нормальных условиях, определяемый по формуле

$$K_{ny} = \frac{Q_{ny}}{F \cdot 70}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}), \quad (3.3)$$

где F - площадь наружной теплоотдающей поверхности радиатора, равная произведению площади поверхности нагрева одной секции f_c (принимается по табл. 1.1) на количество секций в приборе N , м^2 .

3.5. Коэффициент теплопередачи радиатора K , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$, при условиях, отличных от нормальных, определяется по формуле

$$K = K_{ny} \cdot (\Theta/70)^n \cdot c \cdot (M_{np}/0,1)^m \cdot b \cdot \beta_3 \cdot p = K_{ny} \cdot (\Theta/70)^n \cdot c \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot \beta_3 \cdot p \quad (3.4)$$

3.6. Согласно результатам тепловых испытаний различных образцов радиаторов «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 значения показателей степени n и m и коэффициента c зависят не только от исследованных диапазонов изменения Θ и M_{np} , но также от длины прибора. Для упрощения инженерных расчётов без внесения заметной погрешности значения этих показателей, по возможности, были усреднены. При движении воды в приборе по схеме «снизу-вверх» в ходе исследования было установлено, что теплоноситель движется по этой схеме лишь по одной-двум секциям, ближайшим к подводющим боковым теплопроводам, а по остальным по схеме «сверху-вниз», причём с заметно меньшим расходом теплоносителя и, как следствие, с меньшей средней температурой воды. В результате такого распределения потоков теплоносителя у коротких приборов снижение теплоотдачи менее заметно, чем у длинных. Для учёта этого обстоятельства при определении теплоотдачи радиаторов с боковыми подводными теплопроводами, теплоноситель в которых движется по схеме «снизу-вверх», следует учитывать поправочный коэффициент p , приведённый в табл. 3.4.

В связи с изложенным, подключение радиаторов по схеме «снизу-вверх» при количестве секций, большем 10, не рекомендуется.

В случае, когда радиаторы с количеством секций больше 20 в насосных системах отопления и больше 12 в гравитационных имеют одностороннее подключение по схеме «сверху-вниз», необходимо дополнительно учитывать снижение эффективности теплообмена в среднем на 10% при общем количестве секций в приборе в пределах соответственно 21 – 30 и 13 – 20.

3.7. Полезный тепловой поток теплопроводов принимается обычно равным 50-90% от общей теплоотдачи труб при прокладке их у наружных стен и достигает 100% при расположении стояков у внутренних перегородок. Тепловой поток 1 м открыто проложенных вертикальных и горизонтальных гладких металлических труб, окрашенных масляной краской, определяется по приложению 2.

3.8. При использовании антифриза необходимая площадь поверхности нагрева отопительного прибора должна быть увеличена в среднем в 1,1 раза по сравнению с рассчитанной при теплоносителе воде.

Таблица 3.1. Значения показателей степени n и m и коэффициента c , усреднённые для температурных напоров в пределах 45 – 95°C и расходов теплоносителя в пределах 0,015 – 0,15 кг/с (54 – 540 кг/ч)

Схема движения теплоносителя	$1+n$	m	c	p
Сверху-вниз	1,32	0,02	1	1
Снизу-вверх	1,35	0,14	0,86	См. табл. 3.4
Снизу-вниз	1,33	0,02	0,93	1

Таблица 3.2. Усреднённый поправочный коэффициент b

Атмосферное давление	гПа	920	933	947	960	973	987	1000	1013,3	1040
	мм рт. ст	690	700	710	720	730	740	750	760	780
b		0,957	0,963	0,968	0,975	0,981	0,987	0,993	1	1,012

Таблица 3.3. Усреднённые значения коэффициента β_3 , учитывающего влияние количества секций в радиаторе на его тепловой поток

Значения β_3 при количестве секций в радиаторе					
3	4	5-6	7-8	9-10	11 и более
1,04	1,02	1	0,99	0,98	0,96

Таблица 3.4. Усреднённые значения поправочного коэффициента p при движении теплоносителя по схеме «снизу-вверх»

Значения p при количестве секций в радиаторе						
3	4	5	6	7	8	9 и более
1,1	1,06	1,03	1	0,95	0,9	0,85

Таблица 3.5. Значения поправочного коэффициента ϕ_1

Θ , °C	ϕ_1 при схеме движения теплоносителя			Θ , °C	ϕ_1 при схеме движения теплоносителя		
	Сверху- вниз	Снизу- вверх	Снизу- вниз		Сверху- вниз	Снизу- вверх	Снизу- вниз
44	0,542	0,534	0,539	78	1,154	1,157	1,155
46	0,575	0,567	0,572	80	1,193	1,198	1,194
48	0,608	0,601	0,605	82	1,232	1,238	1,234
50	0,641	0,635	0,639	84	1,272	1,279	1,274
52	0,675	0,669	0,673	86	1,312	1,32	1,315
54	0,71	0,704	0,708	88	1,353	1,362	1,356
56	0,745	0,74	0,743	90	1,393	1,404	1,397
58	0,78	0,776	0,779	92	1,434	1,446	1,438
60	0,816	0,812	0,815	94	1,476	1,489	1,48
62	0,852	0,849	0,851	96	1,517	1,532	1,522
64	0,889	0,886	0,888	98	1,559	1,575	1,564
66	0,925	0,924	0,925	100	1,601	1,619	1,607
68	0,962	0,962	0,962	102	1,644	1,662	1,65
70	1	1	1	104	1,686	1,707	1,693
72	1,038	1,039	1,038	106	1,729	1,751	1,737
74	1,076	1,078	1,077	108	1,773	1,796	1,78
76	1,115	1,117	1,116	110	1,816	1,841	1,824

