

Научно-техническая фирма
ООО «ВИТАТЕРМ»

Утверждаю

Генеральный директор
НТФ ООО «Витатерм»



В. И. Сасин

15 августа 2012 г.

РЕКОМЕНДАЦИИ
по применению биметаллических
секционных отопительных радиаторов
«BILUX plus R»

Москва – 2012

Уважаемые коллеги!

Научно-техническая фирма ООО «Витатерм» предлагает вашему вниманию рекомендации по применению оригинальных биметаллических секционных радиаторов высокой надёжности «BILUX plus R», поставляемых на российский рынок ООО «Вирбель».

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., Швецов Б.В. 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. (495) 482–38–79, факс. (495) 482-38-67 и тел. (495) 918–58–95; e-mail: vitatherm@yandex.ru

Основные характеристики радиаторов «BILUX plus R»

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	3 30
Максимальная температура теплоносителя	°С	120
Монтажная высота радиаторов	мм	200, 300, 500
Количество секций в радиаторах, поставляемых потребителю в сборе по спецификации	шт.	от 4 до 12
Коэффициенты местного сопротивления при расходе теплоносителя 360 кг/ч, подводках d _y 15 мм (d _y 20 мм) и количестве секций в приборе 4 и более	–	2,6 (4,1)
Стандартный цвет покрытия – порошковая эмаль белого цвета RAL 9010		

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Основные технические характеристики биметаллических секционных радиаторов «BILUX plus R» и условия их применения	4
2. Гидравлический расчёт	11
3. Тепловой расчёт	19
4. Пример расчёта	23
5. Указания по монтажу биметаллических секционных радиаторов «BILUX plus R» 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> Номограмма для определения потери давления в медных трубах	32
<i>Приложение 3.</i> Тепловой поток 1 м открыто проложенных вертикальных гладких металлических труб, окрашенных масляной краской	33

1. Основные технические характеристики биметаллических секционных радиаторов «BILUX plus R» и условия их применения

1.1. Предлагаемые специалистам рекомендации по применению оригинальных биметаллических секционных радиаторов модели «BILUX plus R» разработаны Научно-технической фирмой ООО «Витатерм» на основе проведённых в отделе отопительных приборов и систем отопления ОАО «НИИсантехники» и в ООО «Витатерм» всесторонних испытаний образцов указанных радиаторов.

Образцы радиаторов «BILUX plus R» были представлены ООО «Вирбель».

Адрес и контактные телефоны: Россия, 105187, Москва, ул. Вольная, д. 39, строение 8; тел./факс (495) 783-92-93.

1.2. Рекомендации разработаны 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 использованы проспекты ООО «Вирбель».

1.3. Радиатор «BILUX plus R» (рис.1.1) – это полностью биметаллический радиатор высокого дизайна, разработанный «Climatic Control Corporation LLP» (Великобритания) при участии Научно-технической фирмы ООО «Витатерм», ООО «Вирбель» и ООО «Интерма». Разработка велась согласно ГОСТ 31311 [3] и стандарту АВОК 4.22-2006 [4] с учётом жёстких требований, предъявляемых к отопительным приборам при характерных условиях их эксплуатации на территории России. Радиатор воплощает в себе самые передовые достижения в сфере производства биметаллических отопительных приборов, а технология их изготовления была отработана с участием специалистов ООО «Интерма» и ООО «Вирбель».

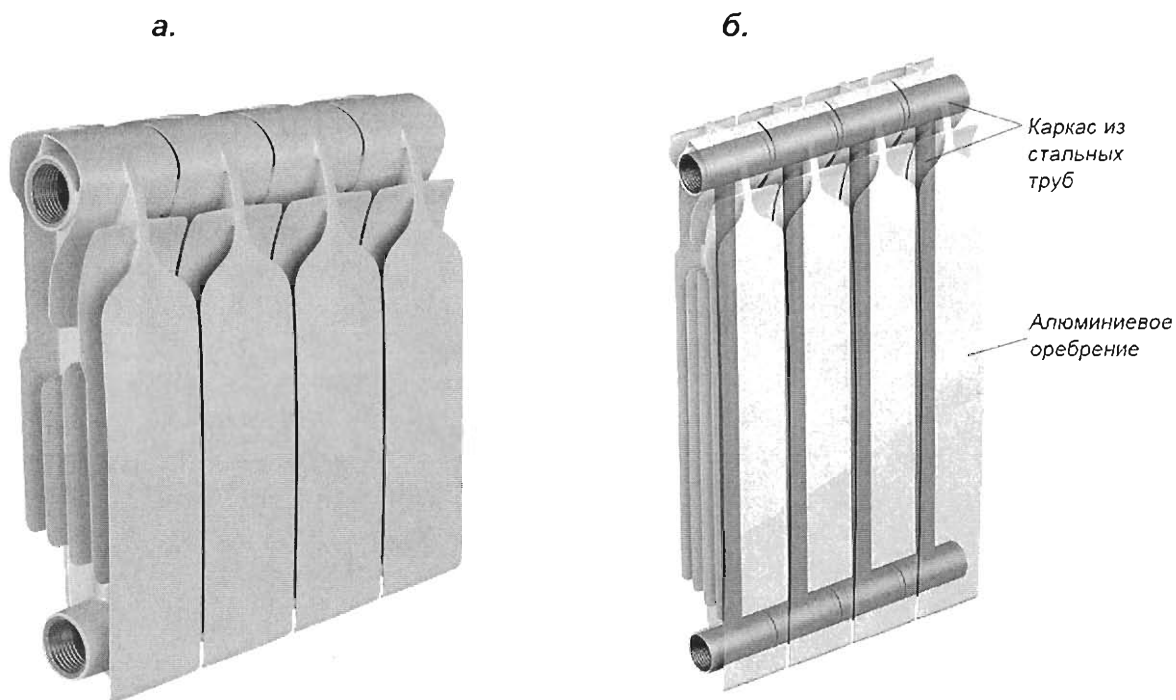


Рис. 1.1. Общий вид (а) и конструктивное устройство (б) радиатора «BILUX plus R»

1.4. Секция радиатора «BILUX plus R» состоит из стального закладного элемента (каркаса), омываемого изнутри теплоносителем, и наружного литого под высоким давлением оребрения из высококачественного алюминиевого сплава (рис. 1.16). Каркас изготовлен из стальных труб 20x1,8 мм, выполняющих роль вертикальных колонок для прохода теплоносителя, и электросварных цельнотянутых труб 38x3 мм, образующих горизонтальные коллекторы. Вертикальные трубы и коллекторы сварены между собой с перекрытием начала сварного шва (на 380°).

Специальная технология заливки стального каркаса секций алюминиевым сплавом под высоким давлением исключает образование воздушных карманов между сталью и алюминием, что обеспечивает высокую эффективность теплопередачи биметаллического радиатора и стабильность его тепловых показателей в период эксплуатации.

В радиаторах «BILUX plus R» **исключены контакт теплоносителя с алюминиевым сплавом и условия для электрохимической коррозии**, что обеспечивает **долговечность** прибора, а оригинальная форма головок и фронтальных рёбер секции (рис. 1.1 а) определяет **высокий дизайн и травмобезопасность** радиатора.

Оребрение из алюминиевого сплава и небольшой объём воды в приборе обеспечивают его **низкую инерционность** и, как следствие, **энергоэффективность**, а малая материалоемкость – **удобство и низкие затраты при транспортировке и монтаже радиаторов**.

1.5. Радиаторы «BILUX plus R» выпускаются трёх модификаций – с монтажной высотой 200 мм (артикул BILUX plus R 200), 300 мм (артикул BILUX plus R 300) и 500 мм (артикул BILUX plus R 500).

Все модификации радиатора предназначены для работы в системах отопления зданий различного назначения.

Параметры теплоносителя:

- максимальная температура - 120°C;
- максимальное рабочее избыточное давление **2 МПа (20 кг/см²)** при испытательном давлении не менее **3 МПа (30 кг/см²)**.

Качество теплоносителя (горячей воды) должно отвечать требованиям, изложенным в п. 4.8 «Правил технической эксплуатации ...» [5]. Тем не менее, оригинальная конструкция радиаторов «BILUX plus R» позволяет применять их и в тех случаях, когда требования к качеству теплоносителя [5] выполняются не полностью.

При оснащении системы отопления терморегулирующими клапанами (термостатами) рабочее и испытательное избыточные давления и максимальная температура теплоносителя определяются техническими параметрами термостатов и другой запорно-регулирующей арматуры, для которой предельные параметры теплоносителя обычно заметно ниже, чем для радиаторов «BILUX plus R».

