

Научно-производственная фирма
ООО «ВИТАТЕРМ»
Федеральное государственное унитарное предприятие
«НИИсантехники»



Kermi-fko.ru

[Перейти на сайт](#)

РЕКОМЕНДАЦИИ
по применению стальных секционных
трубчатых радиаторов «ARBONIA»

Уважаемые коллеги!

ООО «Витатерм» и ФГУП «НИИСантехники» предлагает Вашему вниманию рекомендации по применению травмобезопасных стальных трубчатых радиаторов элитного класса «Arbonia», изготавливаемых швейцарской фирмой «Arbonia AG» и немецким предприятием «AFG Arbonia-Forester Riesa GmbH».

Рекомендации составлены применительно к российским нормативным условиям с учётом высказанных руководству ООО «Витатерм» на съездах АВОК предложений о расширении достоверных данных, необходимых для подбора отопительных приборов при проектировании систем отопления, и включают также дополнительные материалы, используемые для этой же цели, согласно СНиП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование», а также тепловые характеристики трубчатых радиаторов при их присоединении к теплопроводам системы отопления по схемам «снизу-вверх» и «снизу-вниз», которые в зарубежных проспектах и каталогах не представляются.

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, директору ООО «Витатерм» Сасину Виталию Ивановичу или по тел./факс. (095) 482-38-79 и (095) 918-58-95.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Основные технические характеристики стальных секционных радиаторов «Arbonia»
2. Схемы и элементы систем отопления
3. Гидравлический расчёт
4. Тепловой расчёт
5. Пример расчёта
6. Указания по монтажу стальных секционных радиаторов «Arbonia» и основные требования к их эксплуатации
7. Список использованной литературы

Приложения

1. Динамические характеристики стальных водогазопроводных труб
2. Номограмма для определения потери давления в медных трубах
3. Тепловой поток 1 м открыто проложенных вертикальных гладких металлических труб, окрашенных масляной краской

1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЬНЫХ СЕКЦИОННЫХ РАДИАТОРОВ «ARBONIA»

1.1. Предлагаемые специалистам рекомендации по применению стальных секционных радиаторов «Arbonia», изготавливаемых швейцарской фирмой «Arbonia AG» (Industriestrassee 23, 9320, Arbon, Schweiz) и немецкой «AFG Arbonia-Forster-Riesa GmbH» (Heinrich-Schonberg-Strasse 3, D-01591 Riesa, Deutschland), разработаны ООО «Витатерм» (Россия, 111558, Москва, Зелёный просп., 87-1-23, тел./факс: (095) 482-38-79, тел.: (095) 918-58-95) на основе проведённых в лаборатории отопительных приборов Федерального государственного унитарного предприятия «НИИСантехники» теплогидравлических и прочностных испытаний образцов радиаторов «Arbonia».

1.2. Рекомендации разработаны по традиционной для отечественной практики схеме [1], [2] с использованием данных для подбора и проспектных материалов фирмы «Arbonia AG», предприятия «AFG Arbonia-Forster-Riesa GmbH», . Ряд проспектных и рекламных материалов на русском языке был подготовлен с участием специалистов ООО «Витатерм».

Цена рекомендаций договорная.

1.3. Стальные трубчатые радиаторы «Arbonia» - травмобезопасные отопительные приборы классической формы (рис. 1.1 и 1.2), предназначенные для отопления помещений зданий различного назначения. Приборы выпускаются в широчайшей номенклатуре:

- 20 типовых высот от 180 до 3000 мм с шагом от 50 мм (при общей высоте до 600 мм) до 300 мм (при высоте более 2000 мм);
- глубиной от 65 до 225 мм за счёт изменения количества колонок от 2 до 6 штук;
- длиной от 0,09 до 2,25 м за счёт количества секций от 2 до 50;
- в цветовой гамме, включающей 50 основных и 1013 дополнительных оттенков;
- для различных вариантов присоединения к теплопроводам (бокового и донного).

Такая номенклатура радиаторов обеспечивает при их использовании оптимальный комфорт и уют в любых помещениях жилых и общественных зданий.

1.4. Секции трубчатых радиаторов симметричны (нет различия между «верхом» и «низом», «фронтом» и «тылом»). Секции состоят из головок (штампосварных из низколегированной стали толщиной 1,5 мм) и вертикальных колонок из стальных круглых труб 25х1,25 мм (рис. 2.2). Головки и трубы соединяются методом электроконтактной сварки. Наружные швы в местах сварки отшлифованы и практически не заметны. Секции между собой соединяются точечной или шовной сваркой. В крайние секции радиаторов в сборе вварены втулки с трубной резьбой С 1 1/4", что позволяет оснащать радиаторы глухими и проходными (С 3/8", 1/2" или 3/4") пробками. Сваренные блоки радиаторов при необходимости могут соединяться между собой на ниппелях.

1.5. По спецзаказу возможна поставка радиаторов для угловой установки или выполненных по дуге радиусом, заданным потребителем или предложенным заводом, общей длиной до 6 м (рис. 1.1 в, г).

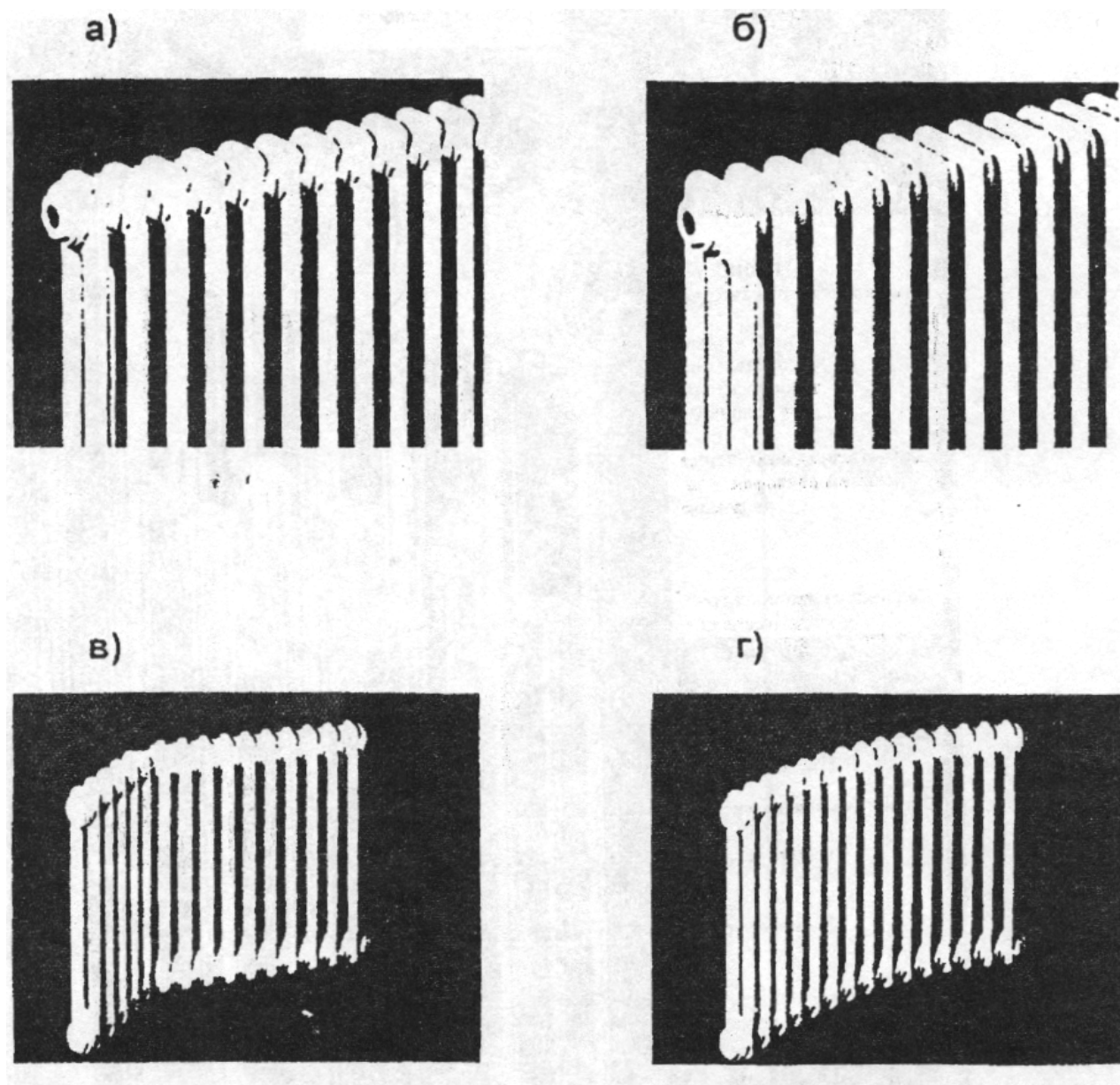


Рис. 1.1. Общий вид радиатора «Arbonia»
 а) двухколонный; б) трёхколонный ;
 в) радиатор для угловой установки;
 г) радиатор дугообразной формы

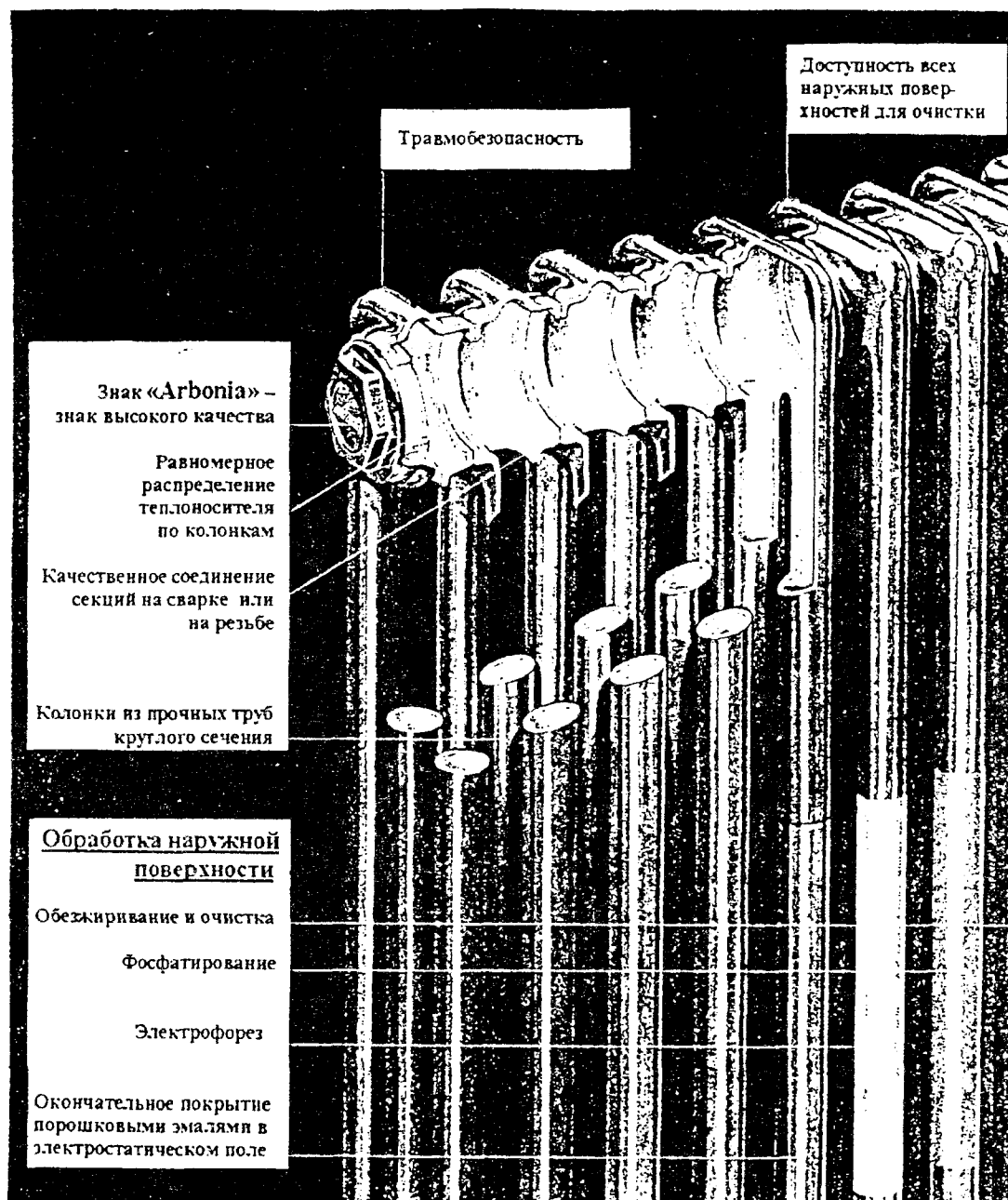


Рис. 1.2. Трёхколонный радиатор «Arbonia» в разрезе

1.6. Радиаторы «Arbonia» предназначены для работы в системах отопления с максимальным избыточным давлением теплоносителя 1 МПа при испытательном 1,5 МПа (с запасом в 1,5 раза при поставках в Россию), по спецзаказу - 1,6/2,4 МПа. Температура теплоносителя до 140°C.

