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

РЕКОМЕНДАЦИИ

по применению биметаллических секционных радиаторов «ARMAT BIMETAL» («BIMEX»)

Москва - 2004

gost.e-ecolog.ru

Уважаемые коллеги!

Научно-техническая фирма ООО «Витатерм» и ФГУП «НИИсантехники» предлагают Вашему вниманию рекомендации по применению в системах отопления биметаллических секционных радиаторов «ARMAT BI-METAL» («BIMEX»)

Рекомендации составлены в соответствии с российскими нормативными условиями и содержат сведения согласно требованиям СНиП 2.04.05–91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».*

Авторы рекомендаций: канд. техн. наук Сасин В.И., канд. техн. наук Бершидский Г.А., инженеры Прокопенко Т.Н., 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 тел. (095) 918–58–95.

© ООО «Витатерм»
2004

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. Основные технические характеристики биметаллических секционных радиаторов «Armat Bimetal» («BIMEX») 4
2. Схемы и элементы систем отопления 10
3. Гидравлический расчёт 13
4. Тепловой расчёт 22
5. Пример расчёта этажестояка однотрубной системы водяного отопления 26
6. Указания по монтажу радиаторов «BIMEX» и основные требования к их эксплуатации 28
7. Список использованной литературы 31

Приложение 1. Динамические характеристики стальных водогазопроводных труб 32

Приложение 2. Номограмма для определения потери давления в медных трубах 34

Приложение 3. Тепловой поток 1 м открыто проложенных вертикальных гладких металлических труб, окрашенных масляной краской 35

1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЕКЦИОННЫХ РАДИАТОРОВ «ARMAT BIMETAL» («BIMEX»)

1.1. Предлагаемые специалистам рекомендации по применению биметаллических секционных радиаторов «Armat Bimetal», представленных на российском рынке с названием «BIMEX» (далее в тексте – «BIMEX») разработаны ООО «Витатерм» на основе проведённых в лаборатории отопительных приборов и систем отопления ФГУП «НИИсантехники» теплогидравлических, прочностных и эксплуатационных испытаний образцов этих радиаторов, изготовленных фирмой «ARMATMETAL spol. s r.o.» (Řepčinská, 86, Olomouc 779 00, Чехия).

Рекомендации разработаны по заданию ООО «Радик-Трейд» (129010, Москва, Неглинная ул., д. 18/1, стр. 1, тел/факс (095) 956-22-20).

1.2. Рекомендации составлены по традиционной для российской практики схеме [1], [2].

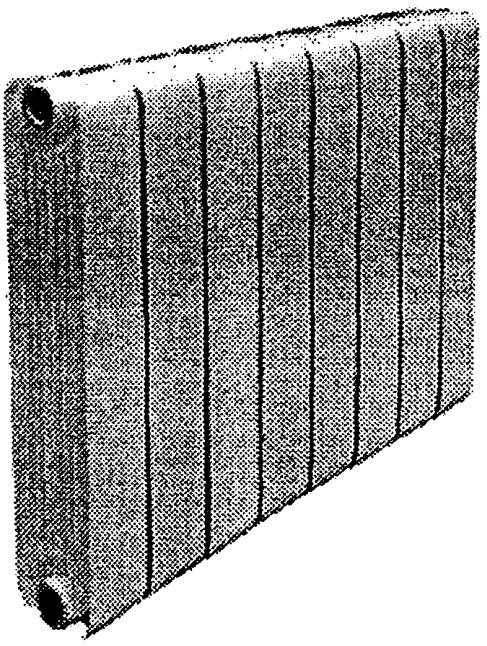
1.3. **Радиаторы «BIMEX» рекомендуется использовать при температуре теплоносителя до 110°С и значениях его pH от 8 до 9,5** (по данным изготовителя – в пределах от 6,5 до 9,5).

Максимальное рабочее избыточное давление теплоносителя в зависимости от заказа 1,5 МПа при испытательном не менее 2,25 МПа и 2 МПа при испытательном не менее 3 МПа.