1.6. Покраска секций радиатора осуществляется в несколько этапов, которые предусматривают предварительную подготовку поверхности прибора и сам процесс окрашивания в электростатической камере порошковой эмалью белого цвета RAL9010. Затем из окрашенных секций осуществляется сборка радиаторов.

1.7. Радиаторы поставляются в сборе по спецификации, окрашенными и упакованными в полиэтиленовую термоусадочную плёнку с защитными прокладками из картона. Потребителю радиаторы поставляются с количеством секций в приборе от 4 до 12 шт. при наличии спецификации, а при её отсутствии – по 5 или 6 секций в приборе. При наличии спецзаказа ООО «Вирбель» осуществляет сборку радиаторов и с большим количеством секций – до 20 секций в приборе.

Все комплектующие детали (переходники, заглушки, кронштейны и т.д.) поставляются по отдельному заказу согласно перечню, приведённому в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Комплектующие детали для радиаторов «BILUX plus»

Артикул	Наименование
GRBп42-1/2блс	Переходник D42 1"x1/2" белый левый (под силиконовую прокладку)
GRBп42-1/2бпс	Переходник D42 1"x1/2" белый правый (под силиконовую прокладку)
GRBп42-3/4блс	Переходник D42 1"x3/4" белый левый (под силиконовую прокладку)
GRBп42-3/4бпс	Переходник D42 1"x3/4" белый правый (под силиконовую прокладку)
GRBз42-1блс	Заглушка D42 1" белая левая (под силиконовую прокладку)
GRBз42-1бпс	Заглушка D42 1" белая правая (под силиконовую прокладку)
GRпс	Прокладка «O-ring» (силикон)
GRкв-1/2нпс	Клапан для удаления воздуха D24-1/2" никелированный правый («O-ring»)
GRкмн1- 1/2-1	Ключ монтажный 1" – 1/2"– 1" (нейлон)
GRнкб	Кронштейн для напольного крепления радиатора, белый
GRкаб	Кронштейн анкерный белый с дюбелем
GRкаб-СА	Кронштейн анкерный «САБЛЯ», белый с дюбелем
GRкнб	Кронштейн накладной, белый
GRBк42Б 1/2	Универсальный комплект D42 1"x1/2" для подсоединения радиатора «BILUX plus R»
GRBк42Б 3/4	Универсальный комплект D42 1"x3/4" для подсоединения радиатора «BILUX plus R»

В универсальные комплекты для присоединения радиаторов (рис. 1.2) входят:

- переходники D42 1"x1/2" или D42 1"x3/4" – 2 шт. левых и 2 шт. правых;
- заглушка D1/2" или D3/4" – 1 шт.;
- воздушный клапан D1/2" или D3/4" – 1 шт.;
- ключ для воздушного клапана – 1 шт.;
- кронштейны анкерные (с дюбелями) – 3 шт.

1.8. Все радиаторы модели «BILUX plus R» имеют гарантию 10 лет при условии использования перечисленных выше оригинальных комплектующих, предлагаемых ООО «Вирбель», а также соблюдения правил монтажа и эксплуатации согласно соответствующим рекомендациям ООО «Витатерм» и ООО «Вирбель».

1.9. Радиаторы крепятся на стене с помощью верхних и нижних кронштейнов: при количестве секций до 10 - 2 верхних кронштейна и 1 нижний; 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. При использовании универсальных монтажных комплектов следует заказывать дополнительно к комплекту как минимум один кронштейн (при количестве секций до 10 шт.).

1.10. Технические характеристики и габаритные размеры секций биметаллических радиаторов «BILUX plus R» представлены в табл. 1.2 и на рис. 1.3.

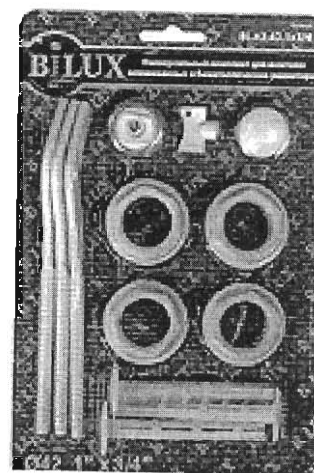


Рис. 1.2. Монтажный комплект

Таблица 1.2. Основные технические характеристики секций биметаллических радиаторов «BILUX plus R»

Наименование показателей и их размерность	Значения показателей для моделей радиаторов		
	BILUX plus R 200	BILUX plus R 300	BILUX plus R 500
Габаритные размеры, мм:			
монтажная высота H_m	200	300	500
высота H	251	365	563
глубина	90,8	79-85	79-85
длина	80	80	80
Номинальный тепловой поток $q_{ну}$, Вт	82	104	160
Теплоплотность (по длине секции), Вт/м	1025	1300	2000
Площадь наружной поверхности f_c , м ²	0,151	0,23	0,388
Кэффициент теплопередачи при нормальных условиях $K_{ну}$, Вт/(м ² ·°С)	7076	6,46	5,89
Масса (без учёта массы пробок), не более, кг	1,22	1,45	1,93
Удельная масса (без учёта массы пробок), не более, кг/кВт	14,9	14,0	12,1
Объём воды, л	0,157	0,178	0,22

1.11. 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.).

1.12. Гидравлические характеристики радиаторов «BILUX plus R» получены при подводках условным диаметром 15 и 20 мм и представлены в разделе 2 настоящих рекомендаций.

1.13. При заказе радиаторов «BILUX plus R» достаточно указать их название («BILUX plus R»), затем монтажную высоту в мм и количество секций в приборе. Например, радиатор биметаллический секционный «BILUX plus R» с монтажной высотой 500 мм и с количеством секций 10: **BILUX plus R 500-10**.

1.14. Радиаторы «BILUX plus R» сертифицированы в России в системе ГОСТ Р.

1.15. ООО «Вирбель» постоянно работает над совершенствованием своих отопительных приборов, в том числе с учётом рекомендаций ООО «Витатерм», 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.

1.16. Биметаллические секционные радиаторы «BILUX plus R» предназначены, как указывалось, для применения в самых различных системах отопления с

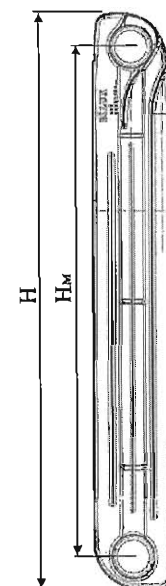


Рис. 1.3. Секция радиатора «BILUX plus R»

рабочим избыточным давлением теплоносителя до 2 МПа как с искусственной, так и с естественной циркуляцией.

1.17. Радиаторы в отапливаемом 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.

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

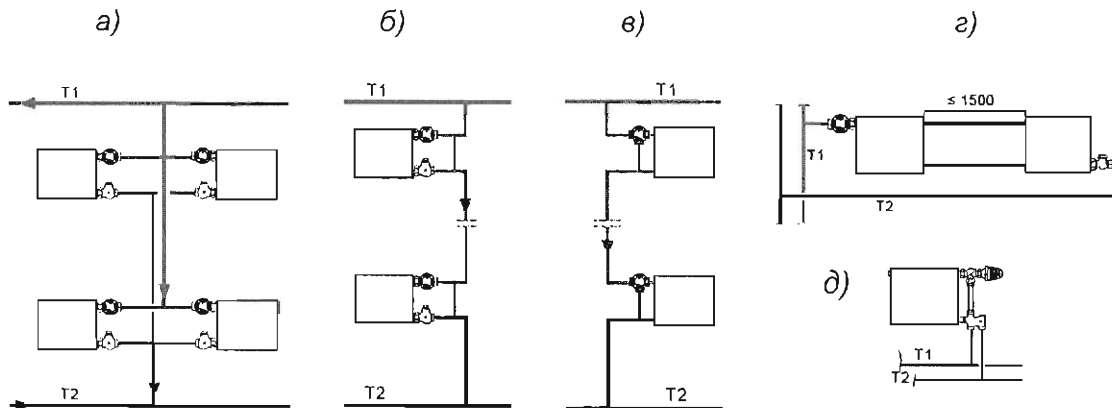


Рис. 1.4. Схемы систем водяного отопления с биметаллическими секционными радиаторами «BILUX plus R»

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

По данным ООО «Витатерм» при полном закрытии регулирующей арматуры, установленной только на верхней боковой подводке, остаточная теплоотдача радиатора 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, б).