Прочностные характеристики трубчатых радиаторов и их герметичность при давлениях, превышающих максимальное рабочее более чем в 3 раза, подтверждены испытаниями ООО «Витатерм».

1.7. В таблице 1.1 и на рис. 1.3 представлены характеристики и размеры наиболее часто применяемых в отечественной практике двух- и трёхколонных моделей радиаторов «Arbonia», имеющих на складе в Москве. Согласно рекомендациям ООО «Витатерм» в Россию поставляются модификации с трубами толщиной 1,5 мм (вместо 1,25 мм) и с упрочнённым соединением секций между собой на сварке, в том числе вненоменклатурные модели 2057, 3037 и 3057 с монтажной высотой 300 и 500 мм.

Значения номинального теплового потока $q_{\text{н}}$ секций радиаторов «Arbonia» определены в лаборатории отопительных приборов ФГУП «НИИСантехники» - головного института Российской Федерации по разработке и испытанию отопительных приборов согласно российской методике тепловых испытаний отопительных приборов при теплоносителе воде [3] и требованиям СИ 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 $M_{\text{пр}}=0,1 \text{ кг/с}$ (360 кг/ч) при его движении по схеме "сверху-вниз" и барометрическом давлении 1013,3 гПа (760 мм рт. ст.).

Номинальный тепловой поток секции радиаторов, представленных в табл. 1.1, при количестве колонок по глубине, отличном от трёх, впредь до уточнения можно принимать в средней равным произведению $q_{\text{н}}$ при трёх колонках на поправочный коэффициент, составляющий: при двух колонках 0,74, при четырёх - 1,275, при 5 -- 1,57 и при 6 - 1,86. Эти поправочные коэффициенты можно принимать для радиаторов общей высотой от 370 до 600 мм.



Представленные в табл. 1.1 модели поставляются заказчикам по спецификации в сборе, окрашенными и упакованными. Количество секций в радиаторе от 8 до 28 штук.

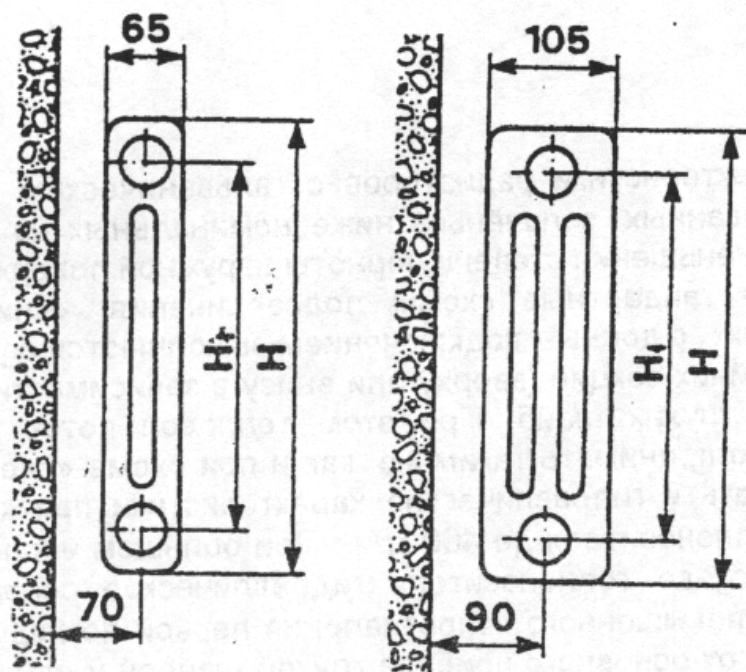
1.8. Настоящие рекомендации основаны на подробных испытаниях окрашенных краской RAL 9010 двух-и трёхколонных трубчатых радиаторов монтажной высотой (H_1) 300, 480, 500 и 530 мм (общая высота, H , превышает монтажную на 70 мм у всех моделей). Образцы радиаторов с толщиной вертикальных труб

1.9. Для помещений с повышенными гигиеническими требованиями выпускаются модификации «Arbonia-Sano», в которых между верхними и нижними головками соседних секций вварены стальные кольцеобразные промежуточные секции длиной 20 мм. Фирма-изготовитель при этом считает, что тепловой поток радиаторов «Arbonia-Sano», остаётся таким же, как и у обычных радиаторов, компенсируя запас по теплоотдаче дополнительным повышением цены (помимо удорожания, связанного с увеличенными трудозатратами и расходом материалов). По данным ООО «Витатерм» фактический номинальный тепловой поток увеличивается на 3-7% (тем более, чем больше количество колонок по глубине секций).

Таблица 1.1

**НОМЕНКЛАТУРА И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
СТАЛЬНЫХ СЕКЦИОННЫХ РАДИАТОРОВ «ARBONIA»**

Наименование показателей	Модель радиатора				
	2057	3037	3055	3057	3060
Эскиз секции , радиатора					
Количество колонок в секции, шт	2	3	3	3	3
Диаметр и толщина труб вертикальных колонок, мм	25x1,5	25x1,5	25 x 1,25	25x1,5	25 x 1,25
Номинальный тепловой поток секции $q_{ну}$, Вт	0,069	0,059	0,09	0,0935	0,099
Теплоплотность, Вт/м	1533	1308	2000	2078	2200
Номинальный коэффициент теплопередачи $K_{ну}$, Вт/(м ² С)	10,49	8,97	9,18	9,28	9,43
Площадь наружной поверхности нагрева секции f , м ²	0,094	0,094	0,14	0,144	0,15
Объём воды в секции V , л	0,59	0,43	0,83	0,85	0,89
Масса секции (справочная), кг	1,04	1,04	1,34	1,52	1,43
Размеры секции (рис. 1.3), мм: - общая высота Н - монтажная высота (межосевое расстояние) Н ₁ - глубина	570 500 65	370 300 105	550 480 105	570 500 105	600 530 105



$$H_1 = H - 70 \text{ мм}$$

$$L = N \times 45 \text{ мм}$$

где N – количество секций, шт.

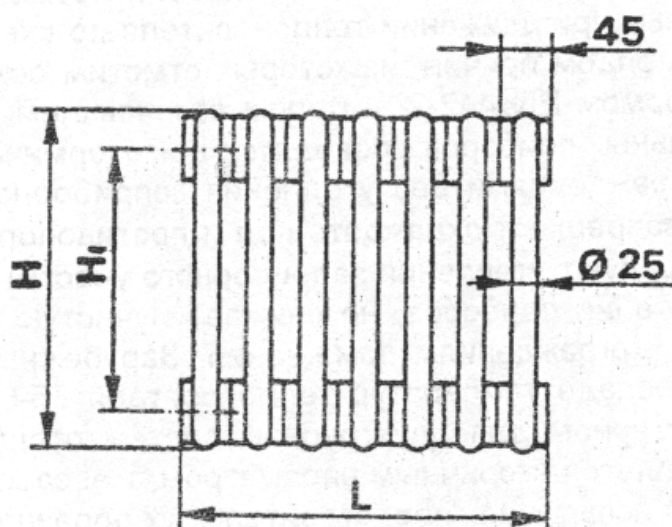


Рис. 1.3. Габаритный размеры радиаторов «Arbonia»

1.10. Тепловые характеристики радиаторов с гальваническим покрытием (хромированных, никелированных, золочёных) ниже номинальных на 10-20% (в среднем на 15%) за счёт уменьшения степени черноты наружной поверхности.

1.11. Различные нестандартные схемы подсоединения: «снизу-вверх», «снизу-вниз», «сверху-вверх», еденным подключением выполняются с установкой между головками двух крайних секций (вверху или внизу в зависимости от схемы движения теплоносителя) глухих шайб. При этом тепловой поток радиатора впредь до уточнения можно принимать таким же, как и при схеме «сверху-вниз». Такими же можно принимать и гидравлические характеристики при количестве секций до 20 и расходе теплоносителя до 400 кг/ч. При большем числе секций в радиаторе и большем расходе теплоносителя гидравлическое сопротивление прибора возрастает из-за повышенного сопротивления первой по ходу теплоносителя секции, отделённой от основного прибора глухой шайбой у одной из головок. Очевидно, это увеличение проявляется по-разному при малых (до 120 кг/ч) и больших (свыше 120 кг/ч) расходах теплоносителя.

1.12. Представленные в табл. 1.1 тепловые показатели несколько отличаются от зарубежных, полученных при движении теплоносителя по схеме "сверху-вниз". Различие определяется рядом причин, из которых отметим основные. Согласно новым европейским нормам EN 442-2, в целом отвечающим германским DIN 4704, испытания отопительных приборов проводятся в изотермической камере с пятью охлаждаемыми ограждениями без утепления заприборного участка. Отечественные же нормы [3] запрещают охлаждать пол и противоположную отопительному прибору стену и требуют утепления заприборного участка, что ближе к реальным условиям эксплуатации приборов, но снижает лучистую составляющую теплоотдачи от прибора к ограждениям помещения. Зарубежные приборы испытываются обычно при перепаде температур теплоносителя 75-65°C (ранее при перепаде 90-70°C), характерном для двухтрубных систем отопления. При этом расход теплоносителя является вторичным параметром, т.е. зависит от тепловой мощности прибора и при испытаниях представительных образцов (около 1-1,5 кВт) обычно находится а пределах 60-100 кг/ч. В то же время согласно отечественной методике [3] расход горячей воды через прибор нормируется (360 кг/ч) и характерен для одноктрубных систем отопления. При испытаниях представительных образцов приборов мощностью 0, 85-1 кВт и особенно малых типоразмеров по отечественной методике перепад температур теплоносителя в приборе составляет 1-2 °C, что приводит к изотермичности наружной поверхности нагрева по вертикали прибора. При этом воздух, поднимаясь при нагреве, встречает теплоотдающую поверхность практически одной и той же температуры, что даёт несколько меньший эффект наружной теплоотдачи по сравнению со случаем омывания поверхности с возрастающей по высоте температурой (примерно от 65 до 75°C в расчётном режиме). С другой стороны очевидно, что при большем расходе воды и соответственно большей её скорости в каналах прибора возрастает эффективность внутреннего теплообмена. Взаимосвязь этих и ряда других факторов и определяет различие тепловых показателей отопительных приборов, испытанных по отечественной и европейской (EN 442-2) методикам. С учётом изложенного не подтверждается обычно принимаемая в зарубежных каталогах пропорциональность теплоотдачи радиаторов их длине. Особенности теплопередачи радиаторов при "нестандартных" схемах движения теплоносителя рассмотрены в четвертом разделе рекомендаций.

Обращаем дополнительно внимание специалистов на тот факт, что российские нормы относят номинальный тепловой поток к температурному напору 70°C,

характерному при обычных для отечественных однотрубных систем отопления параметрах теплоносителя 105-70С, зарубежные - к температурному напору 50°С (при температурах теплоносителя 75-65С), характерному для двухтрубных систем.

1.13. Гидравлические характеристики радиаторов получены по методике ФГУП «НИИСантехники» [4], позволяющей определять приведённые коэффициенты сопротивления $\zeta_{\text{ну}}$ и характеристики сопротивления $S_{\text{ну}}$ при нормальных условиях (при $M_{\text{пр}}=0,1$ кг/с через прибор) после периода эксплуатации, в течение которого коэффициенты трения мерных участков стальных гладких (новых) труб на подводках к испытываемым приборам достигают значений, соответствующих эквивалентной шероховатости, равной 0,2 мм и принятой в качестве расчётной для стальных теплопроводов отечественных систем отопления. Усреднённые гидравлические характеристики всех испытанных радиаторов представлены в разделе 3.

1.14. Условные обозначения радиаторов «Arbonia» включают четыре цифры, из которых первая обозначает число труб (колонок) по глубине секции (от 2 до 6), а три последующие - общую высоту радиатора Н в см. *Например*, трёхколонный радиатор «Arbonia» общей высотой 570 мм (57 см) обозначается: 3057.

Дополнительные требования при заказе (число секций, цвет и т.п.) - согласно заказным спецификациям;

2. СХЕМЫ И ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

2.1. Стальные секционные трубчатые радиаторы «Arbonia» применяются в двухтрубных и одноктрубных системах отопления с вертикальным и горизонтальным расположением теплопроводов, объединяющих отопительные приборы.

2.2. Радиаторы могут применяться как в насосных или элеваторных, так и в гравитационных системах отопления. На рис. 2.1 дана схема гравитационной системы отопления одноэтажного жилого дома с радиаторами «Arbonia».

При использовании зарубежных котлов последние обычно оснащены встроенным в кожух котла закрытым расширительным сосудом. Для повышения надёжности и долговечности систем отопления закрытый расширительный сосуд рекомендуется ставить и при использовании отечественных котлов. Очевидно, при этом надобность в открытом расширительном бачке отпадает.