1.4. Секция биметаллического радиатора «BIMEX» состоит из стального закладного элемента (каркаса) и наружного литого под давлением оребрения из высококачественного алюминиевого сплава. Каркас выполнен из 2-х горизонтальных стальных круглых коллекторов 38х3,8 мм и приваренной между ними условно вертикальной стальной трубы ≈ 20,4х2,2 мм, которая имеет форму дуги большого радиуса. Изогнутая труба замоноличена в отлитый под давлением строго вертикальный канал из алюминиевого сплава, оребрённый по глубине 8 рёбрами. Каждая секция симметрична относительно верха и низа, фронта и тыла. Между фронтальными и тыльными вертикальными рёбрами соседних секций имеется вертикальный просвет около 10 мм. Все наружные рёбра сверху и снизу слегка закруглены в сторону коллекторов, что обеспечивает травмобезопасность радиатора и повышает прочность крайних кромок его рёбер (рис. 1.1). В стальных коллекторах головок радиаторов выполнена трубная резьба 1", а секции радиаторов собираются на стальных ниппелях 1".

Конструкция радиатора «BIMEX» исключает контакт теплоносителя с алюминиевым сплавом. В случае использования стальных подводящих теплопроводов исключаются условия для электрохимической коррозии и обеспечивается высокая надёжность и долговечность, что весьма важно для условий эксплуатации отечественных систем отопления. Дело в том, что требования к теплоносителю, изложенные в п. 4.8 РД 34. 20. 501-95 «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ» [3] зачастую заметно нарушаются. В частности, завышается содержание в воде кислорода (допускается до 0,02 мг/дм^3), соединений железа (допускается до 0,5 мг/дм^3) и взвешенных веществ (допускается до 5 мг/дм^3). Очень часто значение pH выходит за пределы допускаемых. Так значения pH рекомендуются в пределах от 8 до 9,5 (при оптимальных значениях pH=8,3-9), а на практике имеют место значения pH от 6 до 15. При эксплуатации отечественных систем отопления и их опрессовке случаются гидравлические удары, приводящие к существенному превышению избыточного давления теплоносителя над максимально допустимым.

а)



б)

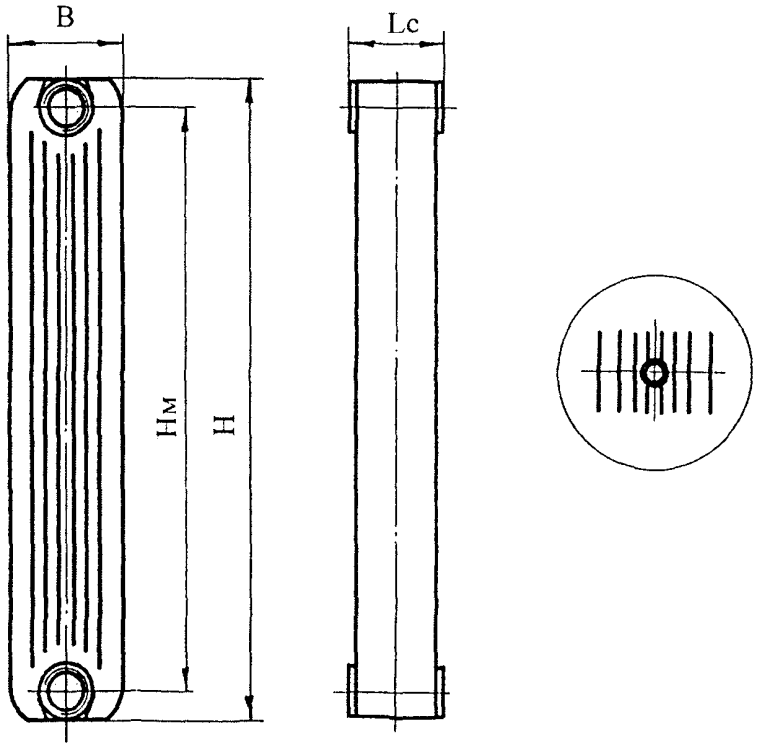


Рис. 1.1. Общий вид (а) и габаритные размеры (б) биметаллического секционного радиатора «Armat Bimetal» («BIMEX»)

Отмеченные отклонения в параметрах теплоносителя предопределяют актуальность использования биметаллических отопительных приборов в отечественной практике, поскольку они сочетают показатели прочности, надёжности и долговечности с современным дизайном и близкие к оптимальным потребительские показатели (малая глубина, наиболее распространённая среди отопительных приборов монтажная высота, обычно равная 500 мм, приемлемые теплоплотность, удельная масса и стоимость).