Отметим, что указанные довольно высокие проценты остаточной теплоотдачи характерны для однотрубных систем отопления со смещёнными замыкающими участками, близкорасположенными к отопительным приборам. Однако и в двухтрубных системах обратный стояк также зачастую близок к прибору, а некоторое снижение доли остаточной теплоотдачи объясняется несколько меньшей температурой обратного теплоносителя. Поэтому при необходимости обеспечить глубокую степень регулирования теплового потока «борьба» с остаточной теплоотдачей приборов актуальна как при однотрубной, так и при двухтрубной системе отопления.

В современной практике обвязки отопительных приборов наиболее часто предусматривается установка запорной арматуры на обеих (а не на одной) подводках. Обычно для этой цели используются шаровые краны с учётом того факта, что термостат не является запорной арматурой. Особо подчеркнём, что **установка любой запорно-регулирующей арматуры на замыкающих**

участках в однотрубных системах отопления **категорически не допускается.**

В последние годы в двухтрубных системах часто применяется схема обвязки отопительных приборов, предусматривающая установку на верхней подводке последовательно (от стояка) запорной арматуры (обычно шарового крана) и простейшего термостата без монтажной преднастройки. В этом случае на нижней подводке монтируются специальные клапаны, обеспечивающие отключение отопительного прибора. Некоторые модификации клапанов позволяют осуществлять опорожнение прибора без слива воды из стояка или системы, а в ряде случаев дают возможность проводить монтажную гидравлическую преднастройку. Эти клапаны (типа RL-5, Combi 2 и т.п.) выполняют и роль циркуляционных тормозов. Применение специальных клапанов рекомендуется только при условии соответствия теплоносителя нормам по его загрязнению [5]. В ряде случаев для обеспечения простого демонтажа приборов, подключённых по схемам рис. 1.3, используются быстроразъёмные муфты.

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 более 18, а в гравитационных системах - более 10, рекомендуется применять разностороннюю (диагональную) схему присоединения (рис. 1.5).

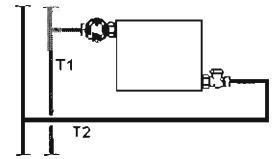


Рис.1.5

Радиаторы «BILUX plus R» могут применяться в горизонтальных системах отопления с нижним подсоединением (рис. 1.4д). В этом случае, например, могут быть использованы гарнитуры бокового подсоединения.

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.

В случае размещения термостатов в нишах для отопительных приборов или перекрытия их декоративными экранами и занавесками необходимо предусмотреть установку термостатического элемента с выносным датчиком (рис.1.6). На схеме 1.6а показан термостатический элемент с выносным датчиком и капиллярной трубкой, на схеме 1.6б – термостатический элемент с выносной регулировкой и на схеме 1.6в – электронный термостатический элемент (термопривод).

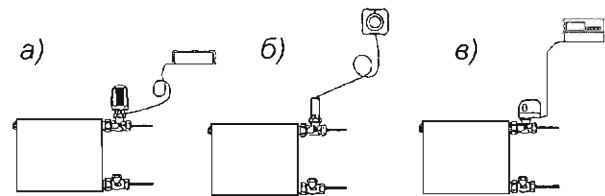


Рис. 1.6.

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

1.20. Для нормальной работы системы отопления стояки должны быть оснащены запорно-регулирующей арматурой, обеспечивающей необходимые расходы теплоносителя по стоякам в течение всего отопительного периода и спуск воды из них при необходимости. Для этих целей могут быть использованы, например, регуляторы перепада давления (рис. 1.7 а) или расхода (рис. 1.7 б).

Обращаем внимание, что различные виды арматуры устанавливаются на подводках, стояках и магистралях, как правило, с учётом направления движения теплоносителя, указанного стрелкой на корпусе арматуры (см. рис. 1.7б).

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

1.22. На рис. 1.8 показана схема поквартирной двухтрубной системы отопления с плинтусной (периметральной) разводкой теплопроводов по квартире. В отечественной практике используется также и лучевая разводка теплопроводов от общего для квартиры распределительного коллектора.

Для уменьшения бесполезных теплотерь стояки размещаются вдоль внутренних стен здания, например, на лестничных клетках. Они подводят теплоноситель к поквартирным распределительным коллекторам. Для разводки обычно используют защищённые от наружной коррозии теплопроводы.

Применяются также теплопроводы из термостойких полимеров, например, из полипропиленовых комбинированных труб со стабилизирующей алюминиевой оболочкой 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 по специальной технологии по всей площади пола. При плинтусной прокладке обычно используются специальные декорирующие плинтусы заводского изготовления (обычно из полимерных материалов).

1.23. ООО «Витатерм» не несёт ответственности за какие-либо ошибки в каталогах или других печатных материалах, в которых заимствованы материалы настоящих рекомендаций, без согласования с их разработчиками.

1.24. Цена на радиаторы договорная. Справки о ценах можно получить по телефону, указанному в п. 1.2 настоящих рекомендаций.

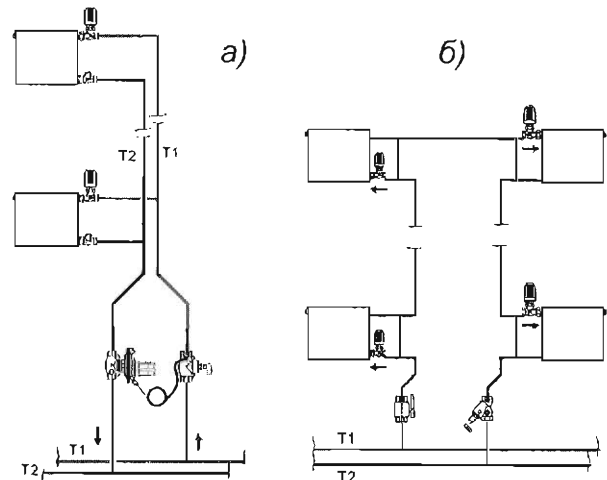


Рис. 1.7. Схемы установки арматуры на двухтрубном (а) и однотрубном (б) стояках: (положение термостатических элементов на схемах показано условно)

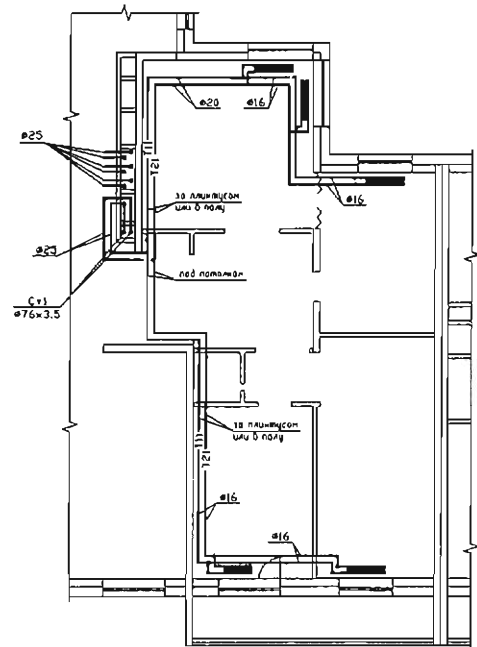


Рис. 1.8. Схема поквартирной двухтрубной системы отопления

2. Гидравлический расчёт

2.1. Гидравлический расчёт проводится по существующим методикам с применением основных расчётных зависимостей, изложенных в нормативной и справочно-информационной литературе [8] и [9], с учётом данных, приведённых в настоящих рекомендациях.

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

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

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);

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

λ - коэффициент трения;

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

$\lambda/d_{\text{вн}}$ - 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 - массный 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 [10]. Она позволяет определять значения приведённых коэффициентов местного сопротивления $\zeta_{\text{ну}}$ и характеристик сопротивления $S_{\text{ну}}$ 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 [10], в среднем соответствуют трёх-летнему сроку работы приборов в отечественных системах отопления.

Поскольку зависимость гидравлических характеристик отопительных приборов и элементов систем отопления от расхода теплоносителя не является квадратичной, в настоящих рекомендациях эти показатели приведены при двух характерных расходах теплоносителя через прибор: при 0,1 кг/с (360 кг/ч) и при 0,02 кг/с (72 кг/ч). Промежуточные значения могут быть получены путём интерполяции с допустимой для практических расчётов погрешностью.

2.3. При гидравлических испытаниях радиаторов «BILUX plus R» всех представленных в настоящих рекомендациях высот было установлено, что их гидрав-

лические характеристики практически совпадают и мало зависят от монтажной высоты прибора и его длины при количестве секций 3 и более.