2.3. Для повышения эксплуатационной надёжности стальные радиаторы «Arbonia» рекомендуется использовать только в закрытых системах отопления, оборудованных, в частности, закрытыми расширительными сосудами.

2.4. Согласно СНиП [5], отопительные приборы в жилых помещениях должны, как правило, оснащаться термостатами, т.е. при соответствующем обосновании возможно применение ручной регулирующей арматуры. Поэтому в настоящем разделе рассматриваются схемы систем отопления как с автоматическими, так и с ручными регуляторами теплового потока. Отметим, что МГСН 2.01-99 [6] более жёстко требует установку термостатов у отопительных приборов.

2.5. Рекомендуемые схемы вертикальных стояков систем отопления представлены на рис.2.2, схемы горизонтальных систем - на рис. 2.3.

2.6. На рис.2.2 и 2.3 показана характерная для отечественной практики установка кранов, вентилей или термостатов только на верхней из двух подводок к радиатору. Согласно данным ООО "Витатерм" при полном закрытии регулирующей арматуры остаточная теплоотдача радиатора при условном диаметре подводящих теплопроводов 15 и 20 мм составляет 25-45 %, поскольку 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 монтировать регулирующую арматуру на нижней подводке к радиатору или устанавливать циркуляционные термостаты. При этом остаточная теплоотдача уменьшается до 4-8 %.

2.7. 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, поэтому для лучшего распределения теплоты в помещении выбор радиаторов желательно начинать с типовых размеров малой глубины и малой высоты.

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 числе секций в радиаторах «Arbonia» более 34, а в гравитационных системах - более 22, рекомендуется применять разностороннюю схему присоединения приборов (рис. 2.4, а и б).

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

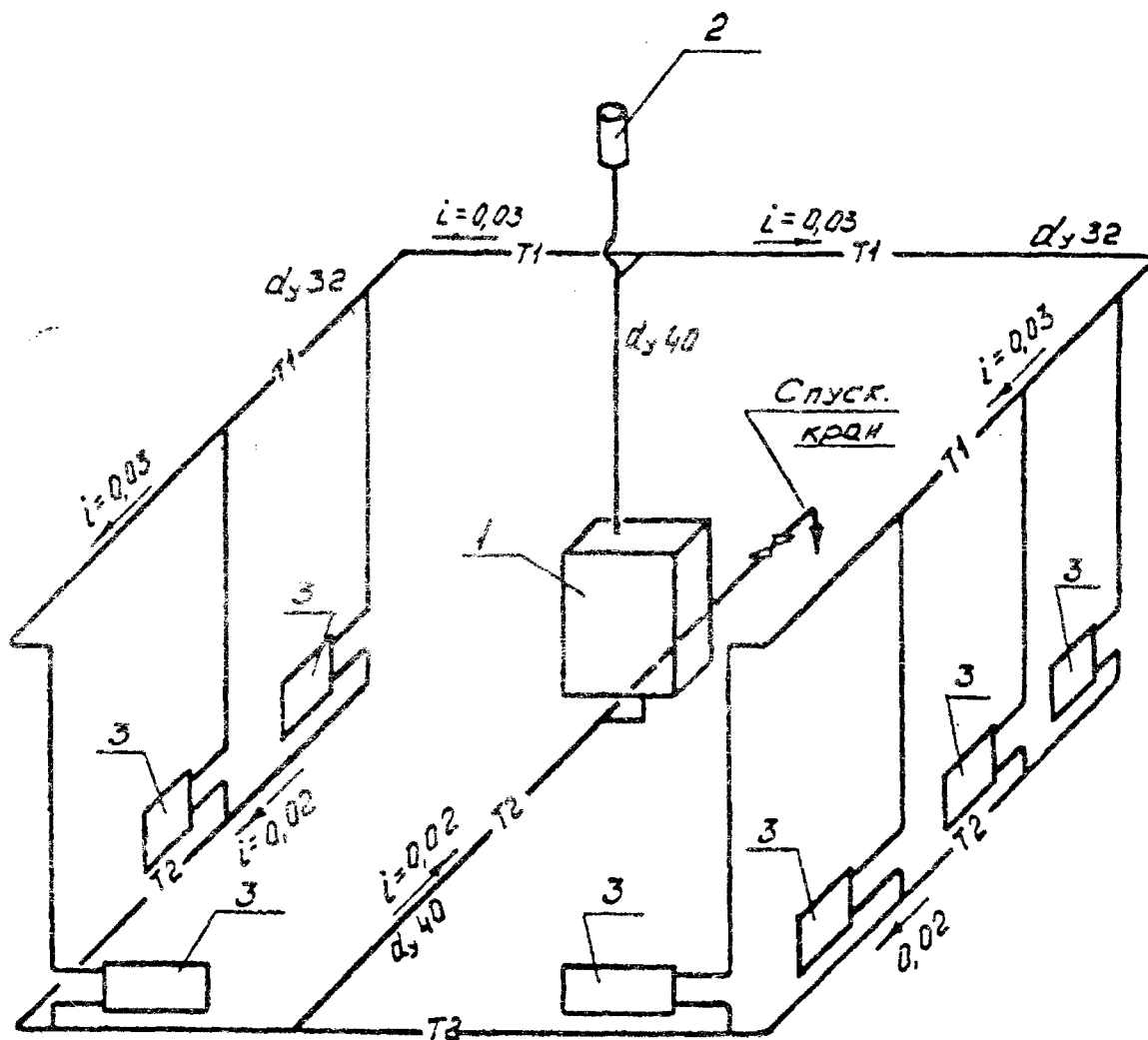


Рис. 2.1. Схема гравитационной проточной системы отопления одноэтажного дома:

- 1 - котёл; 2 - расширительный бачок;
- 3 - радиаторы

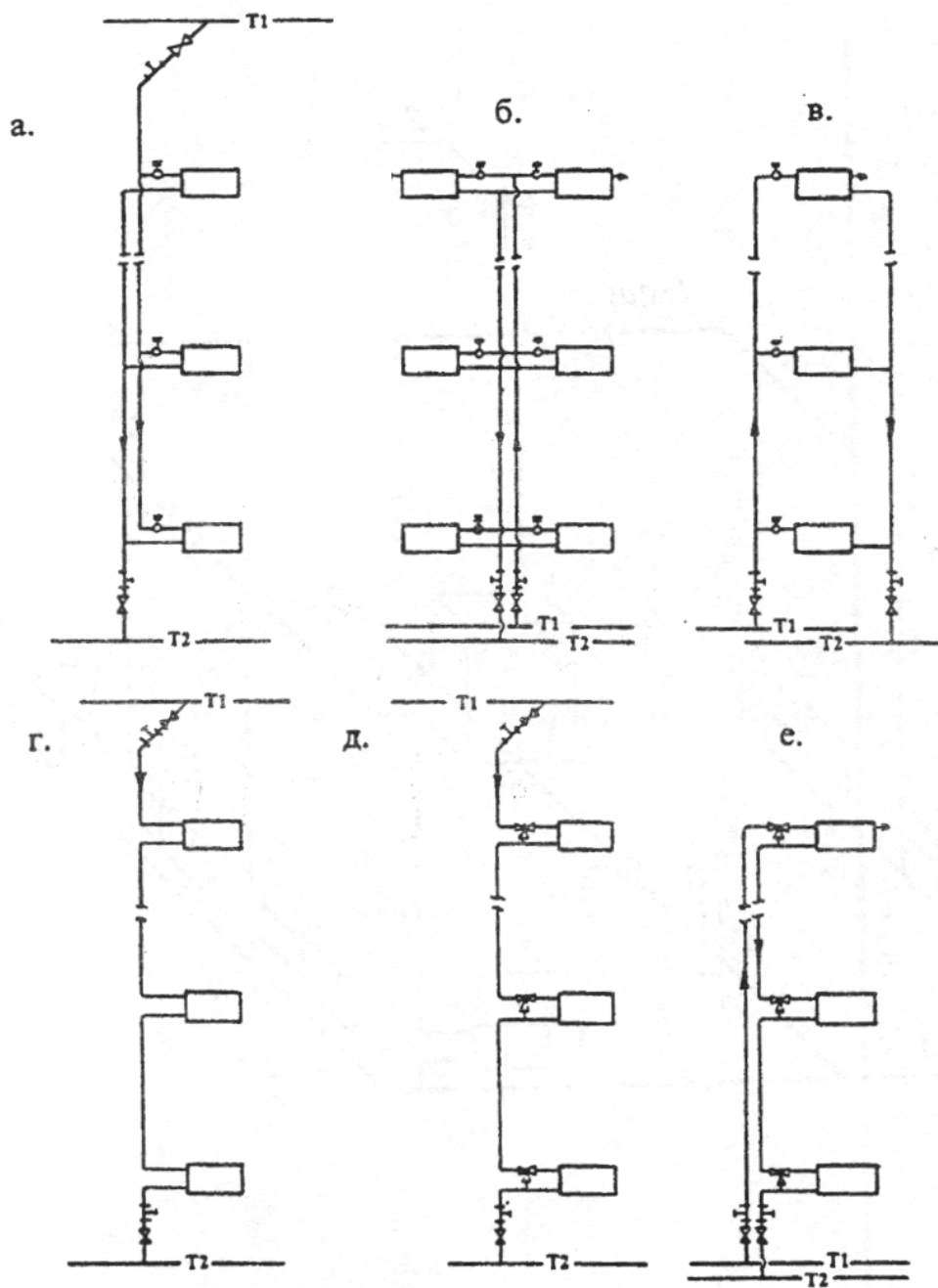


Рис. 2.2. Схемы вертикальных стояков систем
водяного отопления:
а, б, в - двухтрубные; г, д, е - одноконтурные

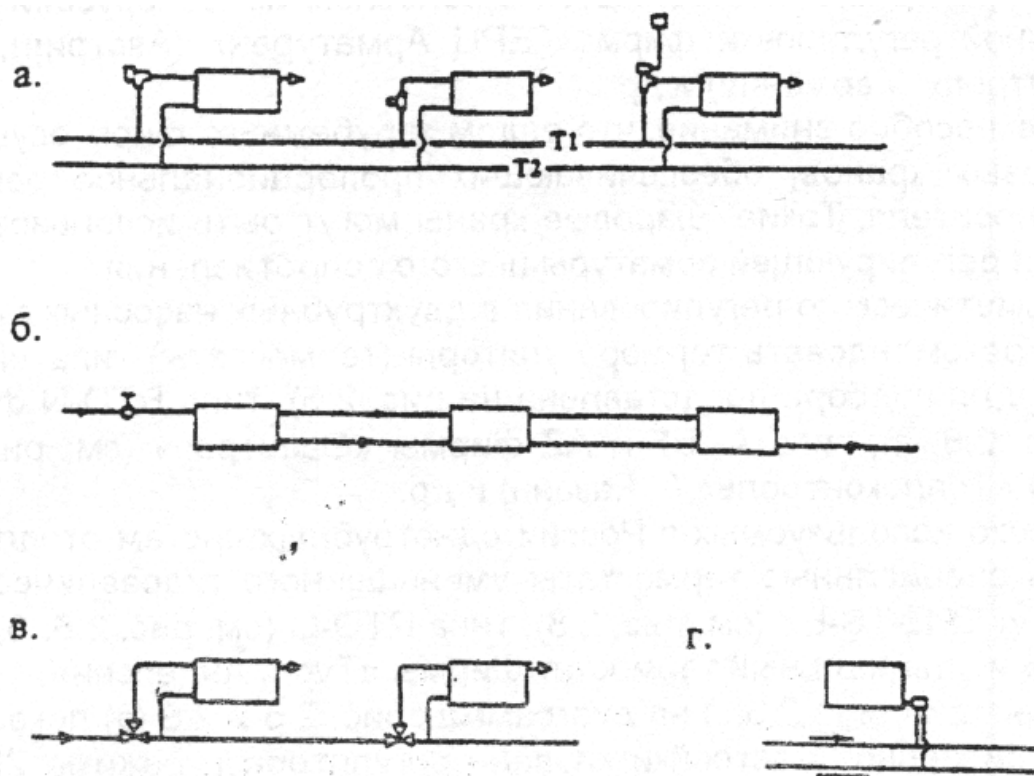


Рис. 2.3. Схемы ветвей горизонтальных систем
водяного отопления:

- а - двухтрубная с термостатами; б - однотрубная проточная;
- в - однотрубная проточно-регулируемая с кранами КРТ;
- г - нижнее одностороннее присоединение

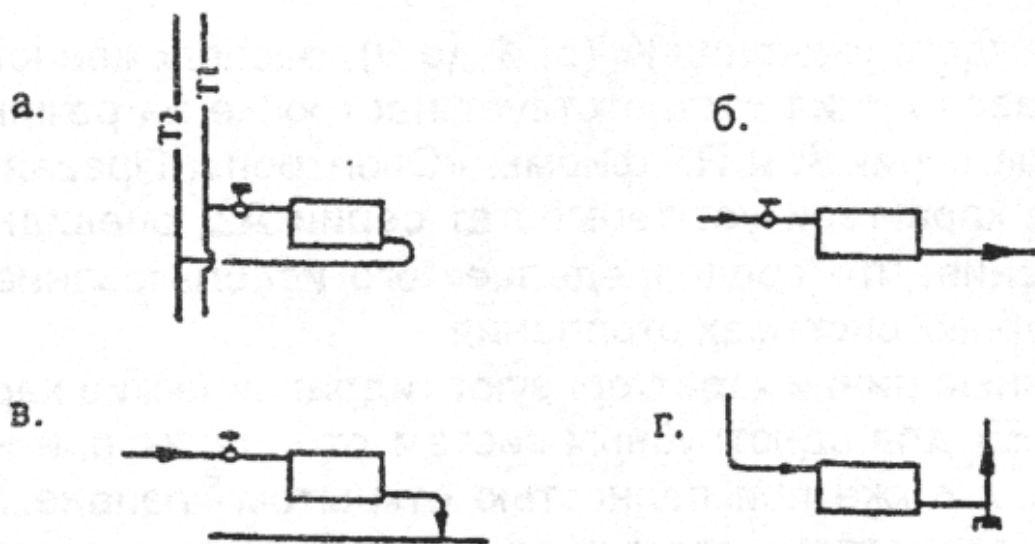


Рис. 2.4. Схемы разностороннего присоединения труб
к радиаторам при движении теплоносителя сверху вниз:
а, б - при числе секций в радиаторе более 34 (в насосных
системах) и более 22 (в гравитационных системах);
в, г - в обратную магистраль под радиатором и
над радиатором

Для ручного регулирования используют краны двойной регулировки, краны регулирующие проходные (поставляются в основном из Белоруссии и Украины), краны для ручной регулировки фирм «ГЕРЦ Арматурен» (Австрия). «Данфосс» (Дания), «Овентроп» (Германия) и др.