Таблица 3.6. Значения поправочного коэффициента ϕ_2 в зависимости от расхода теплоносителя $M_{пр}$ через радиатор при различных схемах движения теплоносителя

$M_{пр}$		ϕ_2 для схем движения теплоносителя		
кг/с	кг/ч	Сверху-вниз	Снизу-вверх	Снизу-вниз
0,01	36	0,955	0,724	0,955
0,015	54	0,963	0,767	0,963
0,02	72	0,968	0,798	0,968
0,025	90	0,973	0,824	0,973
0,03	108	0,976	0,845	0,976
0,04	144	0,982	0,88	0,982
0,05	180	0,986	0,908	0,986
0,06	216	0,99	0,931	0,99
0,07	252	0,993	0,951	0,993
0,08	288	0,996	0,969	0,996
0,09	324	0,998	0,985	0,998
0,1	360	1	1	1
0,125	450	1,004	1,032	1,004
0,15	540	1,008	1,058	1,008

4. Пример расчёта этажестояка однострунной системы водяного отопления

Условия для расчёта

Требуется выполнить тепловой расчёт этажестояка вертикальной однострунной системы водяного отопления с алюминиевым радиатором «ОБЕРОН» СКР-АЛ 500. Радиатор установлен под окном (длиной 1200 мм) на наружной стене без ниши на первом этаже 18-этажного жилого дома, присоединён к стояку со смещённым замыкающим участком и термостатом «HERZ-TS-E» на подводке к прибору. Движение теплоносителя в приборе по схеме «снизу-вверх».

Теплопотери помещения с учётом коэффициента запаса 1,15 (см. п.3.3 настоящих рекомендаций) составляют 1200 Вт. Температура горячего теплоносителя на входе в стояк t_n условно принимается равной 105°C (без учёта теплопотерь в магистрали), расчётный перепад температур по стояку $\Delta t_{ст}=35^\circ\text{C}$, температура воздуха в отапливаемом помещении $t_b=20^\circ\text{C}$, атмосферное давление воздуха 1013,3 гПа, т. е. $b=1$. Средний расход воды в стояке $M_{ст}=480$ кг/ч (0,133 кг/с).

Условные диаметры труб определены в результате предварительного гидравлического расчёта и равны 15 мм, общая длина вертикально и горизонтально располагаемых труб в помещении составляет 3,5 м ($L_{тр.в}=2,7$ м, $L_{тр.г}=0,8$ м).

Последовательность теплового расчёта

Тепловой поток прибора в расчётных условиях $Q_{np}^{расч}$, Вт, определяется по формуле

$$Q_{np}^{расч} = Q_{ном} - Q_{тр.п} \quad (4.1)$$

где $Q_{ном}$ - теплопотери помещения при расчётных условиях, Вт;
 $Q_{тр.п}$ - полезный тепловой поток от теплопроводов (труб), Вт.
 В нашем примере, согласно п.3.7, принимаем $Q_{тр.п} = 0,9Q_{тр.}$,

где

$$Q_{тр.} = q_{тр.в} \cdot L_{тр.в} + q_{тр.г} \cdot L_{тр.г} \quad (4.2)$$

$q_{тр.в}$ и $q_{тр.г}$ - тепловые потоки 1 м открыто проложенных соответственно вертикальных и горизонтальных гладких труб, определяемые по приложению 2, Вт/м;

$L_{тр.в}$ и $L_{тр.г}$ - общая длина соответственно вертикальных и горизонтальных теплопроводов, м.

Полезный тепловой поток от труб $Q_{тр.п}$ определён при температурном напоре $\Theta_{ср.тр} = t_n - t_b = 105 - 20 = 85^\circ\text{C}$ (без учёта охлаждения воды в радиаторе), где t_n - температура теплоносителя на входе в радиаторный узел, °C.

$$Q_{тр.п} = 0,9 (74,1 \cdot 2,7 + 74,1 \cdot 0,8 \cdot 1,28) = 248 \text{ Вт.}$$

$$Q_{np}^{расч} = Q_{ном} - Q_{тр.п} = 1200 - 248 = 952 \text{ Вт.}$$

Предварительно ведём расчёт применительно к радиатору с монтажной высотой 500 мм. По табл. 2.2 принимаем значение коэффициента затекания (0,25).

Расход воды через прибор равен $M_{np} = \alpha_{np} \cdot M_{ст} = 0,25 \cdot 0,133 = 0,033$ кг/с.