В табл. 2.1 приведены гидравлические характеристики радиаторов «BILUX plus R» при боковом подключении патрубков с условным диаметром 15 и 20 мм.

Таблица 2.1. Усреднённые гидравлические характеристики биметаллических радиаторов «BILUX plus R 200», «BILUX plus R 300» и «BILUX plus R 500»

Схема движения теплоносителя	Количество секций в радиаторе, шт.	Коэффициент местного сопротивления ζ при условном диаметре подводок		Характеристика сопротивления $S \cdot 10^{-4}$, Па/(кг/с) ² , при условном диаметре подводок	
		$d_y=15$ мм	$d_y=20$ мм	$d_y=15$ мм	$d_y=20$ мм
При $M_{np} = 0,1$ кг/с (360 кг/ч)					
«сверху-вниз» и «снизу-вверх»	3	2,5	4	3,425	1,65
	4 и более	2,4	3,9	3,29	1,61
«снизу-вниз»	5 – 20	2,6	4,1	3,56	1,69
При $M_{np} = 0,02$ кг/с (72 кг/ч)					
«сверху-вниз» и «снизу-вверх»	3	3,9	5,1	5,34	2,1
	4 и более	3,8	5	5,21	2,06
«снизу-вниз»	5 – 20	4	5,2	5,48	2,14

2.4. Согласно СНиП [11] отопительные приборы в жилых помещениях должны, как правило, оснащаться термостатами, т.е. при соответствующем обосновании возможно применение ручной регулирующей арматуры. Отметим, что МГСН 2.01-99 [12] более жёстко требуют установку термостатов у отопительных приборов.

Для ручного регулирования теплового потока радиаторов используют краны по ГОСТ 10944-97, краны для ручной регулировки фирм «HERZ Armaturen» (Австрия), «Данфосс» (Россия), «Сомар» (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 однотрубных 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 2K (2°C). Настройка на режим 2K означает, что терморегулятор частично прикрыт и в случае отклонения заданной температуры воздуха в отапливаемом помещении в пределах 2K (2°C) он перекрывает движение воды в подводящем теплопроводе. В ряде случа-

ев ведётся более точная настройка на 0,5K (0,5°C) или на 1K (1°C), а иногда допускается настройка на 3K (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 2K 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 однотрубных систем отопления при настройке на режимы 0,5K, 1K, 2K или 3K, а также при полностью открытом клапане.

На рис. 2.4 указаны зоны настройки терморегуляторов фирмы «Heimeier» на 1K или 2K при условном диаметре подводов 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.

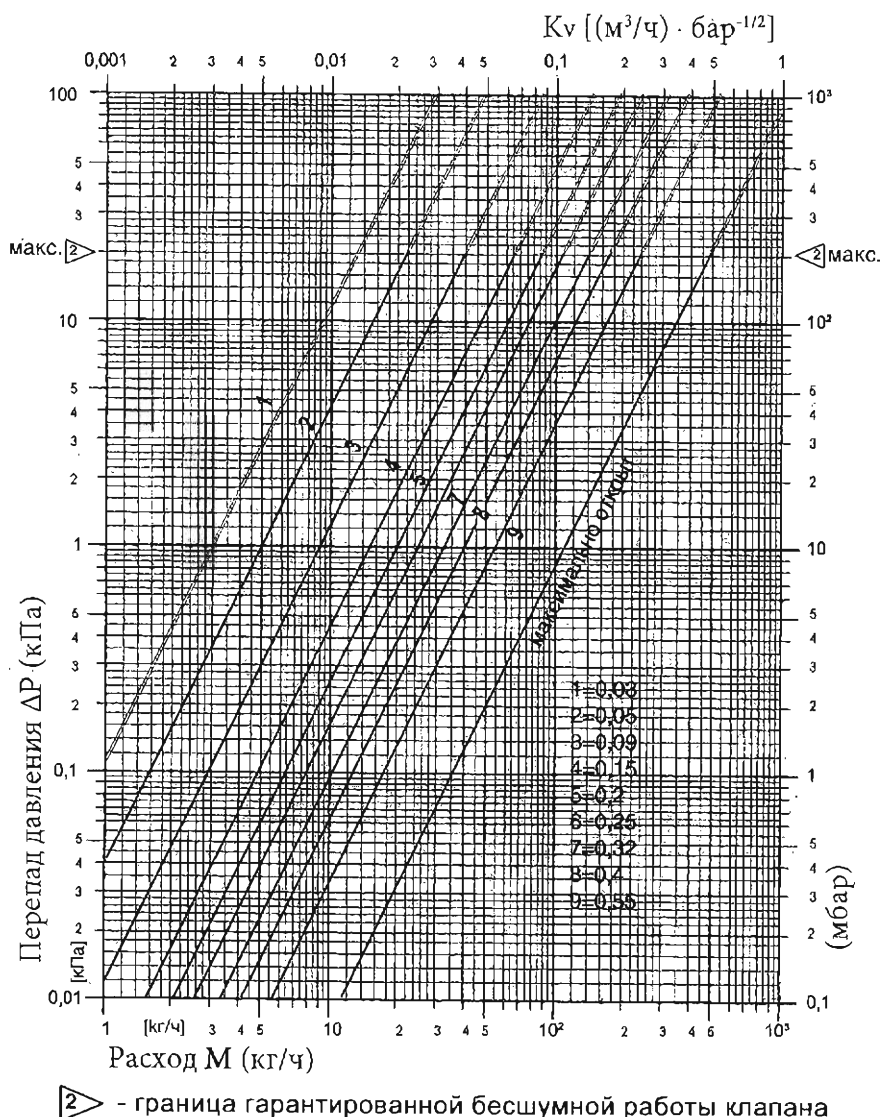


Рис. 2.1. Усреднённые гидравлические характеристики терморегуляторов «HERZ-TS-90-V» с присоединительными размерами 3/8", 1/2" и 3/4" с настройкой на режим 2K (2°C) и при полном открытии клапана

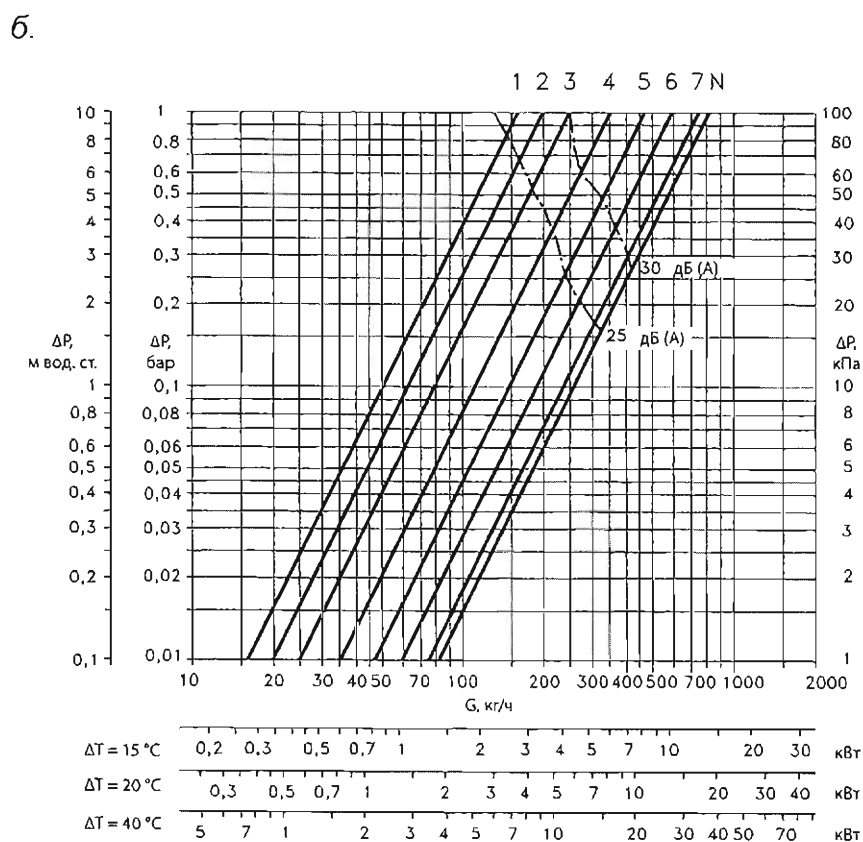
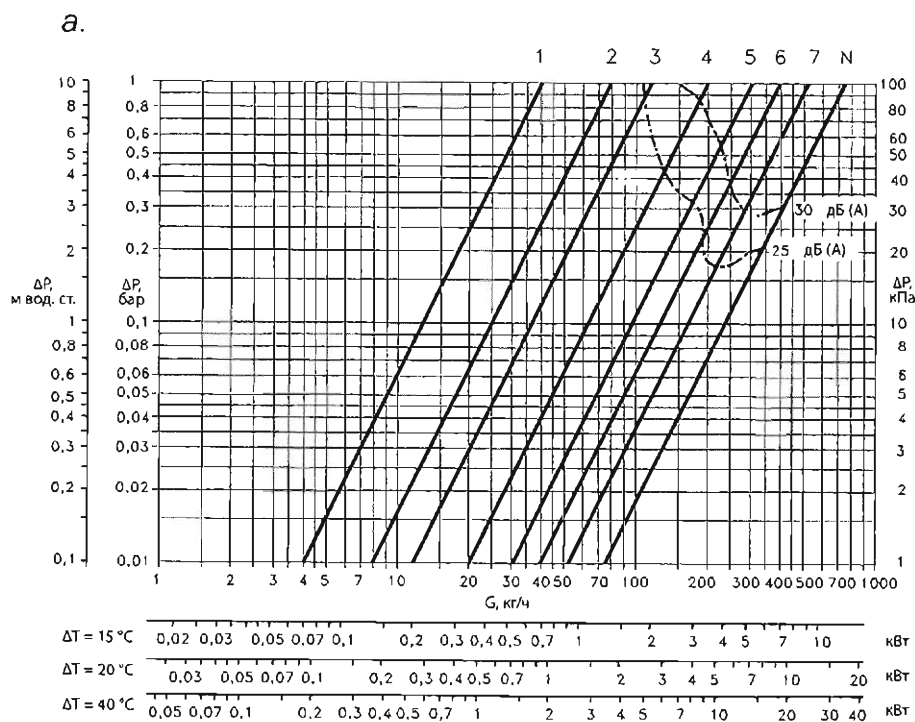