Обращаем особое внимание, что рядом зарубежных фирм осуществляется поставка шаровых кранов, обеспечивающих пропорциональное регулирование расхода теплоносителя. Такие шаровые краны могут быть использованы в качестве запорной и регулирующей арматуры низкого сопротивления.

Для автоматического регулирования в двухтрубных насосных системах отопления можно рекомендовать терморегуляторы (термостаты) типа «ГЕРЦ-T3-90-V» (диаграмма для подбора представлена на рис. 2.5), типа RTD-N фирмы «Данфосс» (см. рис. 2.6, а), типа **A**, **RF** и **AZ** фирмы «Овентроп» (см. рис. 2.7), типа «Комфорт» ПО «Теплоконтроль» (г. Казань) и др.

Для широко используемых в России одноконтурных систем отопления можно рекомендовать специальные термостаты уменьшенного гидравлического сопротивления типа «ГЕРЦ-TS-E» (см. рис. 2.8). типа RTD-G (см. рис. 2.6, б), **MAX** фирмы «Овентроп» и специальный термостат фирмы «Тур и Андерсен».

Наклонные линии (1,2,3...) на диаграммах рис. 2.5 и 2.6 (а) показывают диапазоны предварительной настройки клапана регулятора в режиме 2К (2°C). Настройка на режим 2К означает, что термостат частично прикрыт и в случае превышения заданной температуры воздуха в отапливаемом помещении на 2К (2°C) он перекрывает движение воды в подводящем теплопроводе. Это общепринятое в европейской практике условие настройки термостатов позволяет потребителю не только снижать температуру воздуха в помещении, но и по его желанию её повышать. В ряде случаев ведётся более точная настройка на 1К (1°C), а иногда допускается настройка на 3К (3°C). Очевидно, при полностью открытом клапане гидравлическое сопротивление термостата будет заметно меньше. Например, на рис. 2.5 линия «максимального подъёма» штока термостата при режиме настройки на 2К показывает существенно большее значение перепада давления при том же расходе воды, чем линия, характеризующая "максимальное открытие" термостата.

На рис. 2,7 для каждого значения K_v (от 1 до 9), расположенного между левой и правой линией, левая линия соответствует настройке на режим 1К, правая на режим 2К термостатов серии **A** и **RF** фирмы «Овентроп». Правая крайняя линия на этом же рисунке характеризует термостат серии **AZ**, очевидно, имеющий наименьшее сопротивление, что предопределяет его использование как в двухтрубных, так и в одноконтурных системах отопления.

На рис. 2.8 наклонные линии характеризуют гидравлические характеристики термостатов «ГЕРЦ-TS-E» для одноконтурных систем отопления при настройке на режимы 1К, 2К или 3К, а также при полностью открытом клапане. Анализ этих данных показывает, что термостаты этого типа могут быть использованы даже в гравитационных системах отопления. Отметим, что гидравлические характеристики термостатов «ГЕРЦ-TS-E» как прямых, так и угловых при установке на подводах условным диаметром 15, 20 и 25 мм практически совпадают.

Представленные на рис. 2.6 (б) наклонные линии характеризуют гидравлические характеристики термостатов для одноконтурных систем отопления типа RTD-G фирмы «Данфосс» при установке на подводах с условным диаметром 15, 20 и 25 мм в режиме настройки на 2К (2°C).

В одноконтурных системах целесообразно применять трёхходовые термостаты, обеспечивающие удобное подключение к прибору и монтаж за-

мыкающего участка. Среди наиболее интересных термостатов этого типа выделяются трёхходовой вентиль типа «CALIS-TS» фирмы «ГЕРЦ» (см. рис. 2.9), а также трёхходовые термостаты фирм «ГЕРЦ» и «Овентроп», у которых оси термостатических головок перпендикулярны плоскости стены. Отметим, что гидравлические характеристики радиаторных узлов с трёхходовыми термостатами определяют перепад давлений между подводящим и обратным патрубками у замыкающего участка, зависят от настройки на коэффициент затекания, расхода теплоносителя в стояке и от гидравлических характеристик отопительных приборов.

Пунктирными линиями на рис. 2.6 (а) показано, при каких расходах воды эквивалентный уровень шума термостатов RTD-N не достигает 25 или 30 дБ. Обычно этот уровень шума не превышает, если скорость воды в подводках не более 0,6-0,8 м/с, а перепад давления на термостате не превышает 1,5-3 м вод. ст.

Подробные сведения об этих термостатах можно получить в офисах компании ТАИМ.

2.9 За рубежом и в последнее время в отечественной практике находит всё более широкое применение скрытая напольная или плинтусная разводка теплопроводов и донное их присоединение к радиаторам через специальные коллекторы: одноузловые, присоединённые с одной стороны к нижнему патрубку радиатора, и со специальным транзитным вертикальным подводящим теплопроводом, обеспечивающим наиболее рациональную схему движения теплоносителя в радиаторе «сверху-вниз». Во всех случаях в верхней противоположной пробке радиатора необходимо предусматривать установку воздухоотводчика. При этих схемах термостаты могут монтироваться с расположением оси термостатической головки вдоль наружной стены, а не перпендикулярно ей. Для одноузловых подсоединений можно рекомендовать четырёхходовые клапаны «ГЕРЦ-VTA» или «ГЕРЦ-VUA», а для обеспечения подвода воды к прибору по схеме «сверху-вниз» при напольной и плинтусной разводке теплопроводов удобно использовать соединительные наборы «ГЕРЦ-2000» или аналогичные комплекты других фирм.

Радиаторы «Arbonia» имеют специальные модификации со встроенным термостатом и патрубками для донного подключения. Заказ этих моделей осуществляется через

Применяются также, особенно в коттеджах, системы отопления с лучевой напольной разводкой теплопроводов, традиционным боковым подключением отопительных приборов по схеме «сверху-вниз» и с использованием термостатов углового исполнения. Вертикальные стояки для уменьшения бесполезных теплопотерь размещают вдоль внутренних стен здания, например, на лестничной клетке. Отопительные приборы, устанавливаемые у наружных стен, подключают к распределительной гребёнке с помощью теплопроводов, которые прокладывают в полу квартиры. Обычно используют защищённые от наружной коррозии стальные или медные теплопроводы или изготовленные из термостойких полимеров, например, из полипропиленовых труб «Фузитерм-Штаби» со стабилизирующей алюминиевой или полимерной оболочкой, поставляемых компанией ТАИМ., или из полиэтиленовых металлополимерных труб. Разводящие теплопроводы, как правило, теплоизолированные, при лучевой схеме прокладывают в штробах. в оболочках из гофрированных полимерных труб и заливают цементом высоких марок с пластификатором (с толщиной слоя цементного покрытия не менее 40 мм). При

плинтусной прокладке обычно используются специальные декорирующие плинтусы заводского изготовления (чаще всего из полимерных материалов). Для напольного отопления в настоящее время часто используют полимерные трубы, как наиболее удобные при монтаже и надёжные при эксплуатации.

2.10. Для полного отключения стояков и спуска из них воды на подъёмном и опускном участках в местах присоединения стояков к горячей и обратной магистралям устанавливают запорные проходные пробочные или шаровые краны или вентили и тройники с пробками. В зданиях с числом этажей 8 и более установка спускных кранов (вместо тройников с пробками) на подъёмных и опускных участках является обязательной независимо от расчётной температуры теплоносителя.

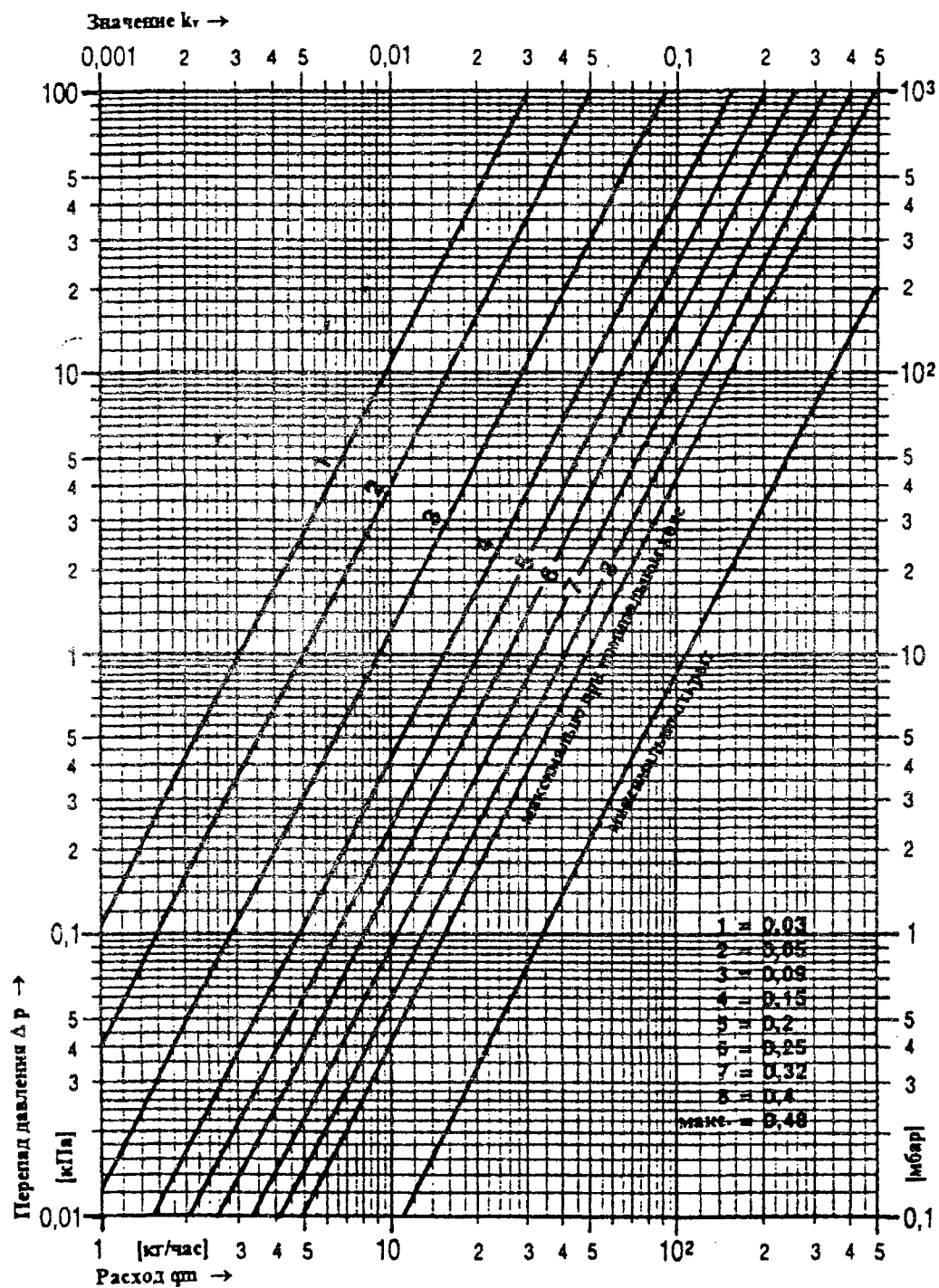


Рис. 2.5. Гидравлические характеристики термостатов «ГЕРЦ-TS-90-V» с предварительной настройкой на режим 2K (2°C) и при полном открытии вентиля