Перепад температур теплоносителя между входом в отопительный прибор и выходом из него Δt_{np} определяется по формуле

$$\Delta t_{np} = \frac{Q_{np}^{расч}}{C \cdot M_{np}} = \frac{952}{4186,8 \cdot 0,033} = 6,9^{\circ}C, \quad (4.3)$$

где C – удельная теплоёмкость воды, равная 4186,8 Дж/(кг·°C).
Температурный напор Θ определяется по формуле (3.2).

$$\Theta = t_n - \frac{\Delta t_{np}}{2} - t_g = 105 - 3,45 - 20 = 81,55^{\circ}C.$$

Определяем предварительно, без учёта неизвестного нам пока значения коэффициента β_3 , принимая условно его равным 1, требуемый тепловой поток радиатора при нормальных условиях Q_{ny}^{mp} по формуле

$$Q_{ny}^{mp} = \frac{Q_{np}^{расч}}{\varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot c \cdot p \cdot b} = \frac{952}{1,229 \cdot 0,856 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 1} = 1052 \text{ Вт}, \quad (4.4)$$

где φ_1 , φ_2 , c , p и b - безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. 3.5, 3.6, 3.1, 3.4 и 3.2.

Безразмерный коэффициент p принимается по табл. 3.4 с учётом предварительной оценки количества секций в радиаторе 6 шт. Таким образом, приняли $p = 1$.

Исходя из полученного значения Q_{ny}^{mp} , определяем количество секций в радиаторе N по формуле

$$N = \frac{Q_{ny}^{mp}}{q_{ny}} = \frac{1052}{197} = 5,3 \text{ шт.} \quad (4.5)$$

В дальнейшем, принимая по табл. 3.3 β_3 , определяем предварительно принимаемое к установке количество секций $N_{уст.}^{пред.}$ по формуле

$$N_{уст.}^{пред.} = N : \beta_3 = 5,3 : 1 = 5,3 \text{ шт.} \quad (4.6)$$

Напомним, что с учётом рекомендаций [8] расхождение между тепловыми потоками от требуемой и устанавливаемой площадью поверхности нагрева отопительного прибора допускается в пределах: в сторону уменьшения – до 5%, но не более чем на 60 Вт (при нормальных условиях), в сторону увеличения – до ближайшего типоразмера. К установке следует принять $N_{уст.} = 5$ секций ($Q_{ny} = 985$ Вт).

В общем случае невязка при подборе прибора определяется по формуле

$$[(Q_{ny} - Q_{ny}^{mp}) : Q_{ny}^{mp}] \cdot 100\% = [(985 - 1052) : 1052] \cdot 100 = -6,4\%. \quad (4.7)$$

Поскольку невязка составляет -6,4%, т.е. выходит за предел допустимой, к установке принимаем радиатор «**ОВЕРОН**» **СКР-АЛ 500-6-1182**.

5. Указания по монтажу алюминиевых секционных радиаторов «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 и основные требования к их эксплуатации

5.1. Монтаж алюминиевых секционных радиаторов «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 производится согласно требованиям СНиП 3.05.01-85 «Внутренние санитарно-технические системы» [18] и настоящих рекомендаций.

5.2. Радиаторы, как указывалось, поставляются окрашенными в сборе. Рекомендуется заказ на количество секций в приборе ориентировать только на заводскую сборку по спецификации заказчика.

При необходимости перегруппировки алюминиевых радиаторов следует учитывать, что она должна выполняться на высоком профессиональном уровне: зеркала головок секций должны быть тщательно, но осторожно очищены от старых прокладок, вместо которых должны быть установлены качественные новые фирменные, стяжка секций должна осуществляться без перекосов и быть плотной. Резьба ниппелей и пробок должна входить в зацепление с резьбой головки радиатора не менее чем на 4 нитки. Монтаж пробок рекомендуется осуществлять динамометрическими ключами. При сборке секций с помощью стальных ниппелей и плоских прокладок крутящий момент затяжки не должен превышать 100 Н·м. Использование пеньки или подобного материала в качестве уплотнительного категорически запрещается. Секции радиаторов со срезанной резьбой в головках не являются ремонтпригодными и должны быть заменены на новые.

После перегруппировки радиатор необходимо испытать на прочность и герметичность избыточным давлением не менее 4,7 МПа.

5.3. Монтаж радиаторов ведётся только на подготовленных (оштукатуренных и окрашенных) поверхностях стен или на чистом полу с использованием фирменных стоек.

5.4. Радиаторы следует устанавливать на расстоянии не менее 25 мм от поверхности оштукатуренной стены.

5.5. Монтаж радиаторов, устанавливаемых на стене, необходимо производить в следующем порядке:

- разметить места установки кронштейнов;
- удалить упаковку только в необходимых для монтажа местах;
- закрепить кронштейны на стене дюбелями и шурупами с предварительным сверлением отверстий в стенах под дюбели или заделкой крепёжных деталей цементным раствором (не допускается пристрелка к стене кронштейнов, на которых крепятся отопительные приборы и теплопроводы систем отопления);
- установить радиатор на кронштейнах так, чтобы головки радиатора (между соседними секциями) легли на крюки кронштейнов;
- соединить радиатор с подводными теплопроводами системы отопления, оборудованными на нижней или верхней подводке краном, клапаном или термостатом;
- обязательно установить воздухоотводчик в верхнюю пробку с противоположной от подводок стороны;
- после окончания монтажа следует снять остатки упаковочной плёнки.