Рис. 2.2. Гидравлические характеристики терморегуляторов фирмы «Данфосс» RA-N 15 (а) и RA-N 20/25 (б), предназначенных для двухтрубных систем отопления (при различных уровнях монтажной настройки клапана)

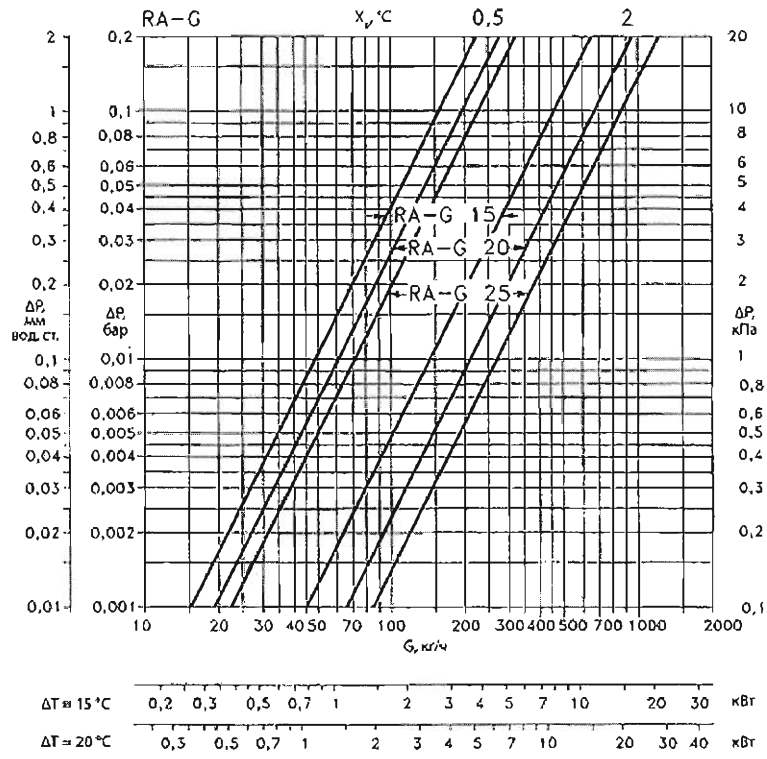


Рис. 2.3. Гидравлические характеристики терморегуляторов пониженного сопротивления фирмы «Данфосс» RA-G при настройке на режимы 0,5К (слева) и 2К (справа)

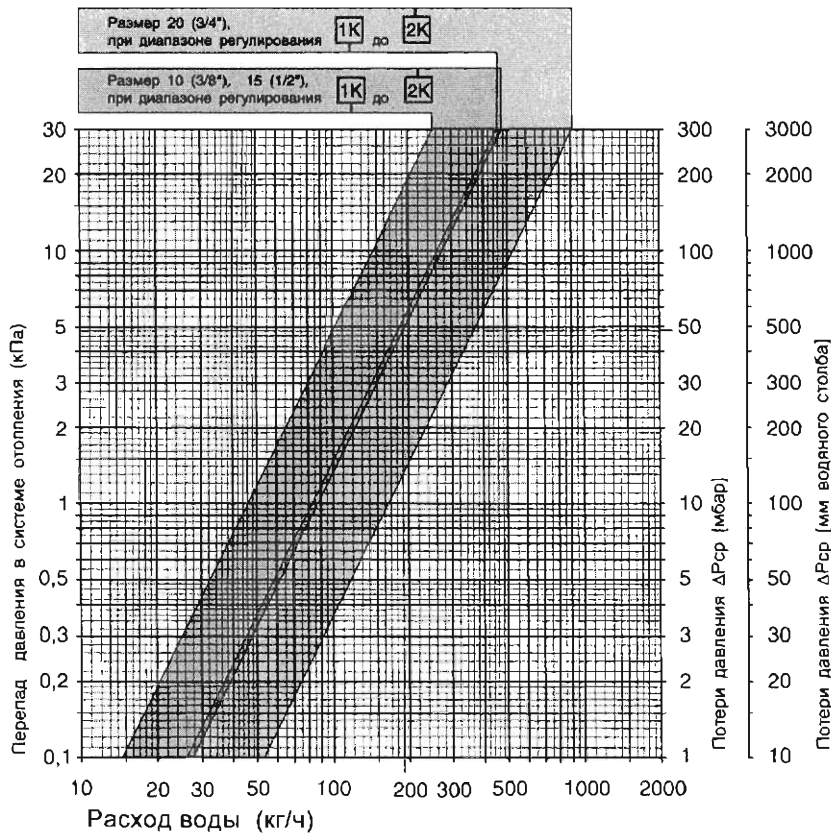


Рис. 2.4. Характеристики терморегуляторов уменьшенного гидравлического сопротивления фирмы «Heimeier»