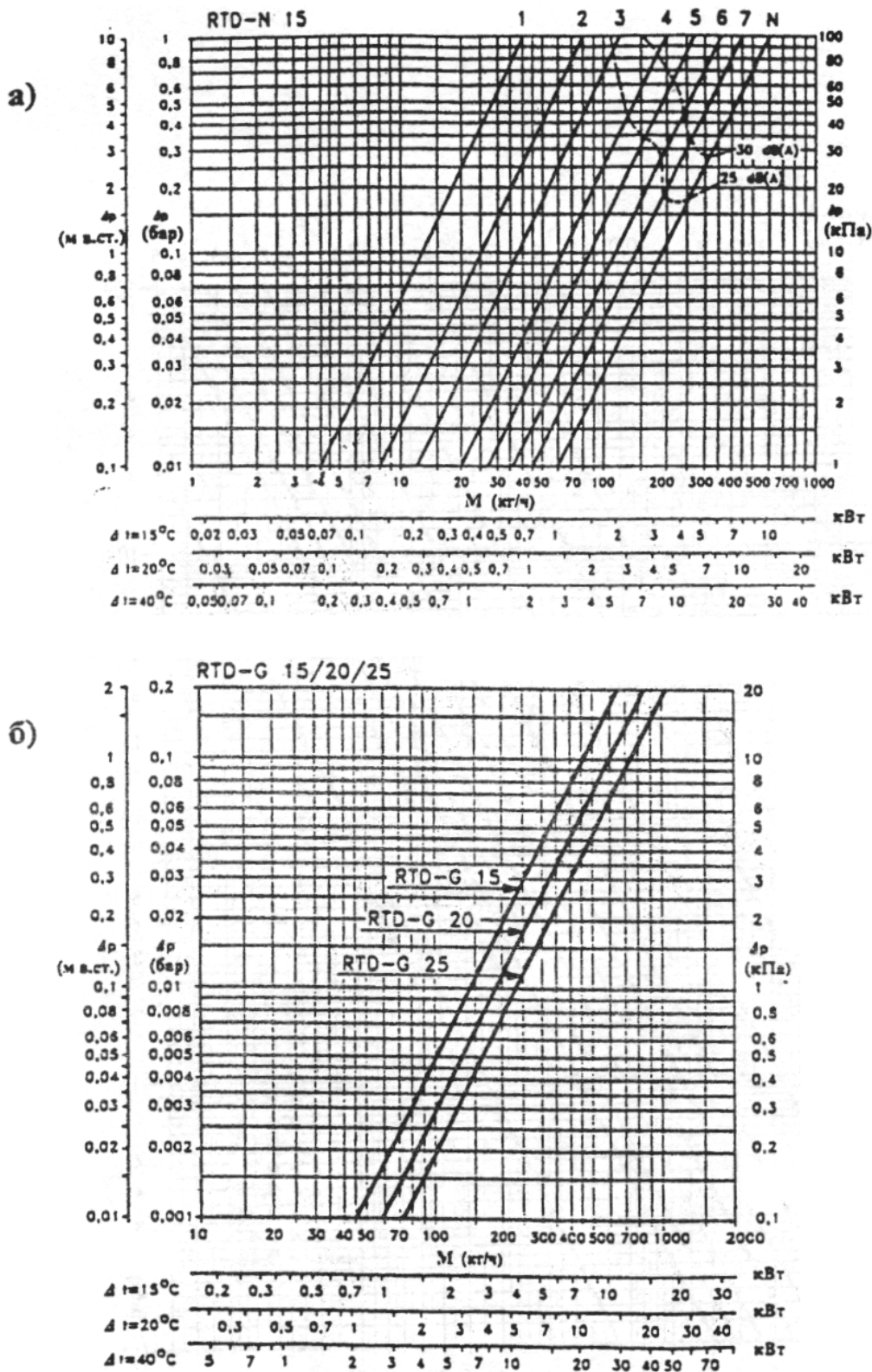


Рис. 2.6. Гидравлические характеристики термостатов фирмы «Данфосс»:

- а) RTD-N 15 при различных уровнях настройки клапана для двухтрубных систем отопления с подводками d_{y15} ;
- б) RTD-G для гравитационных и насосных однотрубных систем отопления с подводками d_{y15} , 20 и 25 мм

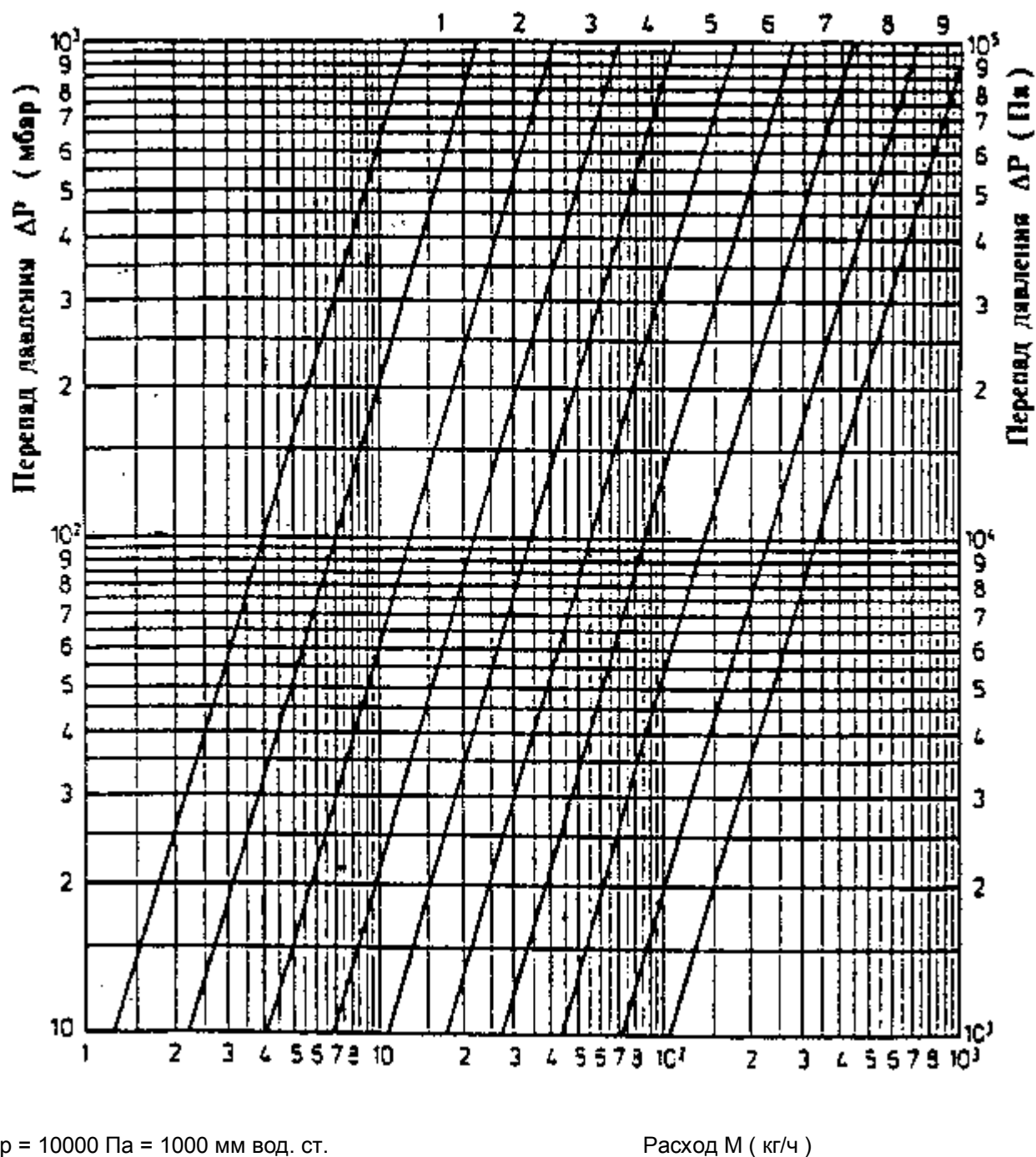


рис. 2.7. Гидравлические характеристики термостатов фирмы «Овентроп»

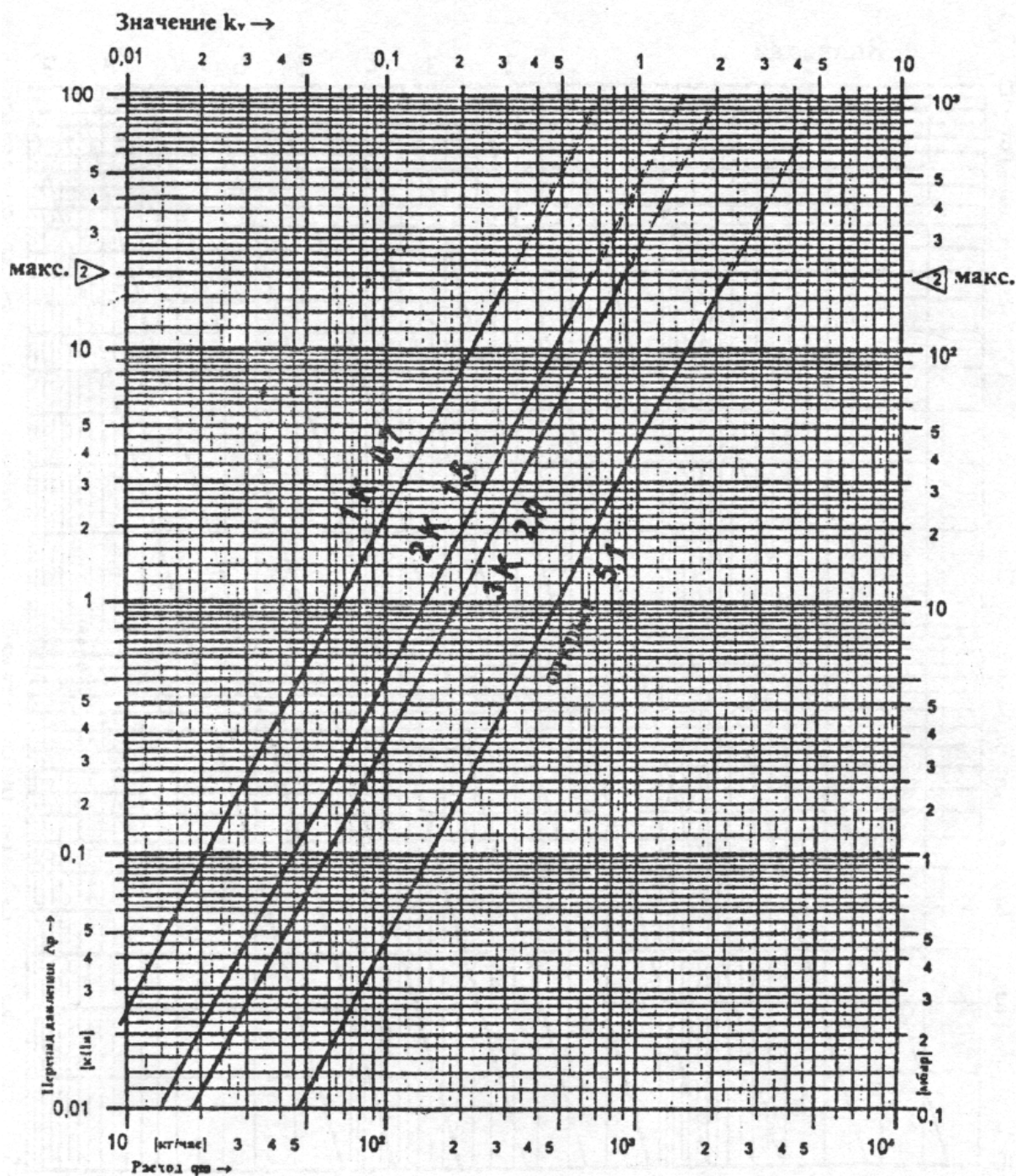
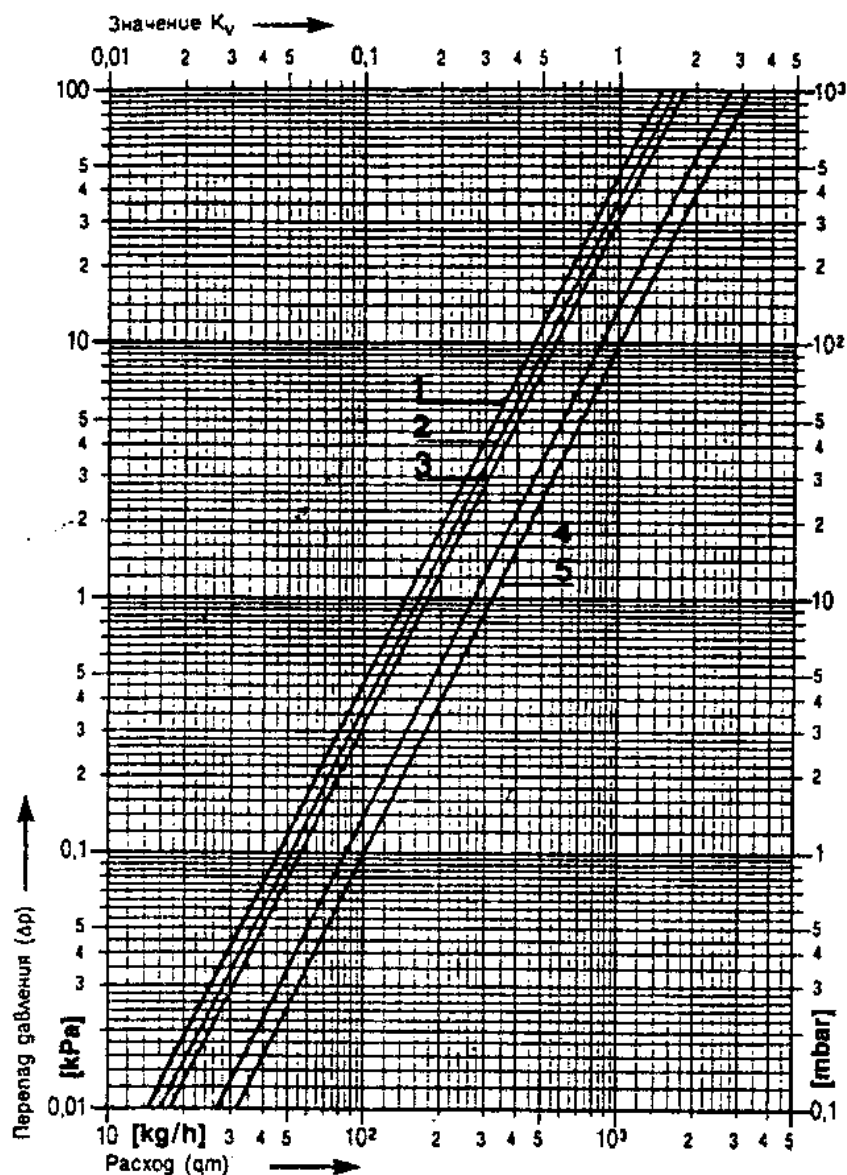