5.6. При монтаже радиаторов следует избегать случаев их неправильной установки:

- слишком низкого размещения, т.к. при зазоре между полом и низом радиатора, меньшем 100 мм, уменьшается эффективность теплообмена и затрудняется уборка под радиатором;

- установки радиатора вплотную к стене или с зазором, меньшим 25 мм, ухудшающей теплоотдачу прибора и вызывающей пылевые следы над прибором;
- слишком высокой установки, т. к. при зазоре между полом и низом радиатора, большем 150 мм, увеличивается градиент температур воздуха по высоте помещения, особенно в нижней его части;
- слишком малого зазора между верхом радиатора и низом подоконника (менее 75 % глубины радиатора в установке), т. к. при этом уменьшается тепловой поток радиатора;
- невертикального положения секций, т. к. это ухудшает теплотехнику и внешний вид радиатора;
- установки перед радиатором декоративных экранов или закрытия его шторами, т. к. это также приводит к ухудшению теплоотдачи и гигиенических характеристик прибора и искажает работу термостата с автономным датчиком.

При оснащении радиаторов автоматическими терморегуляторами не рекомендуется размещать автономные термостаты на расстоянии менее 150 мм от проёма балконной двери и менее 200 мм от низа подоконника. В этих случаях следует использовать термостаты с выносным датчиком.

5.7. Некоторые потребители устанавливают алюминиевые радиаторы тыльной стороной вперёд. Следует учитывать, что такая установка при наличии подоконника приводит к снижению теплоотдачи радиатора в среднем на 5%. Если подоконник отсутствует и зазор между радиатором и стеной не менее 25 мм, теплоотдача практически не снижается, но возможно появление следов пыли на стене над радиатором.

5.8. Категорически запрещается дополнительная окраска радиатора «металлическими» красками (например, «серебрянкой») и воздуховыпускного отверстия воздухоотводчика.

5.9. В процессе эксплуатации следует производить очистку радиатора в начале отопительного сезона и 1-2 раза в течение отопительного периода. Для очистки радиатора и термостатического элемента следует пользоваться только мягкой тряпкой или губкой и мыльной тёплой водой, затем смыть мыло и тщательно вытереть поверхности насухо. При очистке радиаторов нельзя использовать химически активные или абразивные материалы.

5.10. Исключается навешивание на алюминиевые радиаторы пористых увлажнителей, например, из обожжённой глины.

5.11. В тех случаях, когда запорная арматура устанавливается на обеих подводках к алюминиевому радиатору, **во избежание аварийной ситуации не допускается полное перекрытие заполненного водой радиатора без обязательного в этом случае открытия воздухоотводчика.** Допускается при установке алюминиевых радиаторов монтировать запорную арматуру только на нижней подводке, так как при закрытии этой арматуры радиатор остаётся заполненным водой при сливе её из стояка. Это очень важно для таких отопительных приборов, поскольку практически исключается их завоздушивание даже при закрытом воздухоотводчике, хотя и в этом случае надо предусматривать защиту системы отопления от гидравлических ударов.

5.12. При оснащении термостатов термостатическими элементами для снижения их стоимости можно использовать головки с датчиками, заполненными твёрдым наполнителем (воском).

5.13. При монтаже термостатического элемента следует предварительно повернуть настроечную рукоятку термоэлемента до упора в направлении максимальной позиции, затем надеть термоэлемент на клапан так, чтобы выступы основания термоэлемента вошли в шлицы клапана, зафиксировать термоэлемент гайкой при помощи динамометрического ключа с моментом затяжки 6 - 10 Н·м.

Термостатический элемент в условиях эксплуатации должен настраиваться на требуемую температуру в отапливаемом помещении поворотом его рукоятки с нанесённой на неё круговой шкалой. Для этого необходимо повернуть настроечную рукоятку до совмещения нужного индекса на шкале рукоятки с меткой на корпусе термостатического элемента. По истечении одного часа поверить температуру воздуха в помещении с помощью комнатного термометра. Если температура воздуха будет отличаться от значения, заданного на термостатическом элементе, скорректировать положение настроечной рукоятки.

Указанные величины температуры в °С являются только ориентировочными, так как фактическая температура в помещении часто отличается от температуры воздуха вокруг термоэлемента и зависит от условий его размещения (см. п. 1.19).

Термочувствительный элемент не должен находиться при температуре выше 60°С.

5.14. Не рекомендуется опорожнять систему отопления с отопительными приборами более чем на 15 дней в году.

5.15. При использовании в качестве теплоносителя горячей воды её параметры, как указывалось, должны удовлетворять требованиям, приведённым в «Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации» [5].

5.16. Рекомендуется, как указывалось, чтобы содержание кислорода в воде систем отопления не превышало, 0,02 мг/дм³ [5], [19], а значения рН не превышало 8,5.

Содержание в воде железа (до 0,5 мг/дм³) и других примесей - согласно [5], общая жёсткость - до 7 мг-экв/ дм³.

5.17. Для уменьшения опасности подшламовой коррозии целесообразна установка дополнительных грязевиков, а в случае применения термостатов ещё и фильтров, в том числе и постоянных. В общем случае количество взвешенных веществ не должно превышать 5 мг/ дм³.

5.18. Избыточное давление теплоносителя, равное сумме максимально возможного напора насоса и гидростатического давления, не должно в рабочем режиме системы отопления превышать в любом радиаторе «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500 2 МПа. Минимальное давление при опрессовке системы отопления должно быть в 1,25 раза больше рабочего (п. 4.12.31 [5]).