Следует также отметить, что оребрение из алюминиевых сплавов и малый объём воды в секциях таких радиаторов определяют их малую инерционность и, как следствие, энергоэффективность, а относительно низкая материалоёмкость биметаллических радиаторов обеспечивает удобство и небольшие затраты при транспортировке и монтаже.

К тому же эти радиаторы поставляются полной строительной готовности, окрашенными методом анодного электроосаждения, а затем порошковыми эмалями белого цвета в электростатическом поле и, естественно, хорошо упакованными.

1.5. В настоящее время на отечественный рынок поставляются радиаторы «BIMEX» только одной монтажной высоты – 500 мм, количество секций в радиаторе в сборе от 4 до 14 (по специальному заказу – до 16).

1.6. Габаритные размеры секции и основные технические характеристики радиатора «BIMEX» показаны на рис. 1.1*б* и приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Основные технические характеристики секции биметаллического радиатора «BIMEX»

Наименование показателей	Значение показателей
Габаритные размеры, мм: монтажная высота $H_м$ высота H глубина B длина L_c	 500 540 102 80
Номинальный тепловой поток $q_{ну}$, кВт	0,194
Теплоплотность (по длине секции), Вт/м	2425
Площадь поверхности нагрева f_c, $м^2$	0,58
Коэффициент теплопередачи при нормальных условиях $K_{ну}$, Вт/($м^2$·°С)	4,78
Масса (без учёта массы пробок), не более, кг	3,07
Объём воды, л	0,23

1.7. Номинальный тепловой поток радиатора $Q_{ну}$, равный произведению номинального потока секции $q_{ну}$ (см. табл. 1.1) на количество секций N, отличается от фактического Q при том же количестве секций, т.к. значения $q_{ну}$ определены для представительных типоразмеров радиаторов, а коэффициент теплопередачи радиатора зависит от количества секций из-за несколько разной эффектив-

ности теплоотдачи средних и крайних секций, а также от распределения теплоносителя по длине прибора. Методика учёта этих факторов с помощью поправочного коэффициента β_3 приведена в 4 разделе настоящих рекомендаций.

1.8. Радиаторы «BIMEX» имеют стандартную комплектацию, которая включает: 1 пробку глухую, 1 пробку проходную под воздухоотводчик, 1 воздухоотводчик, 2 пробки проходные (переходники на ½" или ¾"), 2 кронштейна (3 – при количестве секций 10 и более) и 4 плоских прокладки.

1.9. При заказе радиаторов сначала указывается название, затем монтажная высота и количество секций.

Пример условного обозначения радиатора «BIMEX» с монтажной высотой 500 мм из семи секций: **BIMEX 500 x 7**.

1.10. Приведённые в табл. 1.1 тепловые характеристики радиаторов «BIMEX» определены в лаборатории отопительных приборов и систем отопления ФГУП «НИИсантехники» - головного института Российской Федерации по разработке и испытанию отопительных приборов согласно российской методике тепловых испытаний отопительных приборов при теплоносителе воде [4] при нормальных (нормативных) условиях: температурном напоре (разности среднеарифметической температуры горячей воды в радиаторе и температуры воздуха в испытательной камере) Θ=70°С, 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.).

Значение номинального теплового потока секции $q_{ну}$ определялось как частное от деления значения номинального теплового потока радиатора в сборе (из 5 или из 6 секций) на количество секций в приборе.

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, испытания отопительных приборов проводятся в изотермической камере с пятью охлаждаемыми ограждениями без утепления зарадиаторного участка. Отечественные же нормы [4] запрещают охлаждать пол и противоположную отопительному прибору стену и требуют утепления зарадиаторного 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°С (ранее при перепаде 90-70°С), 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 в пределах 60-100 кг/ч. В то же время согласно отечественной методике [4] расход горячей воды через прибор нормируется (360 кг/ч) и характерен для однотрубных 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°С, что приводит к изотермичности наружной поверхности нагрева по высоте 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°С 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) методи-

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

1.11. Гидравлические характеристики радиаторов «BIMEX» получены при подводках условным диаметром 15 и 20 мм согласно методике ФГУП «НИИсантехники» [5], позволяющей определять значения коэффициентов сопротивления $\zeta_{ну}$ и характеристик сопротивления $S_{ну}$ при нормальных условиях (при $M_{пр}$=0,1 кг/с) 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 радиаторов представлены в разделе 3.