Рис. 2.8. Гидравлические характеристики термостатов «ГЕРЦ-TS-E» при различных режимах настройки



Прямая	Клапан CALIS-TS	Значение K_v	Расход воды на отопительный прибор %	Рабочее состояние
1	1 7761 01	1,45	0	Клапан к отопит. прибору закрыт
2	1 7761 02	1,65		
3	1 7761 01	1,8	50	Термостатический режим $x_p=2K$
	1 7761 02 1			
	1 7761 01	1,8	60	Термостатический режим $x_p=3K$
	1 7761 02			
4	1 7761 01	2,75	80	Клапан открыт
5	1 7761 02	3,2		

Рис. 2.9. Гидравлические характеристики термостата «ГЕРЦ» с клапаном CALIS-TS и соответствующие коэффициенты затекания при различных степенях открытия клапана

3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

3.1. Значения располагаемого давления при непосредственном присоединении системы отопления к тепловой сети через элеватор следует принимать согласно указаниям, приведённым в СНиП 2.04.05-91 * [5].

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

$$\Delta P = S M^2 \quad (3.1)$$

или по методу «удельных линейных потерь давления»

$$\Delta P = R L + Z \quad (3.2)$$

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 2);

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

λ - коэффициент трения;

d - внутренний диаметр теплопровода;

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.

3.3. В табл. 3.1 приведены гидравлические характеристики радиаторов «Arbonia» при нормативном расходе горячей воды через прибор ($M_{np} = 0,1$ кг/с), характерном для однетрубных систем отопления, а также при $M_{np} = 0,015$ кг/с, характерном для двухтрубных систем, которые усреднены для радиаторов с количеством секций от 6 и более при движении теплоносителя по схемам «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Значения гидравлических характеристик при движении теплоносителя в радиаторе по схеме «снизу-вниз» усреднены для радиаторов с количеством секций от 6 до 34. При расходах, отличных от указанных в табл. 3.1, значения гидравлических характеристик можно интерполировать пропорционально расходу.

3.4. Значения удельных скоростных давлений и приведённых коэффициентов гидравлического трения для стальных теплопроводов систем отопления принимаются по приложению 1. Гидравлические характеристики медных теплопроводов приведены в приложении 2.

Аналогичные данные для полипропиленовых труб типа «Фузиотерм Штаби» и полиэтиленовых труб «Китек» имеются в ООО «Витатерм».

3.5. Значения коэффициентов местного сопротивления конструктивных элементов систем водяного отопления принимаются по «Справочнику проектировщика». ч. 1 «Отопление» [7].

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

$$M_{\text{пр}} = \alpha_{\text{пр}} \cdot M_{\text{ст}}, \quad (3.3)$$

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

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

3.7. В табл. 3.2 приведены усреднённые значения коэффициентов затекания $\alpha_{\text{пр}}$ для радиаторов «Arbonia» при боковом одностороннем присоединении теплопроводов и различных сочетаниях диаметров труб стояков ($d_{\text{ст}}$), смещённых замыкающих участков ($d_{\text{зв}}$) и подводов ($d_{\text{п}}$) в однотрубных системах отопления.

Значения $\alpha_{\text{пр}}$ при установке термостатов определены при настройке их на режим 2К (2°C).

При подводках $d_{\text{п}}$ 15 мм используются термостаты RTD-G 15 или «ГЕРЦ-TS-E» марки 1 7723 11. при $d_{\text{п}}$ 20 мм – RTD-G 20 или «ГЕРЦ-TS-E» марки 1 7723 02.

Данные для определения коэффициента затекания в случае использования термостатов «ГЕРЦ Арматурен» с трёхходовыми клапанами CALIS-TS марки 1 7761 01 для подводов условным диаметром 15 мм и марки 1 7761 02 для подводов условные диаметром 20 мм приведены на рис. 2.9. Поскольку при использовании термостатов CALIS-TS необходимо в ряде случаев применять выносные датчики температур, удобно устанавливать термостаты CALIS-TS-E-3-D со шпинделем, перпендикулярным плоскости стены, и с автономной термостатической головкой.

3.8. Коэффициенты затекания при установке термостатов определены, как указывалось, при их настройке на 2К. Очевидно, при таком методе определения коэффициента затекания потребная площадь поверхности нагрева отопительного прибора будет больше, чем при расчёте исходя из гидравлических характеристик полностью открытого клапана, характерного для случаев применения обычных кранов и вентилей

Таблица 3.1

Усреднённые гидравлические характеристики стальных секционных радиаторов «ARBONIA»

Схема движения теплоносителя	Расход теплоносителя		Коэффициент местного сопротивления $\zeta_{\text{ну}}$ при условном диаметре подводок		Характеристика сопротивления $S_{\text{ну}} 10^{-4}$, Па/(кг/с) ² , при условном диаметре подводок	
	- кг/ч	кг/с	$d_v=15$ мм	$d_v=20$ мм	$d_v=15$ мм	$d_v=20$ мм
«Сверху-вниз» и «снизу-вверх»	360	0,1	1,6	1,8	2,19	0,74
	54	0,015	2,4	2,9	3,29	1,19
«Снизу-вниз»	350	0,1	1,7	2,0	2,33	0,82
	54	0,015	2,5	3,3	3,42	1,36

Таблица 3.2

Усреднённые значения коэффициентов затекания $\alpha_{\text{пр}}$ узлов однотрубных систем водяного отопления со стальными секционными радиаторами «ARBONIA»

Вид регулирующей арматуры	Значения $\alpha_{\text{пр}}$ при сочетании диаметров труб радиаторного узла $d_{\text{ст}} \times d_{\text{зв}} \times d_{\text{п}}$ (мм)		
	15x15x15	20x15x15	20x15x20
Термостат RTD-G фирмы «Данфосс»	0,23	0,19	0,27
Термостат «ГЕРЦ-TS-E» фирмы «ГЕРЦ Арматурен»	0,24	0,195	0,245
Термостат MAX фирмы «Овентроп»	0,23	0,19	0,27

4. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ

4.1. Тепловой расчёт проводится по существующим методикам с применением основных расчётных зависимостей, изложенных в специальной справочно-информационной литературе [5], [6], [7], с учётом данных, приведённых в настоящих рекомендациях.

4.2. Согласно табл. 1 приложения 12 СНиП 2.04.05-91 * [5] 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 в зависимости от модели радиатора по табл. 4.1, а второй - β_2 - от доли увеличения теплопотерь через радиаторный участок и принимается в зависимости от типа наружного ограждения также по табл. 4.1.

Увеличение теплопотерь через радиаторные участки наружных ограждений не требует увеличения площади теплопередающей поверхности и, соответственно нормативного теплового потока при подборе радиатора, поскольку тепловой поток от прибора возрастает практически на столько же, на сколько возрастают теплопотери.

При введении поправочных коэффициентов β_1 и β_2 на общий расход теплоносителя в системе отопления можно в первом приближении не учитывать дополнительный расход теплоносителя по стоякам или ветвям к радиаторам, полагая, что с допустимой для практических расчётов погрешностью увеличение расхода по всем стоякам (ветвям) пропорционально их нагрузкам.

Таблица 4.1

Значения коэффициентов β_1 и β_2

Число колонок в секции	β_1	β_2 при установке	
		У наружной стены	У наружного остекления
2	1,005	1,02	1,07
3	1,01	1,015	1,05
4	1,02	1,012	1,04
5	1,03	1,01	1,033
6	1,04	1,008	1,028

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

$$Q = Q_{\text{н}} \cdot (\Theta/70)^{1+n} \cdot c \cdot (M_{\text{пр}}/0,1)^m \cdot b \cdot \beta_3 = Q_{\text{н}} \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot \beta_3 =$$

$$= K_{\text{н}} \cdot 70 \cdot F \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot \beta_3 \quad (4.1)$$

где

$Q_{\text{н}}$ - номинальный тепловой поток радиатора при нормальных условиях, равный произведению номинального теплового потока, приходящегося на одну секцию $q_{\text{н}}$ (см. табл. 1.1), на количество секций в приборе N с учётом рекомендаций п. 1.14, Вт.

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

$$\Theta = \frac{t_n + t_k}{2} - t_{\Pi} = t_{\Pi} - \frac{\Delta t_{\text{пр}}}{2} - t_{\Pi} \quad (4.2)$$

здесь

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

t_{Π} - расчётная температура помещения, принимаемая равной расчётной температуре воздуха в отапливаемом помещении $t_{\text{в}}$, °С;

$\Delta t_{\text{пр}}$ - 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 нормированных температурном напоре, расходе теплоносителя и атмосферном давлении (принимается по табл. 4.2);

n и m - эмпирические показатели степени соответственно при относительных температурном напоре и расходе теплоносителя (принимается по таб. 4.2);

$M_{\text{пр}}$ - 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. 4.3);

β_3 - безразмерный поправочный коэффициент, характеризующий зависимость теплопередачи радиатора от количества секций в нём при любых схемах движения теплоносителя (принимается по табл. 4.4);

$\varphi_1 = (\Theta/70)^{1+n}$ - безразмерный поправочный коэффициент, с помощью которого учитывается изменение теплового потока отопительных приборов при отличии расчётного температурного напора от нормального (принимается по таб. 4.5);

$\varphi_2 = c \cdot (M_{\text{пр}}/0,1)^m$ - безразмерный поправочный коэффициент, с помощью которого учитывается изменение теплового потока отопительного прибора при отличии расчётного массного расхода теплоносителя от нормального с учётом схемы движения теплоносителя (принимается по табл. 4.6);

$K_{\text{н}} -$ коэффициент теплопередачи радиатора при нормальных условиях, определяемый по формуле

$$K_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{н}}}{F \cdot 70}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}) \quad (4.3)$$

F - площадь наружной теплоотдающей поверхности радиатора, равная произведению количества секций N на площадь поверхности нагрева одной секции t , принимаемую по табл. 1.1.

4.4. Коэффициент теплопередачи радиатора K , Вт/(м² · °С), при условиях, отличных от нормальных, определяется по формуле

$$K = K_{\text{н}} \cdot (\Theta/70)^n \cdot c \cdot (M_{\text{пр}}/0,1)^m \cdot b \cdot \beta_3 = K_{\text{н}} \cdot (\Theta/70)^n \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot \beta_3 \quad (4.4)$$

4.5. Поскольку количество секций в радиаторах «Arbonia» при их общей высоте до 600 мм включительно обычно не менее 6, влиянием количества секций на теплоотдачу радиаторов при движении теплоносителя по схеме «снизу-вверх» можно пренебречь. Таким образом, поправочный коэффициент p используемый

обычно при расчёте теплового потока секционных и колончатых радиаторов, в данном случае принят равным 1 и не учитывается в формулах раздела 4.