Заметим, что СНиП 3.05.01-85 допускает полуторное превышение рабочего давления при опрессовке, однако практика и анализ условий эксплуатации отопительных приборов в отечественных системах отопления, проведённый ООО «Витатерм», показывают, что это превышение должно находиться в пределах 25%. При этом следует иметь в виду, что давление при опрессовке не должно превышать максимально допустимого для самого «слабого» элемента системы. Например, при применении термостатов, рассчитанных на максимальное рабочее избыточное давление 1 МПа, допустимое давление опрессовки системы не должно превышать 1,25-1,5 МПа независимо от максимального рабочего избыточного давления, на которое рассчитан радиатор.

5.19. Каждый алюминиевый радиатор, как указывалось, необходимо оснащать воздухоотводчиком, устанавливаемым в одной из верхних пробок радиатора.

Удаление воздуха через воздухоотводчик допускается только через запорный винт с помощью специального ключа или отвёртки. Не допускается с этой целью вывинчивать корпус воздухоотводчика во избежание нарушения герметичности радиатора в период его эксплуатации.

5.20. Предпочтение следует отдавать автоматическим воздухоотводчикам, но только при наличии грязевиков и фильтров. При этом устанавливая такие воздухоотводчики следует так, чтобы движение поплавка, расположенного в головке радиатора, происходило только в вертикальной плоскости. Если это правило выполнить не удаётся, нужно применять ручные воздухоотводчики. Отметим, что применять шаровые краны у литых алюминиевых приборов надо с крайней осторожностью во избежание гидравлических ударов при открытии и закрытии этих кранов.

5.21. При обслуживании воздухоотводчиков в системах отопления с отопительными приборами из алюминиевых сплавов категорически запрещается освещать воздухоотводчик спичками, фонарями с открытым огнём и курить во время выпуска из него воздуха (газа), особенно в первые 2-3 года эксплуатации системы отопления.

5.22. После запуска системы отопления с этими радиаторами необходимо в первые две недели постоянно следить за работой этой системы, вовремя удалять воздух из самих приборов, если воздухоудаление из системы отопления не обеспечивает прогрева радиаторов по всей их высоте и длине.

В случае слишком частой необходимости спуска воздуха из радиатора, что является признаком неправильной работы системы отопления, рекомендуется вызывать специалиста.

5.23. Для уменьшения опасности коррозии в месте присоединения стальных теплопроводов к алюминиевому радиатору следует, как указывалось, применять стальные кадмированные, хромированные или никелированные проходные пробки, при установке которых следует избегать среза резьбы в головках радиаторов во избежание трудноустраняемой в этом случае течи.

В качестве переходников можно также использовать латунную и бронзовую запорно-регулирующую арматуру.

5.24. При характерных для России расчётных параметрах теплоносителя (обычно выше 85°С) не допускается в качестве теплопроводов системы отопления использовать трубы с внутренней оцинковкой.

5.25. Во избежание замерзания воды в радиаторах, приводящего к их разрыву, не допускается обдув радиатора струями воздуха с отрицательной температурой, например, при постоянно открытой боковой створке окна.

5.26. Использование незамерзающего теплоносителя (антифриза) в системах отопления с радиаторами «ОВЕРОН» СКР-АЛ 500, собранными только с применением специальных прокладок, требует предварительного согласования с изготовителем или поставщиком термостатов.

В случае согласия изготовителей термостатов на их эксплуатацию в системах отопления, заполненных антифризом, не допускается применение масляной краски для герметизации резьбовых соединений шелковистым льном. Рекомендуется для этой цели использовать гермесил или анаэробные герметики.

Антифриз должен строго соответствовать требованиям соответствующих технических условий. Заполнение системы отопления антифризом допускается не ранее, чем через 2-3 дня после её монтажа.

5.27. При необходимости снятия отопительного прибора, например, для его ремонта или замены можно использовать термостат в качестве запорной арматуры только при выполнении работ в следующей последовательности:

- снять термостатическую головку;
- специальным металлическим или упрочнённым пластмассовым колпачком закрыть полностью термостат;
- снять отопительный прибор;
- со стороны снятого прибора на термостат установить заглушку.

Если эти требования не будут выполняться, то следует предусмотреть перед термостатом (по ходу теплоносителя) установку шарового крана. Запорный и запорно-регулирующий клапан установки дублирующего шарового крана не требуются.

5.28. В системах водяного отопления с радиаторами из алюминия или его сплавов не допускается непосредственное соединение головок секций со стальными теплопроводами, особенно оцинкованными, в частности, использование сцепок из стальных труб, а также применение теплопроводов и теплообменников из меди.

5.29. Использование отопительных приборов и теплопроводов системы отопления в качестве токоведущих и заземляющих устройств **не допускается**.