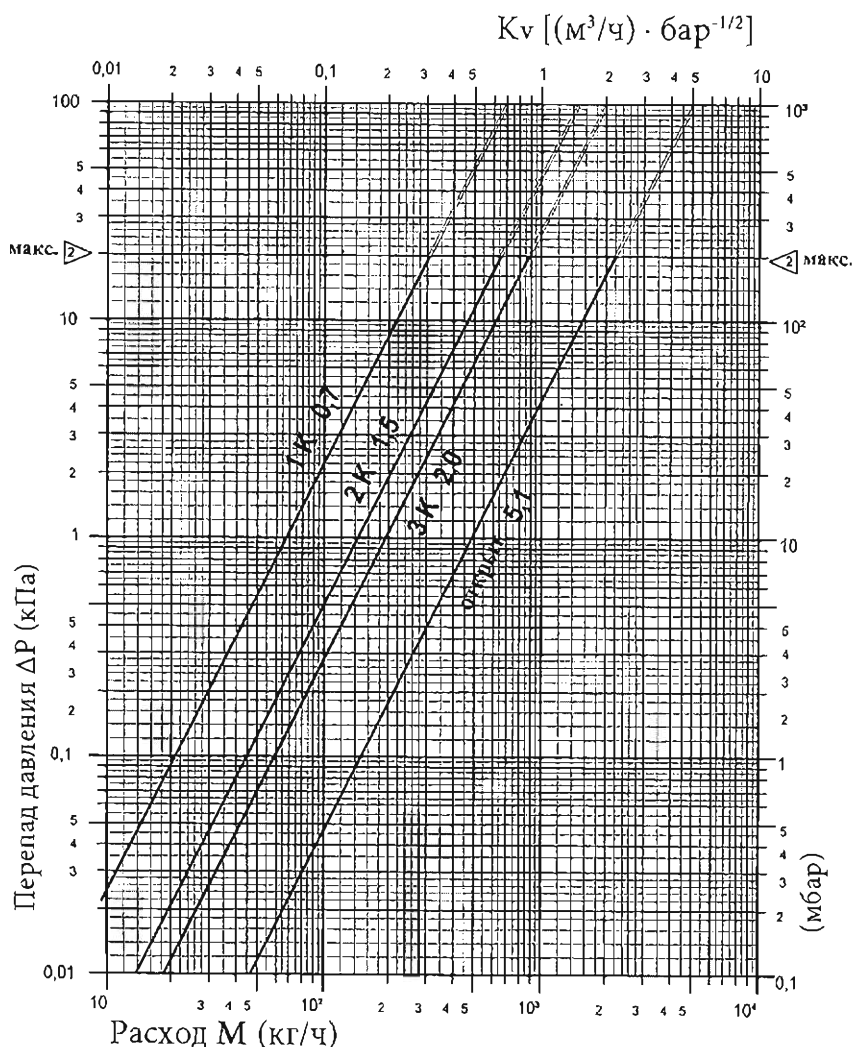


Рис. 2.5. Гидравлические характеристики терморегуляторов «HERZ-TS-E» при различных режимах настройки

В однотрубных системах отопления с представленными в настоящих рекомендациях секционными радиаторами «BILUX plus R» 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.

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 $[(m^3/h) \cdot \text{бар}^{-1/2}]$. Для однотрубных систем отопления рекомендуется применять терморегуляторы с $K_v \geq 1,2$ [13].

При определении K_v в первом приближении принимали, что 1 м^3 воды характеризуется массой в 1 тонну. В общем случае более корректно вместо «объёмного» расходного коэффициента K_v принимать обозначение массного расходного коэффициента K_M с размерностью $[(\text{т/ч}) \cdot \text{бар}^{-1/2}]$.

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°C) 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 регуливающей 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 $1\text{--}2^\circ\text{C}$ (при настройке терморегулятора на режим 2К).

2.7. Гидравлические характеристики отопительного прибора и подводящих теплопроводов с регуливающей арматурой в однотрубных системах отопления с замыкающими участками определяют коэффициент затекания α_{np} , 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_{np} , кг/с, определяется зависимостью

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

где α_{np} - 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 «BILUX plus R» при различных сочетаниях диаметров труб стояков ($d_{ст}$), смещённых замыкающих участков ($d_{з\у}$) и подводящих теплопроводов ($d_{п}$) узлов присоединения радиаторов в однотрубных системах отопления при установке терморегуляторов на подводке представлены в табл. 2.2.

Значения α_{np} при установке терморегуляторов определены при настройке их на режим 2К (2°C) и расходах теплоносителя в стояке 240-540 кг/ч.

Таблица 2.2. Усреднённые значения коэффициентов затекания α_{np} узлов однотрубных систем водяного отопления с радиаторами «BILUX plus R»

Фирма-изготовитель и тип регулирующей арматуры	Значения α_{np} при сочетании диаметров труб радиаторного узла $d_{ст} \times d_{з\у} \times d_{п}$ (мм)		
	15x15x15	20x15x15	20x15x20
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», в среднем для типов AZ и AV, с жидкостным датчиком при $X_p=0,44$ мм	0,21	0,175	0,22
Фирма «Heimeier», специальный термостат с жидкостным датчиком при $X_p=0,44$ мм	0,22	0,185	0,24

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, медных - по приложению 2.

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], [9], [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 в зависимости от типа радиатора по табл. 3.1, а второй - β_2 определяется долей увеличения теплопотерь через радиаторный участок и принимается в зависимости от типа наружного ограждения также согласно данным табл. 3.1.

Таблица 3.1. Значения поправочных коэффициентов β_1 и β_2

Тип радиатора	Высота радиатора, мм	Средний номенклатурный шаг, Вт	β_1	β_2 при установке	
				у наружной стены	у наружного остекления
BILUX plus R 200	251	82	1,015	1,018	1,065
BILUX plus R 300	365	104	1,025		
BILUX plus R 500	563	160	1,035		

3.3. При подборе радиаторов, оснащённых автоматическими термостатами, 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 [8], [9], следует увеличивать в 1,15 раза для помещений, в которых устанавливаются радиаторы с такими терморегуляторами [4], [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 (принимается по табл. 1.2 с учётом разъяснения в п. 1.11), Вт;

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

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

здесь

t_n 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_a , °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 нормированных температурном напоре, расходе теплоносителя и атмосферном давлении (принимается по табл. 3.2);

n и m - эмпирические показатели степени соответственно при относительных температурном напоре в пределах 40-110°С и расходе теплоносителя через отопительный прибор в пределах 54-540 кг/ч (принимаются по таб. 3.2);

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. 3.3);

β_3 - безразмерный поправочный коэффициент, характеризующий зависимость теплопередачи радиатора от количества секций в нём при любых схемах движения теплоносителя (принимается по табл. 3.4);

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. 3.5); 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. 3.6);

$\varphi_2 = (M_{np}/0,1)^m$ - 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

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

где $F = f \cdot N$ - площадь наружной теплоотдающей поверхности радиатора, м² (значения f , м², принимается по табл. 1.2), N - количество секций в радиаторе, шт.

3.5. Коэффициент теплопередачи радиатора K , Вт/(м²·°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 «BILUX plus R» значения показателей степени n и m и коэффициента c зависят не только от исследованных диапазонов изменения Θ и M_{np} , но также от высоты и длины прибора. Для упрощения инженерных расчётов без внесения заметной погрешности значения этих показателей, по возможности, были усреднены для всех типов радиаторов при исследованиях в пределах значений M_{np} 54-540 кг/ч. 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 осталь-

ным 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. 3.5.

Таблица 3.2. Значения показателей степени n и m и коэффициента c

Тип радиатора	Схема движения теплоносителя	n	m	c	p
BILUX plus R 200	Сверху-вниз	0,3	0,015	1	1
	Снизу-вверх	0,33	0,15	0,84	См. табл. 3.5
	Снизу-вниз	0,3	0,015	0,95	1
BILUX plus R 300	Сверху-вниз	0,3	0,015	1	1
	Снизу-вверх	0,33	0,15	0,88	См. табл. 3.5
	Снизу-вниз	0,3	0,015	0,95	1
BILUX plus R 500	Сверху-вниз	0,3	0,015	1	1
	Снизу-вверх	0,33	0,15	0,92	См. табл. 3.5
	Снизу-вниз	0,3	0,015	0,95	1

Таблица 3.3. 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 3.4. Усреднённые значения коэффициента β_3 , учитывающего влияние количества секций в радиаторе на его тепловой поток

Тип радиатора	Значения β_3 при количестве секций в радиаторе					
	3	4	5 – 7	8 – 10	11 – 15	16 и более
BILUX plus R 200	1,02	1,016	1,013	1,01	1	0,97
BILUX plus R 300	1,02	1,013	1,01	1	0,97	0,96
BILUX plus R 500	1,03	1,015	1	0,98	0,97	0,95

Таблица 3.5. Усреднённые значения поправочного коэффициента p при движении теплоносителя по схеме «снизу-вверх»

Тип радиатора	Значения p при количестве секций в радиаторе			
	3	4	5	6 и более
BILUX plus R 200	1,05	1,04	1,03	1
BILUX plus R 300	1,04	1,03	1,02	1
BILUX plus R 500	1,035	1,025	1,015	1

Таблица 3.6. Значения поправочного коэффициента φ_1

$\Theta, ^\circ\text{C}$	φ_1 при схеме движения теплоносителя		$\Theta, ^\circ\text{C}$	φ_1 при схеме движения теплоносителя	
	Сверху-вниз и снизу-вниз	Снизу-вверх		Сверху-вниз и снизу-вниз	Снизу-вверх
44	0,547	0,539	78	1,151	1,155
46	0,579	0,572	80	1,19	1,194
48	0,612	0,605	82	1,228	1,234
50	0,646	0,639	84	1,267	1,274
52	0,679	0,673	86	1,307	1,315
54	0,714	0,708	88	1,346	1,356
56	0,748	0,743	90	1,386	1,397
58	0,783	0,779	92	1,427	1,438
60	0,818	0,815	94	1,467	1,48
62	0,854	0,851	96	1,508	1,522
64	0,89	0,888	98	1,549	1,564
66	0,926	0,925	100	1,59	1,607
68	0,963	0,962	102	1,631	1,65
70	1	1	104	1,673	1,693
72	1,037	1,038	106	1,715	1,737
74	1,075	1,077	108	1,757	1,78
76	1,113	1,116	110	1,8	1,824

Таблица 3.7. Значения поправочного коэффициента φ_2

$M_{\text{пр}}$		φ_2 для схеме движения теплоносителя		$M_{\text{пр}}$		φ_2 для схеме движения теплоносителя	
кг/с	кг/ч	Сверху-вниз и снизу-вверх	Снизу-вниз	кг/с	кг/ч	Сверху-вниз и снизу-вверх	Снизу-вниз
0,015	54	0,972	0,752	0,07	252	0,995	0,948
0,02	72	0,976	0,786	0,08	288	0,997	0,967
0,03	108	0,982	0,835	0,09	324	0,998	0,985
0,04	144	0,986	0,872	0,1	360	1	1
0,05	180	0,99	0,901	0,125	450	1,003	1,034
0,06	216	0,992	0,926	0,15	540	1,006	1,063

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 3.