4.6. Согласно результатам тепловых испытаний различных образцов радиаторов «Arbonia» с монтажной высотой от 300 и 570 мм значения показателей степени n и m коэффициента s зависят не только от исследованных диапазонов изменения Θ и $M_{пр}$, но также от высоты и даже длины прибора. Для упрощения инженерных расчётов без внесения заметной погрешности значения этих показателей, по возможности, были усреднены.

4.7. В разделе 5 дана примерная схема теплогидравлического расчёта этажного стояка системы отопления с радиатором «Arbonia».

Таблица 4.2

Усреднённые значения показателей степени n и m и коэффициента c при различных схемах движения теплоносителя в радиаторах

Схема движения теплоносителя	n	c	m
Сверху-вниз	0,3	1	0
Снизу-вниз	0,3	0,98	0,01
Снизу-вверх	0,33	0,9	0,07

Таблица 4.3

Поправочный коэффициент b , с помощью которого учитывается влияние расчётного атмосферного давления воздуха на тепловой поток радиатора

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 4.4

Значения коэффициента β_3 , учитывающего влияние числа секций в радиаторе на его тепловой поток при высоте радиаторов от 370 до 600 мм и количестве колонок по глубине от 2 до 4

Количество секций в радиаторе, шт.	4-6	7-8	9-15	16-24	25-34	35 и более
β_3	1,06	1,02	1	0,98	0,96	0,95

Таблица 4.5

Значения поправочного коэффициента φ_1 в зависимости от среднеарифметического температурного напора Θ между средней температурой теплоносителя в радиаторе и температурой воздуха в отапливаемом помещении при движении теплоносителя по схемам «сверху-вниз» и «снизу-вверх»

Θ , °C	φ_1 при схеме движения теплоносителя	
	«сверху-вниз», «снизу-вниз»	«снизу-вверх»
44	0,547	0,539
46	0,579	0,572
48	0,612	0,605
50	0,646	0,639
52	0,679	0,673
54	0,714	0,708
56	0,748	0,743
58	0,783	0,779
60	0,818	0,815
62	0,854	0,851
64	0,89	0,888
66	0,926	0,925
68	0,963	0,962
70	1,00	1,00
72	1,037	1,038
74	1,075	1,077
76	1,113	1,115

Θ , °C	φ_1 при схеме движения теплоносителя	
	«сверху-вниз», «снизу-вниз»	«снизу-вверх»
78	1,151	1,155
80	1,189	1,194
82	1,228	1,234
84	1,267	1,274
86	1,307	1,315
88	1,346	1,356
90	1,386	1,397
92	1,426	1,438
94	1,467	1,48
96	1,508	1,522
98	1,549	1,564
100	1,59	1,607
102	1,631	1,65
104	1,673	1,693
106	1,715	1,736
108	1,757	1,78
110	1,80	1,824

Таблица 4.6

Значения поправочного коэффициента φ_2 в зависимости от расхода теплоносителя $M_{пр}$ через радиатор при движении теплоносителя по схемам «снизу-вниз» и «снизу-вверх»

$M_{пр}$		φ_1 при схеме движения теплоносителя	
- кг/с	кг/ч	Снизу-вниз	Снизу-вверх
0,01	36	0,958	0,766
0,02	72	0,964	0,804
0,03	108	0,968	0,827
0,04	144	0,971	0,844
0,05	180	0,973	0,857
0,06	216	0,975	0,868
0,07	252	0,977	0,878
0,08	288	0,978	0,886
0,09	324	0,979	0,893
0,1	360	0,98	0,9
0,125	450	0,982	0,914
0,15	540	0,984	0,926
0,2	720	0,987	0,945
0,25	900	0,989	0,96
0,3	1080	0,991	0,972

5. ПРИМЕР РАСЧЁТА ЭТАЖЕСТОЯКА ОДНОТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Условия для расчёта

Требуется выполнить тепловой расчёт этажестояка вертикальной одно-трубной системы водяного отопления со стальным секционным трубчатым радиатором «Arbonia» монтажной высотой 500 мм (модель 3057). Радиатор установлен под окном на наружной стене без ниши на пятом этаже пятиэтажного здания, присоединён к стояку со смещённым замыкающим участком и термостатом RTD-G фирмы «Данфосс» на подводке к прибору. Схема движения теплоносителя "сверху-вниз".

Теплопотери помещения составляют 1200 Вт. Температура горячего теплоносителя на входе в стояк t_n условно принимается равной 105 °С (без учёта теплопотерь в магистрали), расчётный перепад температур по стояку $\Delta t_{ст}=35^{\circ}\text{C}$, температура воздуха в отапливаемом помещении $t_e=20^{\circ}\text{C}$, атмосферное давление воздуха 1013,3 гПа, т. е. $b=1$. Средний расход воды в стояке $M_{ст}=138 \text{ кг/ч}$ (0,038 кг/с).

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

Последовательность теплового расчёта

Тепловой поток прибора в расчётных условиях $Q_{пр}^{расч}$ определяется по формуле

$$Q_{пр}^{расч}=Q_{пот}-Q_{тр.п} \text{ Вт}, \quad (5.1)$$

где $Q_{пот}$ - теплопотери помещения при расчётных условиях, Вт;

$Q_{тр.п}$ - полезный тепловой поток от теплопроводов (труб), Вт.

Полезный тепловой поток теплопроводов принимается равным 90 % от общей теплоотдачи труб при прокладке их у наружных стен, и достигает 100 % при расположении стояков у вертикальных перегородок.

В нашем примере принимаем $Q_{тр.п}=0,9 Q_{тр}$,

$$\text{где} \quad Q_{тр}=q_{тр.в} \cdot L_{тр.в}+q_{тр.г} \cdot L_{тр.г}, \quad (5.2)$$

$q_{тр.в}$ и $q_{тр.г}$ - тепловые потоки 1 м открыто проложенных соответственно вертикальных и горизонтальных гладких труб, определяемые по приложению 3, Вт/м;

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

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

Полезный тепловой поток от труб $Q_{тр.п}$ определён при температурном напоре

$$\Theta_{ср.тр}=t_n - t_e=105-20=85^{\circ}\text{C},$$

где t_n - температура теплоносителя на входе в радиаторный узел, °C. По табл. 3.2 принимаем значение коэффициента затекания $\alpha_{пр}$ равным 0,23. Расход воды через прибор равен

$$M_{пр} = \alpha_{пр} \cdot M_{ст} = 0,23 \cdot 0,038 = 0,0087 \text{ кг/с.}$$

Перепад температур теплоносителя между входом в отопительный прибор и выходом из него $\Delta t_{пр}$ определяется по формуле

$$\Delta t_{пр} = \frac{Q_{пр}^{расч}}{C \cdot M_{пр}} = \frac{952}{4186,8 \cdot 0,0087} = 26,1^\circ\text{C} \quad (5.3)$$

где C - удельная теплоёмкость воды, равная 4186,8 Дж/(кг·°C);

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

Температурный напор Θ определяется по формуле (4.2).

$$\Theta = t_n - \frac{\Delta t_{пр}}{2} - t_e = 105 - 13,05 - 20 = 71,95^\circ\text{C}$$

Определяем предварительно, без учёта неизвестного нам пока значения коэффициента β_3 , требуемый тепловой поток прибора при нормальных условиях $Q_{пр.}^{ну.пред.}$ по формуле

$$Q_{пр.}^{ну.пред.} = \frac{Q_{пр}^{расч}}{\varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot b} = \frac{952}{1,036 \cdot 1 \cdot 1} = 919 \text{ Вт} \quad (5.4)$$

где φ_1 и φ_2 - безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. 4.5 и 4.6. Исходя из полученного значения $Q_{пр.}^{ну.пред.}$ определяем количество секций в приборе N по формуле

$$N = \frac{Q_{пр.}^{ну.пред.}}{q_{ну}} = \frac{919}{93,5} = 9,8 \text{ шт.} \quad (5.5)$$

В дальнейшем, принимая по табл. 4.4 β_3 , определяем предварительно принимаемое к установке количество секций $N_{уст}^{пред.}$ по формуле

$$N_{уст}^{пред.} = N : \beta_3 = 9,8 : 1 = 9,8 \text{ шт.} \quad (5.6)$$

С учётом нормированного [7] максимально допустимого уменьшения теплоотдачи радиатора в размере 5 % или не более чем на 50 Вт при нормальных условиях принимаем для установки $N_{уст} = 10$ секций. Поскольку при этом числе секций β_3 не меняется, дополнительные коррективы не вносятся. Окончательно принимаем к установке 10 секций радиатора модели 3057.

6. УКАЗАНИЯ ПО МОНТАЖУ СТАЛЬНЫХ СЕКЦИОННЫХ РАДИАТОРОВ «ARBONIA» И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

6.1. Монтаж стальных секционных радиаторов «Arbonia» производится согласно требованиям СНиП 3.05.01-85 "Внутренние санитарно-технические системы" [8], настоящих рекомендаций, а также рекомендаций [9] и [10].

6.2. Радиаторы поставляются согласно спецификации окрашенными, упакованными в полиэтиленовую плёнку и картонную коробку, в комплекте с глухими и проходными пробками.

6.3. Монтаж радиаторов производится в индивидуальной упаковке (полиэтиленовой плёнке), которая снимается после окончания отделочных работ.

6.4. Монтаж радиаторов ведётся только на подготовленных (оштукатуренных и окрашенных) поверхностях стен.

Минимальное количество кронштейнов в зависимости от модели радиатора и количества секций в нём принимается согласно табл. 6.1.

Варианты крепления радиаторов «Arbonia» показаны на рис. 6.1.

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

6.6. Монтаж радиаторов необходимо производить в следующем порядке:

- разметить места установки кронштейнов;
- закрепить кронштейны на стене дюбелями 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 условно горизонтальные части головок радиатора (между колонками секций) легли на крюки кронштейнов;
- соединить радиатор с подводящими теплопроводами системы отопления, оборудованными на нижней или верхней подводке краном, вентилем или термостатом;
- установить клапан для выпуска воздуха в верхней пробке (обычно с противоположной от боковых подводок стороны);
- после окончания отделочных работ снять упаковочную плёнку.

6.7. При монтаже следует избегать неправильной установки радиатора:

- слишком низкого его размещения, т.к. при зазоре между полом и низом радиатора, меньшем 70 мм, уменьшается эффективность теплообмена и затрудняется уборка под радиатором;
- установки радиатора вплотную к стене или с зазором, меньшим 20 мм (рекомендовано 20-50 мм), ухудшающей теплоотдачу прибора и вызывающей пылевые зализы (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.

Таблица 6.1

Минимальное количество кронштейнов

Модель радиатора	Количество секций радиаторов, шт.	Количество креплений, шт.	Модель радиатора	Количество секций радиаторов, шт.	Количество креплений, шт.
2019-2075	-25	2	4019-4075	26-45	3
	26-45	3		46-65	4
	46-65	4		66-85	5
	66-85	5	4090-4200	-25	2
2090-2200	-25	2		26-45	3
2250-2300	24-45	3	4250-4300	-25	2
	-25	2	5018-5075	-25	2
				26-45	4
3019-3075	-25	2		46-65	5
	26-45	3	5090-5200	-25	3
	46-65	4		26-45	4
	66-85	5	5250-5300	-25	3
3090-3200	-25	2	6018-6075	-25	2
	26-45	3		26-45	4
3250-3300	-25	2		46-65	5
4019-4075	-25	2			

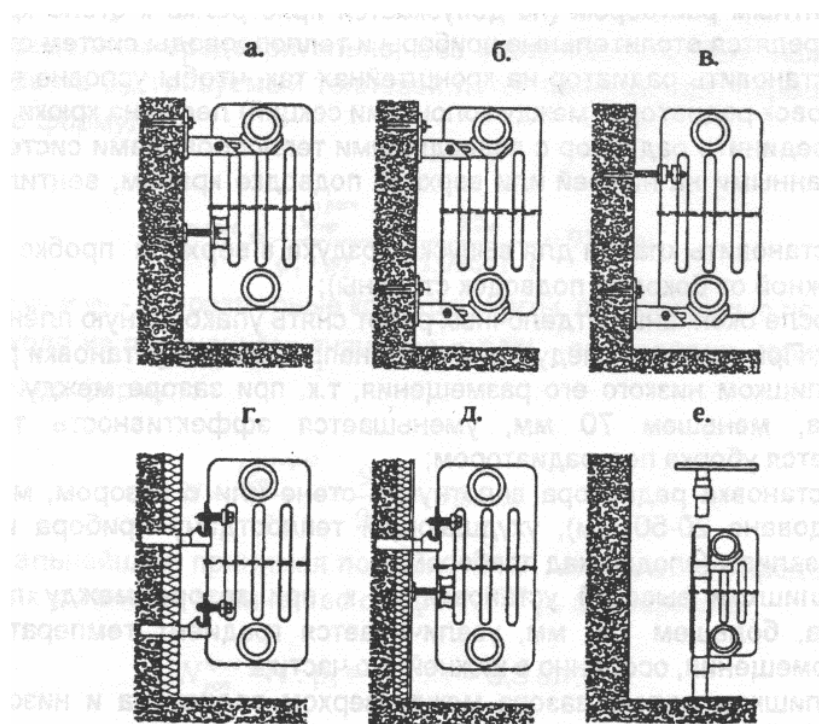


Рис. 6.1. Варианты крепления радиаторов «Arbonia» к ограждающим конструкциям:
а, б, в – деревянная, бетонная или кирпичная стена;
г, д – бетонная, кирпичная стена с теплоизоляцией;
е – установка на полу на стойках

6.8. Категорически запрещается дополнительная окраска радиатора "металлическими" красками (например, "серебрянкой") и воздуховыпускного отверстия воздухоотводчика.