6. Список использованной литературы

1. Рекомендации по применению конвекторов с кожухом типа «Универсал» и чугунных радиаторов/ В.И.Сасин, Б.В.Швецов, Т.Н.Прокопенко, Л.А.Богацкая, Г.А.Бершидский.- М.: НИИсантехники, 1990.
2. Рекомендации по применению алюминиевого секционного радиатора повышенной прочности «Rifar Alum 500» / В.И.Сасин, Г.А.Бершидский, Т.Н.Прокопенко, В. Д. Кушнир. - М.: ООО «Витатерм», 2009.
3. Стандарт АВОК. Радиаторы и конвекторы отопительные. Общие технические условия. СТО НП «АВОК» 4.2.2-2006. – М: ООО ИП «АВОК-ПРЕСС», 2006.
4. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31311-2005. Приборы отопительные. Общие технические условия. – М.: «Стандартинформ», 2006.
5. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
6. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 53583-2009. Приборы отопительные. Методы испытаний. – М. «Стандартинформ», 2010.
7. Сасин В.И., Г.А.Бершидский, Т.Н.Прокопенко, Б.В.Швецов. Действующая методика испытаний отопительных приборов – требуется ли корректировка?// АВОК, 2007, № 4, с. 46-48.
8. СП 60. 13330. 2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздух. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. Минрегион РФ, М., 2012.
9. МГСН 2.01-99. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению. М., 1999.
10. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.1. Отопление / Под редакцией И.Г.Старовойтова.- М.: Стройиздат, 1990.
11. Сканави А.Н., Махов Л.М. Отопление: Учеб. для вузов. – М.: Издательство АСВ, 2002.
12. Методика определения гидравлических потерь давления в отопительных приборах при теплоносителе воде / В.И Сасин, В.Д. Кушнир.- М.: НИИсантехники, 1996.
13. Сасин В.И. Термостаты в российских системах отопления // АВОК, 2004, № 5, с. 64-68.
14. Технические рекомендации по проектированию и монтажу внутренних систем водоснабжения, отопления и хладоснабжения из комбинированных полипропиленовых труб/ А.В. Сладков, Г.С. Власов.- М., ГУП «НИИМОССТРОЙ», ТР 125-02, 2002.
15. Сасин В.И. «Применение полимерных труб в системах отопления». Сантехника, № 3, 2011 г., с. 32-37.
16. EN 12831-2006. Отопительные установки в зданиях. Методы расчёта проектной тепловой нагрузки. Варшава, 2007.
17. Тиатор Ингольф. Отопительные системы. – М.: Техносфера, 2006.
18. СНиП 3.05.01–85. Внутренние санитарно-технические системы. М., 1986.
19. Инженерное оборудование зданий и сооружений: Энциклопедия/ Гл.ред. С.В.Яковлев.- М.: Стройиздат, 1994.

Приложение 1

Таблица П 1.1. Динамические характеристики стальных водогазопроводных труб по ГОСТ 3262-75* насосных систем водяного отопления при скорости воды в них 1 м/с

Диаметр труб, мм			Расход воды при скорости 1 м/с, М/ч		Удельное динамическое давление		Приведённый коэффициент гидравлического трения $\lambda/d_{вн}$, 1/м	Удельная характеристика сопротивления 1 м трубы	
Условного прохода d_y	Наружный d	Внутренний $d_{вн}$							
			$\frac{кг/ч}{м/с}$	$\frac{кг/с}{м/с}$	$\frac{А \cdot 10^4, Па}{(кг/ч)^2}$	$\frac{А \cdot 10^4, Па}{(кг/с)^2}$		$\frac{S \cdot 10^4, Па}{(кг/ч)^2}$	$\frac{S \cdot 10^4, Па}{(кг/с)^2}$
10	17	12,6	425	0,118	26,50	3,43	3,6	95,4	12,35
15	21,3	15,7	690	0,192	10,60	1,37	2,7	28,62	3,7
20	26,8	21,2	1250	0,348	3,19	0,412	1,8	5,74	0,742
25	33,5	27,1	2000	0,555	1,23	0,159	1,4	1,72	0,223
32	42,5	35,9	3500	0,97	0,39	0,0508	1	0,39	0,051
40	48	41	4650	1,29	0,23	0,0298	0,8	0,18	0,024
50	60	53	7800	2,16	0,082	0,01063	0,55	0,045	0,006

Примечания:

1) $1 \text{ Па} = 0,102 \text{ кгс/м}^2$; $1 \text{ Па}/(\text{кг/с})^2 = 0,788 \cdot 10^{-8} (\text{кгс/м}^2)/(\text{кг/ч})^2$; $1 \text{ кгс/м}^2 = 9,80665 \text{ Па}$; $1 (\text{кгс/м}^2)/(\text{кг/ч})^2 = 1,271 \cdot 10^8 \text{ Па}/(\text{кг/с})^2$.

2) При других скоростях воды, соответствующих обычно ламинарной и переходной зонам, значения приведённого коэффициента гидравлического сопротивления и удельных характеристик следует корректировать согласно известным зависимостям (см., например, А.Д.Альтшуль и др. Гидравлика и аэродинамика.- М., Стройиздат, 1987). Для упрощения этих расчётов фактические гидравлические характеристики труб S , ζ' и коэффициентов местного сопротивления отводов, скоб и уток из этих труб ζ при скоростях теплоносителя, соответствующих указанным зонам, в системах отопления с параметрами 95/70 и 105/70°C можно с допустимой для практических расчётов погрешностью (до 5%), определять, вводя поправочный коэффициент на неквадратичность φ_4 , по формулам

$$S = S_T \cdot \varphi_4, \quad (\text{П 1.1})$$

$$\zeta' = \zeta'_4 \cdot \varphi_4, \quad (\text{П 1.2})$$

$$\zeta = \zeta_4 \cdot \varphi_4, \quad (\text{П 1.3})$$

где S_T , ζ'_4 и ζ_4 - характеристики, принятые в качестве табличных при скоростях воды в трубах 1 м/с (см., в частности, табл. П 1.1 настоящего приложения).