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.

4. Пример расчёта этажестояка однотрубной системы водяного отопления

Условия для расчёта

Требуется выполнить тепловой расчёт этажестояка вертикальной однотрубной системы водяного отопления с биметаллическими радиаторами «BILUX plus R». 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 $Q_{пр}^{расч}$, Вт, определяется по формуле

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

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 $Q_{тр.п} = 0,9Q_{тр.т}$,

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

где $q_{тр.в}$ 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.

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.

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

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

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 $M_{пр} = \alpha_{пр} \cdot M_{см} = 0,25 \cdot 0,133 = 0,033$ кг/с.

Перепад температур теплоносителя между входом в отопительный прибор и выходом из него $\Delta t_{пр}$ 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).

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

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

$$Q_{ny}^{mp} = \frac{Q_{np}^{расч}}{\varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot c \cdot p \cdot b} = \frac{952}{1,225 \cdot 0,847 \cdot 0,92 \cdot 1 \cdot 1} = 997 \text{ Вт}, \quad (4.4)$$

где φ_1 , φ_2 , c , p и b – безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. 3.6, 3.7, 3.2, 3.3 и 3.5.

Безразмерный коэффициент p принимается по табл. 3.5 с учётом предварительной оценки количества секций в радиаторе (6 или более). Таким образом, приняли $p = 1$.

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

$$N = \frac{Q_{ny}^{mp}}{q_{ny}} = \frac{997}{160} = 6,2 \text{ шт.} \quad (4.5)$$

В дальнейшем, принимая по табл. 3.4 β_3 , определяем предварительно принимаемое к установке количество секций $N_{уст.}^{пред.}$ по формуле

$$N_{уст.}^{пред.} = N : \beta_3 = 6,2 : 1 = 6,2 \text{ шт.} \quad (4.6)$$

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 $N_{уст.} = 6$ секций ($Q_{ny} = 960$ Вт).

В общем случае невязка при подборе прибора определяется по формуле

$$[(Q_{ny} - Q_{ny}^{mp}) : Q_{ny}^{mp}] \cdot 100\% = [(960 - 997) : 997] \cdot 100 = -3,7\%. \quad (4.7)$$

Поскольку при 6 секциях длина прибора равна 480 мм, что существенно меньше длины подоконного пространства (1200 мм), продолжаем подбор радиатора, ориентируясь на радиатор с монтажной высотой 300 мм.

В этом случае: $\alpha_{np} = 0,25$, $M_{np} = 0,033$ кг/с, $\Delta t_{np} = 6,9^{\circ}C$, $\Theta = 81,55^{\circ}C$, $\varphi_1 = 1,225$, $\varphi_2 = 0,847$, $c = 0,88$, $Q_{ny}^{mp} = 1043$ Вт, $p = 1$, $N_{уст.}^{пред.} = 10$ шт., $\beta_3 = 1$. К установке принимаем радиатор **BILUX plus R 300-10**. При этом фактическая невязка составляет -0,3%. Таким образом, корректировка температуры теплоносителя на входе в следующий этажестояк не требуется.

5. Указания по монтажу биметаллических секционных радиаторов «BILUX plus R» и основные требования к их эксплуатации

5.1. Монтаж биметаллических секционных радиаторов «BILUX plus R» 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. При заказе радиаторов количество секций в приборе рекомендуется ориентировать на номенклатуру поставщика, т.е. только на заводскую сборку.

Поставка радиаторов осуществляется непосредственно со склада в Москве.

При необходимости перегруппировки 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. Установку глухих и проходных гаек (пробок) рекомендуется осуществлять динамометрическими ключами. При сборке секций с помощью стальных ниппелей и плоских прокладок крутящий момент затяжки не должен превышать для алюминиевых радиаторов 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 радиаторы «BILUX plus R» необходимо испытать на герметичность избыточным давлением не менее 3 МПа.

5.3. Монтаж радиаторов ведётся только на подготовленных (оштукатуренных и окрашенных) поверхностях стен с помощью оригинальных настенных регулируемых кронштейнов или на чистом полу с использованием фирменных напольных креплений.

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

- разметить места установки кронштейнов;
- вынуть радиатор из коробки и удалить защитные боковины, затем надорвать упаковочную плёнку только в необходимых для монтажа местах;
- закрепить фирменные 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); количество кронштейнов определяется согласно рекомендациям п. 1.9;
- установить радиатор на кронштейнах так, чтобы головки радиатора (между соседними секциями) легли на крюки кронштейнов;
- соединить радиатор с подводными теплопроводами системы отопления, оборудованными на подводке краном, клапаном или термостатом;
- при необходимости установить воздухоотводчик в верхнюю пробку с противоположной от подводки стороны;
- после окончания монтажа следует снять остатки упаковочного картона; плёнку рекомендуется снимать с радиатора только после полного завершения отделочных работ.

5.5. При напольной установке радиатора напольные кронштейны предварительно жёстко крепят к полу, а затем на них устанавливают радиатор и подключают его к подводным теплопроводам с установкой при необходимости запорно-регулирующей арматуры.

5.6. При настенном и напольном 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 90 мм), 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 терморегулятора с автономным датчиком.

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

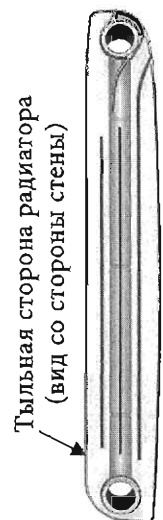
5.7. При монтаже запрещается устанавливать радиаторы тыльной стороной вперёд (рис. 5.1). Следует учитывать, что такая установка при наличии подоконника приводит к снижению теплоотдачи радиатора в среднем на 5%. Если подоконник отсутствует и зазор между радиатором и стеной не менее 25 мм, теплоотдача 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 чистки 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 радиаторы пористых увлажнителей, например, из обожжённой глины.

5.11. В тех случаях, когда запорная арматура устанавливается на обеих подводках к радиатору, **во избежание аварийной ситуации не допускается полное перекрытие заполненного водой радиатора без обязательного в этом случае открытия воздухоотводчика.** Допускается при установке радиаторов монтировать запорную арматуру только на нижней подводке, так как при закрытии этой арматуры радиатор остаётся заполненным водой при сливе её из стояка.



Тыльная сторона радиатора
(вид со стороны стены)

Рис. 5.1

Не допускается резко открывать клапаны и шаровые краны у отключенного от системы отопления отопительного прибора во избежание гидравлического удара.

5.12. Перед вводом системы отопления в эксплуатацию защитный колпачок, установленный на корпусе термостата, должен быть заменён термостатическим элементом. При монтаже этого элемента следует предварительно повернуть настроечную рукоятку термозлемента до упора в направлении максимальной позиции, затем надеть термозлемент на корпус терморегулятора так, чтобы выступы основания термозлемента вошли в шлицы корпуса, зафиксировать термозлемент 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 проверить 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 термозлемента и зависит от условий его размещения.

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

5.13. При оснащении терморегуляторов термостатическими элементами для снижения их стоимости можно вместо термозлементов с жидкостными или газоконденсатными датчиками использовать термозлементы с датчиками, заполненными твёрдым наполнителем (воском).

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, чтобы содержание кислорода в воде систем отопления не превышало 20 мкг/дм³ [5], [19], а значения pH находились в пределах 8,0-9,5 (оптимально в пределах 8,3 - 9,0).