6.9. В процессе эксплуатации следует производить очистку радиатора в начале отопительного сезона и 1-2 раза в течение отопительного периода.

6.10. При очистке радиаторов нельзя использовать абразивные материалы.

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

6.12. Не рекомендуется допускать полного перекрытия подвода теплоносителя к радиатору из системы отопления, особенно в летний период. Возможно отключение радиаторов только на период опрессовки системы отопления.

6.13. При использовании в качестве теплоносителя горячей воды её параметры должны соответствовать требованиям, приведённым в "Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации" РД 34.20.501-95 [11].

Содержание кислорода в воде систем отопления не должно превышать 0,02 мг/кг воды [12], а оптимальное значение pH находится в пределах 8,3-9,5.

6.14. При эксплуатации стальных радиаторов следует помнить, что они весьма чувствительны к качеству водоподготовки, особенно к содержанию в воде кислорода и загрязнений (шлама). Поэтому радиаторы «Arbonia» рекомендуется применять исключительно в независимых системах отопления с закрытыми расширительными сосудами, современными циркуляционными насосами, а также с устройствами для подпитки деаэрированной водой из водопровода или непосредственно из тепловой сети. Для уменьшения опасности подшламовой коррозии целесообразна установка дополнительных грязевиков, а при применении термостатов и автоматизированных воздухоотводчиков - ещё и фильтров, в том числе постоянных. Количество взвешенных веществ в воде не должно превышать 7 мг/л.

6.15. Избыточное давление теплоносителя, равное сумме максимально возможного напора насоса и гидростатического давления, не должно в рабочем режиме системы отопления превышать в любом радиаторе максимального рабочего давления. Минимальное давление при опрессовке системы отопления должно быть в 1.25 раза больше рабочего (п. 4.12 РД 34.20.501-95) [11]. 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%.

6.16. Каждый радиатор независимо от схемы обвязки теплопроводами рекомендуется оснащать воздухоотводчиком, установленным в одной из верхних пробок радиатора,

6.17. При выборе воздухоотводчиков предпочтение следует отдавать автоматическим воздухоотводчикам, но только при наличии грязевиков и фильтров (см. п.6.14). Установка этих воздухоотводчиков должна быть произведена таким образом, чтобы ход поплавка в нём осуществлялся только в вертикальной плоскости. Если это правило выполнить не удаётся, следует применять ручные воздухоотводчики.

6.18; Не рекомендуется опорожнять систему отопления со стальными радиаторами более, чем на 15 дней в году.

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

6.20. В системах, заполняемых антифризом, не допускается применение масляной краски для герметизации резьбовых соединений льном или пенькой. Рекомендуется для этой цели использовать эпоксидные эмали, а также эмали на основе растворов винилхлоридов, акриловых смол и акриловых сополимеров.

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

Среди используемых в России марок антифриза заслуживает внимания «DIXIS» поставляемой компанией ТАИМ.

7. 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 конвекторов без кожуха "Аккорд" и "Север"/ В.И.Сасин, Т.Н.Прокопенко, Б.В.Швецов, Л.А.Богацкая.- М.: НИИСантехники, 1990.
3. Методика определения номинального теплового потока отопительных приборов при теплоносителе воде/ Г.А.Бершидский, В.И.Сасин, В.А.Сотченко.- М.: НИИСантехники, 1984.
4. Кушнир В.Д., Сасин В.И. Гидравлические испытания отопительных приборов в условиях, близких к эксплуатационным/УСб.тр. НИИСантехники.- 1991.- вып. 65, с. 35-46.
5. СНиП 2.04.05-91, Отопление, вентиляция и кондиционирование. М., 1992.
6. МГСН 2.01-99. Энегросбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодозлектроснабжению. М., 1999.
7. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. 4.1. Отопление / Под редакцией И.Г.Староверова.- М.: Стройиздат, 1990.
8. СНиП 3.05.01-85, Внутренние санитарно-технические системы. М., 1986.
9. Исаев В.Н., Сасин В.И. Устройство и монтаж санитарно-технических систем зданий. М.: "Высшая школа", 1989.
10. Дунаева Г.И., Беляева Т.А. Лабораторный практикум по технологии санитарно-технических работ. М., 1987.
11. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации/ М-во топлива и энергетики РФ, РАО "ЕЭС России": РД 34,20.501-95.- 15-е изд., перераб. и доп.- М.: СПО ОРГРЭС, 1996.
12. Инженерное оборудование зданий и сооружений: Энциклопедия/Гл.ред. С.В.Яковлев.- М.; Стройиздат, 1994.

ПРИЛОЖЕНИЕ

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 ³ /ч		Удельное динамическое давление		Привден- ный коэф- фициент гидрав- личе- ского трения $\lambda/d_{вк},$ 1/м	Удельная характеристи- ка сопротивле- ния 1 м трубы	
Услов- ного прохо- да	Нару- жный "	Внут- ренний	кг/ч м/с	кг/ч м/с	$A \cdot 10^4$ $\frac{Pa}{(кг/ч)^2}$	$A \cdot 10^4$ $\frac{Pa}{(кг/ч)^2}$		$S \cdot 10^4,$ $\frac{Pa}{(кг/ч)^2}$	$S \cdot 10^{-4},$ $\frac{Pa}{(кг/ч)^2}$
10	17	12,6	425	0,118	26,50	3,43	3,5	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 Па = 0,102 кгс/м²; 1 Па/(кг/с)² = 0,788 10⁻⁸ (кгс/м²)/(кг/ч)²;
1 кгс/м² 9,80665 Па; 1 (кгс/м²)/(кг/ч)² 1,271*10⁻⁸ Па/(кг/с)².

2) При других скоростях воды, соответствующих обычно ламинарной и переходной зонам, значения приведенного 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 расчетов 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°С можно с допустимой для практических расчетов погрешностью (до 5%), определять, вводя поправочный коэффициент на неквадратичность φ_4 по формулам

$$S = S_T \cdot \varphi_4 \quad (П1.1)$$

$$\zeta' = \zeta'_4 \cdot \varphi_4 \quad (П1.2)$$

$$\zeta = \zeta_4 \cdot \varphi_4 \quad (П1.3)$$

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. П1.1 настоящего приложения).

Значения φ_4 определяются по таблице П1.2 в зависимости от диаметра условного прохода стальной трубы d_y , мм , и расхода горячей воды M со средней температурой от 80 до 90°С.

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

$$\varphi_{4(50)} = 1,5 \varphi_4 - 0,5 \quad (П1.4)$$

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

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

Продолжение приложения 1

Таблица П1.2

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

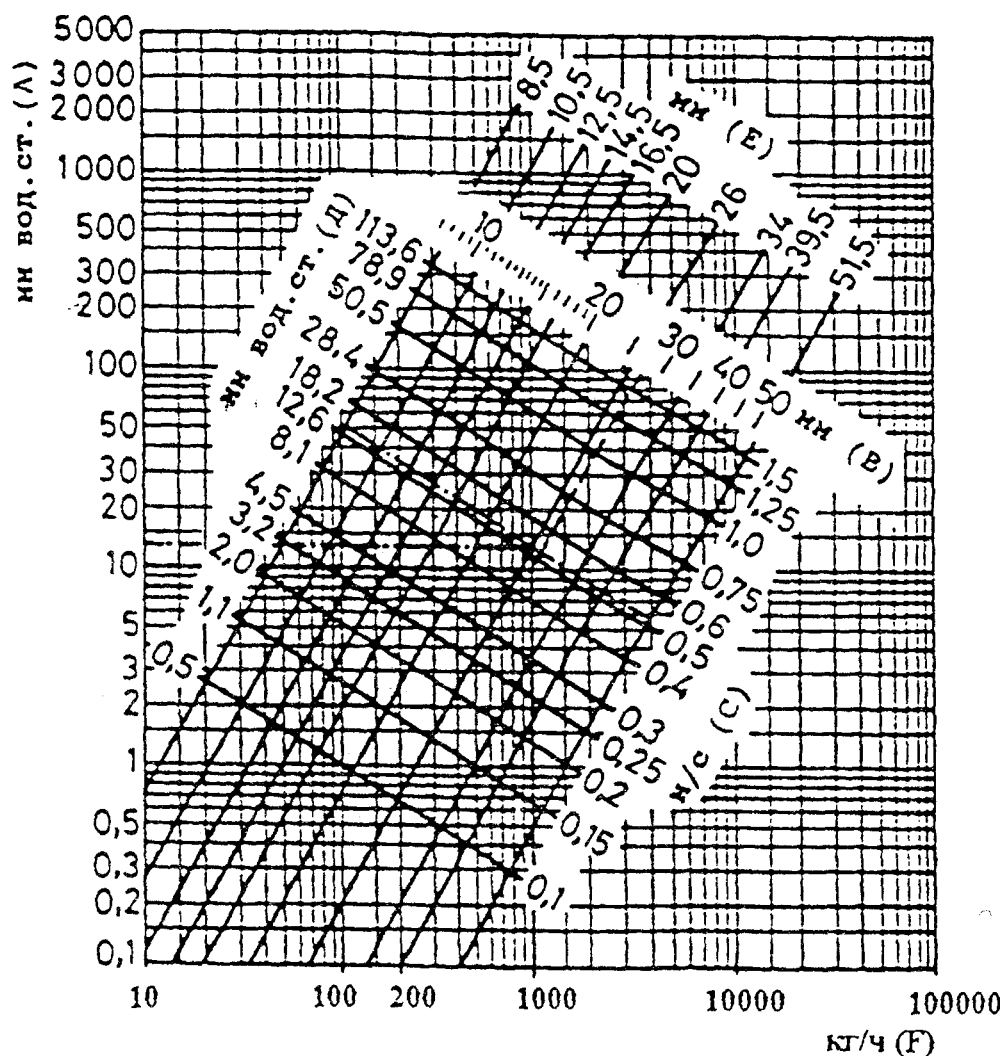
Продолжение приложения 1

Таблица П1.2

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
1,24	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	0,0625	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

Приложение 2

Номограмма для определения потери давления
в медных трубах в зависимости от расхода воды
при её температуре 40 °С



A - потери давления на трение в медных трубах длиной 1 м при температуре теплоносителя 40°C, мм вод. ст.;

B - внутренние диаметры медных труб, мм;

C - скорость воды в трубах, м/с;

D - потеря давления на местные сопротивления при коэффициенте сопротивления $\zeta=1$ и соответствующем внутреннем диаметре подводящей медной трубы, мм вод. ст.;

E - внутренние диаметры медных труб, характерные для западноевропейского рынка, мм;

F - расход воды через трубу, кг/ч.

При средней температуре воды 80°C на значения потери давления, найденные по настоящей номограмме, вводить поправочный множитель 0,88; при средней температуре 10°C - поправочный множитель 1.25.

Приложение 3

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

d_y , 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

Приложение 3

d _y , 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	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. Тепловой поток открыто проложенных горизонтальных труб, расположенных в нижней части помещения, принимается в среднем в 1,28 раза больше, чем вертикальных.
2. Полезный тепловой поток открыто проложенных труб учитывается в пределах 90-100% от значений, приведённых в данном приложении (в зависимости от места прокладки труб).
3. При определении теплового потока изолированных труб табличные значения теплового потока открыто проложенных труб умножаются на КПД изоляции (обычно в пределах 0,6-0,75).
4. При экранировании открытого стояка металлическим экраном общий тепловой поток вертикальных труб снижается в среднем на 25%.
5. При скрытой прокладке труб в глухой борозде общий тепловой поток снижается на 50%.
6. При скрытой прокладке труб в вентилируемой борозде общий тепловой поток уменьшается на 10%.
7. Общий тепловой поток одиночных труб, замоноличенных во внутренних перегородках из тяжёлого бетона ($\lambda_{\text{бет}} \geq 1,8 \text{ Вт/}^\circ\text{C}$, $\rho_{\text{бет}} \geq 2000 \text{ кг/м}^3$), 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).
8. Общий тепловой поток от одиночных труб в наружных ограждениях из тяжёлого бетона ($\lambda_{\text{бет}} \geq 1,8 \text{ Вт/}^\circ\text{C}$, $\rho_{\text{бет}} \geq 2000 \text{ кг/м}^3$) 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.