Значения φ_4 определяются по таблице П 1.2 в зависимости от диаметра условного прохода стальной трубы d_y , мм, и расхода горячей воды M со средней температурой от 80 до 90°C.

3) При средних температурах теплоносителя от 45 до 55°C значения φ_4 определяются по приближённой формуле

$$\varphi_{4(50)} = 1,5 \varphi_4 - 0,5, \quad (\text{П 1.4})$$

где $\varphi_{4(50)}$ - поправочный коэффициент при средней температуре теплоносителя 50°C;

φ_4 - поправочный коэффициент при средней температуре теплоносителя 85°C, принимаемый по табл. П 1.2.

Таблица П 1.2. Значения поправочного коэффициента φ_4

φ_4	М	Расход горячей воды М в кг/с (верхняя строка) и в кг/ч (нижняя строка) при диаметре условного прохода труб d_y , мм						
		10	15	20	25	32	40	50
1,02	кг/с	0,1724	0,2676	0,4879	0,7973	1,3991	1,8249	3,0495
	кг/ч	620,6	963,4	1754,4	2870,3	5036,8	6569,6	10978,2
1,04	кг/с	0,0836	0,1299	0,2368	0,3869	0,6790	0,8856	1,4799
	кг/ч	301,0	467,0	852,5	1392,8	2444,4	3188,2	5327,6
1,06	кг/с	0,0541	0,0840	0,1532	0,2504	0,4394	0,5731	0,9577
	кг/ч	194,8	302,4	551,5	901,4	1581,8	2063,2	3447,7
1,08	кг/с	0,0394	0,0612	0,1116	0,1823	0,3199	0,4173	0,6973
	кг/ч	141,8	220,3	401,8	656,3	1151,6	1502,3	2510,3
1,1	кг/с	0,0306	0,0475	0,0867	0,1416	0,2485	0,3241	0,5416
	кг/ч	110,2	171,0	312,1	509,8	894,6	1166,8	1949,8
1,12	кг/с	0,0248	0,0385	0,0701	0,1146	0,2011	0,2623	0,4383
	кг/ч	89,3	138,6	252,4	412,6	724,0	994,3	1577,9
1,14	кг/с	0,0206	0,0320	0,0584	0,0954	0,1674	0,2183	0,3649
	кг/ч	74,2	115,2	210,2	343,4	602,6	785,9	1313,6
1,16	кг/с	0,0175	0,0272	0,0496	0,0810	0,1423	0,1856	0,3101
	кг/ч	63,0	97,9	178,6	292,0	512,3	668,2	1116,4
1,18	кг/с	0,0151	0,0235	0,0428	0,0700	0,1229	0,1602	0,2678
	кг/ч	54,4	84,6	154,1	252,0	442,4	576,7	964,1
1,2	кг/с	0,0132	0,0205	0,0375	0,0612	0,1074	0,1401	0,2341
	кг/ч	47,5	73,8	135,0	220,3	386,6	504,4	842,8
1,22	кг/с	0,0117	0,0182	0,0331	0,0541	0,0949	0,1238	0,2068
	кг/ч	42,1	65,5	119,2	194,8	341,6	445,7	744,5
1,24	кг/с	0,0104	0,0162	0,0295	0,0482	0,0845	0,1103	0,1843
	кг/ч	37,4	58,3	106,2	173,5	304,2	397,1	663,5
1,26	кг/с	0,0093	0,0145	0,02625	0,0432	0,0759	0,0989	0,1653
	кг/ч	33,5	52,2	95,4	155,5	273,2	356,0	595,1
1,28	кг/с	0,0084	0,0131	0,0239	0,0390	0,0685	0,0893	0,1492
	кг/ч	30,2	47,2	86,0	140,4	246,6	321,5	537,1
1,3	кг/с	0,0077	0,0119	0,0217	0,0354	0,0621	0,0810	0,1354
	кг/ч	27,7	42,8	78,1	127,4	241,6	291,6	487,4
1,32	кг/с	0,0070	0,0108	0,0198	0,0323	0,0566	0,0739	0,1235
	кг/ч	25,2	38,9	71,3	116,3	203,8	266,0	444,6
1,34	кг/с	0,0064	0,0099	0,0181	0,0295	0,0519	0,0676	0,1130
	кг/ч	23,0	35,6	65,2	106,2	186,8	243,4	406,8
1,36	кг/с	0,0059	0,0091	0,0166	0,0271	0,0476	0,0621	0,1038
	кг/ч	21,2	32,8	59,8	97,6	171,4	223,6	373,4
1,38	кг/с	0,0054	0,0084	0,0153	0,0250	0,0439	0,0573	0,0957
	кг/ч	19,4	30,2	55,1	90,0	158,0	260,3	344,5
1,4	кг/с	0,0050	0,0078	0,0142	0,0231	0,0406	0,0529	0,0885
	кг/ч	18,0	28,1	51,1	83,1	146,2	290,4	318,6