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, как указывалось, ещё и фильтров, в том числе и постоянных.

5.18. Избыточное давление теплоносителя, равное сумме максимально возможного напора насоса и гидростатического давления, не должно в рабочем режиме системы отопления превышать 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 [18] 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 автоматических терморегуляторов, рассчитанных на максимальное рабочее избыточное давление 1 МПа, допустимое давление опрессовки системы не должно превышать 1,5 МПа независимо от максимального рабочего избыточного давления, на которое рассчитан радиатор.

5.19. Каждый радиатор, как указывалось, целесообразно 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 устанавливать 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 характерных для России расчётных параметрах теплоносителя (обычно выше 85°C) не допускается в качестве теплопроводов системы отопления использовать трубы с внутренней оцинковкой.

5.22. 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.

5.23. Использование незамерзающего теплоносителя (антифриза) в системах отопления с радиаторами «BILUX plus R», оснащаемых термостатами, требует предварительного согласования с изготовителем или поставщиком терморегуляторов.

В системах отопления, заполненных антифризом, не допускается применение льна для герметизации резьбовых соединений. Рекомендуется для этой цели использовать гермесил или анаэробные герметики, например, типа Loctite 542 и/или Loctite 55.

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

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

- снять термостатический элемент;
- специальным металлическим или упрочнённым пластмассовым колпачком закрыть полностью терморегулятор;
- снять отопительный прибор;
- со стороны снятого прибора на терморегулятор установить заглушку.

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

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

5.26. При использовании в системе отопления с радиаторами «BILUX plus R» медных теплопроводов следует учитывать рекомендации стандарта АВОК [20].

6. Список использованной литературы

1. Рекомендации по применению конвекторов без кожуха «Аккорд» и «Север» / В.И. Сасин, Т.Н.Прокопенко, Б.В.Швецов, Л.А.Богацкая.- М.: НИИСантехники, 1990.
2. 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.
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31311-2005. Приборы отопительные. Общие технические условия. – М.: «Стандартинформ», 2006.
4. Стандарт АВОК 4.2.2-2006. Радиаторы и конвекторы отопительные. Общие технические условия. – М.: АВОК – ПРЕСС, 2006.
5. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
6. 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.
7. ГОСТ Р 53583-2009. Приборы отопительные. Методы испытаний. – М. «Стандартинформ», 2010.
8. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.1. Отопление / Под редакцией И.Г.Староверова.- М.: Стройиздат, 1990.
9. Сканиви А.Н., Махов Л.М. Отопление: Учеб. для вузов. – М.: Издательство АСВ, 2002.
10. Методика определения гидравлических потерь давления в отопительных приборах при теплоносителе воде / В.И Сасин, В.Д. Кушнир.- М.: НИИСантехники, 1996.
11. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. М., 2004.
12. МГСН 2.01-99. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению. М., 1999.
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.
20. Стандарт АВОК. Трубопроводы из медных труб для систем внутреннего водоснабжения и отопления. СТО НП «АВОК» 6.3.1.-2007.

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 $d_{вн}$			$\frac{кг/ч}{м/с}$	$\frac{кг/с}{м/с}$		$\frac{А \cdot 10^4, Па}{(кг/ч)^2}$	$\frac{А \cdot 10^4, Па}{(кг/с)^2}$
			10	17	12,6	425	0,118	26,50	3,43
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) $1 Па = 0,102 кгс/м^2$; $1 Па/(кг/с)^2 = 0,788 \cdot 10^{-8} (кгс/м^2)/(кг/ч)^2$; $1 кгс/м^2 = 9,80665 Па$; $1 (кгс/м^2)/(кг/ч)^2 = 1,271 \cdot 10^8 Па/(кг/с)^2$.

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 коэффициенты 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

$$S = S_r \cdot \phi_4, \quad (\text{П 1.1})$$

$$\zeta' = \zeta'_4 \cdot \phi_4, \quad (\text{П 1.2})$$

$$\zeta = \zeta_4 \cdot \phi_4, \quad (\text{П 1.3})$$

где S_r , 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

$$\phi_{4(50)} = 1,5 \phi_4 - 0,5, \quad (\text{П 1.4})$$

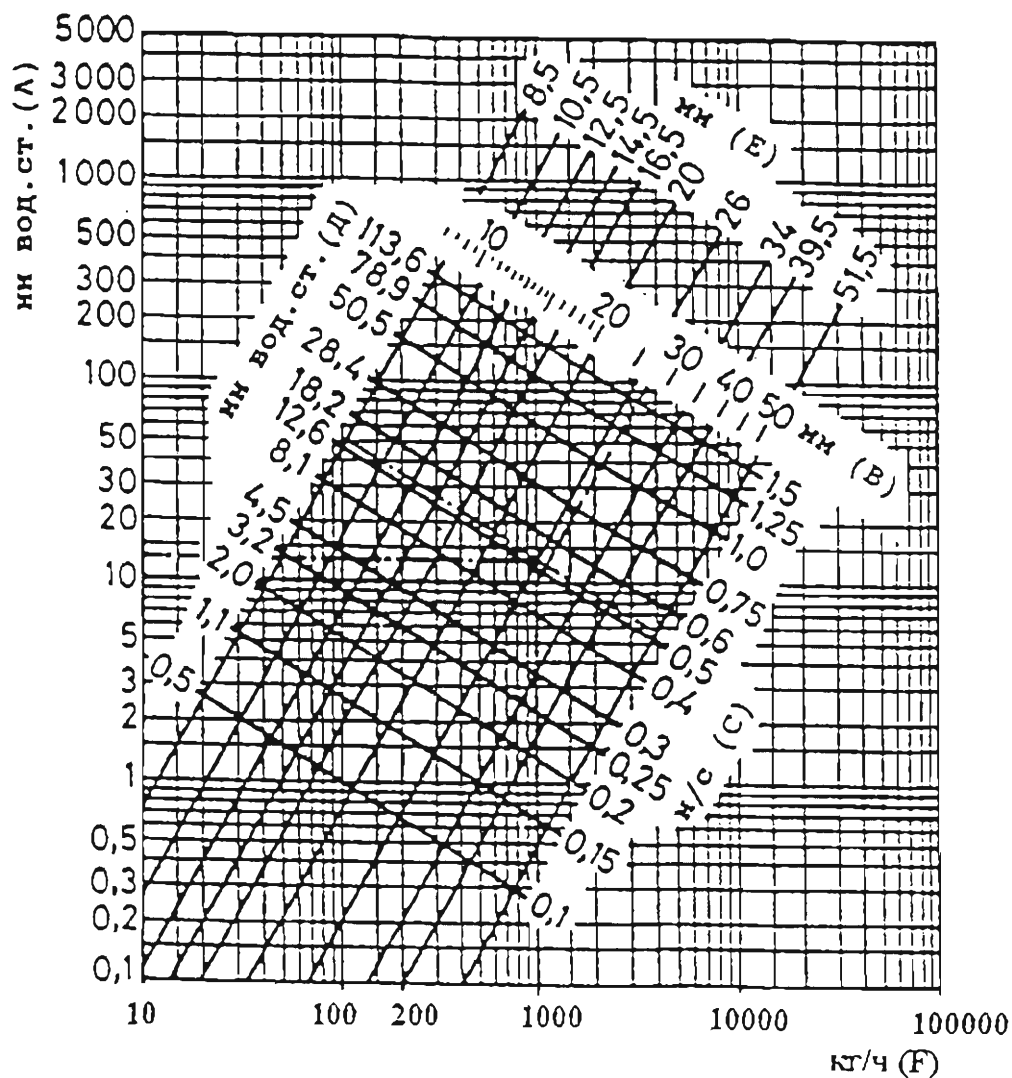
где $\phi_{4(50)}$ - поправочный коэффициент при средней температуре теплоносителя 50°C;

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	0,0255	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

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



A – потери давления на трение в медных трубах 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
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. Тепловой 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 ($\lambda_{бет} \geq 1,8 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, $\rho_{бет} \geq 2000 \text{ кг/м}^3$), 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).

9. Общий тепловой поток от одиночных труб в наружных ограждениях из тяжёлого бетона ($\lambda_{бет} \geq 1,8 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, $\rho_{бет} \geq 2000 \text{ кг/м}^3$) 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.

10. Тепловые характеристики полимерных труб приведены, в частности, в работе: В.И. Сасин «Применение полимерных труб в системах отопления». Сантехника, № 3, 2011 г., с. 32-37.