**Тепловой поток 1 м открыто проложенных вертикальных гладких
металлических труб, окрашенных масляной краской, $q_{тр}$, Вт/м**

d_v , мм	Θ , °C	Тепловой поток 1 м трубы, Вт/м, при Θ , °C, через 1°C									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	30	19,2	19,9	20,7	21,6	22,3	23,1	23,9	24,8	25,6	26,5
20		24,1	25,0	26,0	27,0	28,0	29,1	30,1	31,2	32,2	33,4
25		30,0	31,2	32,5	33,7	35,0	36,3	37,5	38,9	40,2	41,6
15	40	27,4	28,7	29,5	30,4	31,3	32,1	33,0	33,9	34,8	35,7
20		34,5	35,9	36,9	38,2	39,1	40,2	41,3	42,4	43,6	44,7
25		42,9	44,9	46,3	47,5	48,9	50,3	51,7	53,0	54,5	55,8
15	50	36,6	37,5	38,5	39,4	39,8	41,3	42,2	43,2	44,1	45,1
20		45,8	46,9	48,1	49,3	50,4	51,7	52,8	54,0	55,3	56,5
25		57,3	58,7	60,2	61,5	63,1	64,6	66,0	67,5	69,1	70,5
15	60	46,0	47,2	48,1	49,1	50,1	51,1	52,2	53,2	54,2	55,3
20		57,7	58,9	60,2	61,4	62,7	63,9	65,2	66,5	67,5	69,1
25		72,1	73,7	75,2	76,7	78,4	79,9	81,5	83,1	84,8	86,4
15	70	57,4	58,4	59,5	60,5	61,7	62,8	63,8	65,0	66,1	67,3
20		71,6	73,0	74,3	75,7	77,2	78,5	79,8	81,3	82,7	84,1
25		89,6	91,3	92,3	94,7	96,0	98,2	99,8	101,6	103,3	105,1
15	80	68,4	69,5	70,7	71,9	73,0	74,1	75,4	76,6	78,3	78,9
20		85,6	86,6	88,4	89,8	91,3	92,8	94,2	95,8	97,3	98,7
25		106,9	108,8	110,5	112,3	114,2	115,9	117,7	119,6	121,3	123,4
15	90	80,2	81,3	82,7	83,9	85,1	86,2	87,5	88,8	90,2	91,4
20		100,3	101,7	103,3	104,9	106,3	107,9	109,5	110,9	112,6	114,3
25		125,3	127,2	129,1	131,1	132,9	134,9	136,9	138,9	140,8	142,8
15	100	92,3	93,5	94,9	96,0	97,0	98,2	99,3	100,3	101,3	102,4
20		116,0	117,4	119,0	120,6	122,4	124,2	125,3	127,6	129,1	130,9
25		144,2	145,1	147,2	149,4	151,5	153,6	155,8	157,9	160,0	162,2

Примечания.

1. В двухтрубных системах отопления тепловой поток 1 м открыто проложенных вертикальных стояков, окрашенных масляной краской, при расстоянии между их осями S , равном или меньшем двух наружных диаметров d_n , следует уменьшать в среднем на 5% по сравнению со значениями, приведёнными в настоящем приложении.

2. Тепловой поток открыто проложенных однорядных горизонтальных труб (подводок и магистралей), расположенных в нижней части помещения, а также горизонтальных труб в многорядных пучках труб, оси которых не находятся в одной вертикальной плоскости, а смещены хотя бы на один диаметр, а также при отношении расстояния между осями труб S и их наружного диаметра d_n большем или равном 2, принимается в среднем в 1,28 раза больше, чем вертикальных. Тепло-

вой поток, приходящийся на одну горизонтальную трубу, в многорядных по высоте подводках и магистралях, оси которых расположены в одной вертикальной плоскости, при $S/d_n \leq 2$ рекомендуется увеличить в среднем в 1,2 по отношению к значениям, приведённым в настоящем приложении.

3. Полезный тепловой поток открыто проложенных труб учитывается в пределах 50-100% от значений, приведённых в данном приложении (в зависимости от места прокладки труб).

4. При определении теплового потока изолированных труб табличные значения теплового потока открыто проложенных труб уменьшаются (умножаются на поправочный коэффициент - обычно в пределах 0,6-0,75).

5. При экранировании открытого стояка металлическим экраном общий тепловой поток вертикальных труб снижается в среднем на 25%.

6. При скрытой прокладке труб в глухой борозде общий тепловой поток снижается на 50%.

7. При скрытой прокладке труб в вентилируемой борозде общий тепловой поток уменьшается на 10%.

8. Общий тепловой поток одиночных труб, замоноличенных во внутренних перегородках из тяжёлого бетона ($\lambda_{бет} \geq 1,8 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, $\rho_{бет} \geq 2000 \text{ кг}/\text{м}^3$), увеличивается в среднем в 2,5 раза (при оклейке стен обоями в 2,3 раза) по сравнению со случаем открытой установки. При этом полезный тепловой поток составляет в среднем 95% от общего (в каждое из смежных помещений поступает половина полезного теплового потока).

9. Общий тепловой поток от одиночных труб в наружных ограждениях из тяжёлого бетона ($\lambda_{бет} \geq 1,8 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, $\rho_{бет} \geq 2000 \text{ кг}/\text{м}^3$) увеличивается в среднем в 2 раза (при оклейке стен обоями в 1,8 раза), причём полезный тепловой поток при наличии теплоизоляции между трубой и наружной поверхностью стены составляет в среднем 90% от общего.