1.12. При испытаниях биметаллических радиаторов проводятся дополнительно эксплуатационные испытания. Эти испытания имитируют реальные процессы нагрева и охлаждения, протекающие в системах отопления, и позволяют сделать вывод, как будет вести себя прибор на протяжении долгих лет работы. Известно, что в процессе эксплуатации его тепловые характеристики, как правило, снижаются. Разное тепловое расширение стали и алюминия в «биметалле» приводит к подвижкам сердечника относительно алюминиевой обечайки и неплотному прилеганию материалов друг к другу. Это ухудшает тепловые свойства биметаллического радиатора, уменьшает теплоотдачу.

Специальный стенд ООО «Витатерм» даёт возможность поочерёдно пропускать через испытуемый прибор горячую и холодную воду с температурой 90...95°С и 5...10°С. При этом каждый образец подвергали 360 циклам резкой температурной «раскачки», что, по нашим данным, соответствует примерно 20 годам нормальной работы. Затем тепловые испытания проводили повторно.

Сопоставление двух результатов (до и после «раскачки») характеризует тепловую стабильность радиатора в период эксплуатации системы. Согласно проекту ГОСТ на отопительные приборы (до сих пор общего нормативного документа на отопительные приборы и, в частности, на биметаллические секционные радиаторы нет), если снижение тепловых показателей после эксплуатационных испытаний не превышает 2,5%, его можно не учитывать. Если снижение оказывается большим, тепловые показатели, полученные в результате двух испытаний, усредняют.

1.13. Прочностные испытания проводили на аттестованном стенде RP-50, развивающем избыточное давление до 6 МПа.

Известно, что рабочее давление для каждого типа приборов рекомендует завод-изготовитель с учётом прочностных особенностей конструкции и материалов. Положено выбирать его с тройным запасом прочности, то есть разрушительное давление для прибора должно быть как минимум втрое больше рабочего. Для обеспечения безопасности эксплуатации радиатора там же, на заводе, его испытывают при давлении в 1,5 раза превышающем рекомендуемое значение. Отметим, что в Европе испытательное давление больше рабочего только в 1,3 раза. Это объясняется более грамотной эксплуатацией системы отопления.

Давление опрессовки – это максимально давление в системе при опрессовке радиатора на месте установки. Нужно отметить, что расчётное максимальное избыточное давление теплоносителя в системе отопления определяет обычно не радиатор, а наиболее слабый элемент, например, термостат. Опрессовку системы, согласно СНиП 3.05.01-85, рекомендуют проводить при давлении теплоносителя, в 1,5 раза превышающем рабочее, а по правилам технической эксплуатации РД 34.20.501-95 – не менее, чем в 1,25 раза.

В нашем случае приборы вначале тестировали при максимальном давлении, рекомендованном производителем в качестве рабочего (2 МПа), и визуально контролировали герметичность системы (отсутствие течи). Затем давление повысили в 1,5 раза – до испытательного (3 МПа). Потом до максимальных значений давления, которые давал испытательный пресс (6,2 МПа). Таким образом разрушения не произошло даже при избыточном давлении 6,2 МПа, поэтому максимальное рабочее избыточное давление в 2 МПа вполне обосновано (см. п. 1.3).

1.14. Окрашенный радиатор в сборе упаковывается в полиэтиленовую плёнку, затем в картонную коробку и снаружи ещё раз в полиэтиленовую плёнку.

1.14. Цена на радиаторы «BIMEX» договорная с учётом гибкой системы скидок. Справки о ценах можно получить в отделах маркетинга и сбыта ООО «РадикТрейд» (телефоны указаны в п. 1.2 настоящих рекомендаций).

1.15. Цена рекомендаций договорная.

1.16. Секционные радиаторы «BIMEX» сертифицированы в России в системе ГОСТ Р.

1.17. Фирма «ARMATMETAL spol. s r.o.» постоянно работает над совершенствованием своих отопительных приборов и оставляет за собой право на внесение изменений в конструкцию изделий и технологический регламент их изготовления в любое время без предварительного уведомления, если только они не меняют основных характеристик продукции. Данные по радиаторам «BIMEX» с монтажной высотой 350 мм, как указывалось, будут представлены дополнительно.

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

2. СХЕМЫ И ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

2.1. Биметаллические секционные радиаторы «BIMEX» предназначены для применения в двухтрубных и однотрубных системах отопления жилых, общественных и административных зданий, в том числе многоэтажных.

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 жилого одноэтажного дома с радиаторами «BIMEX».

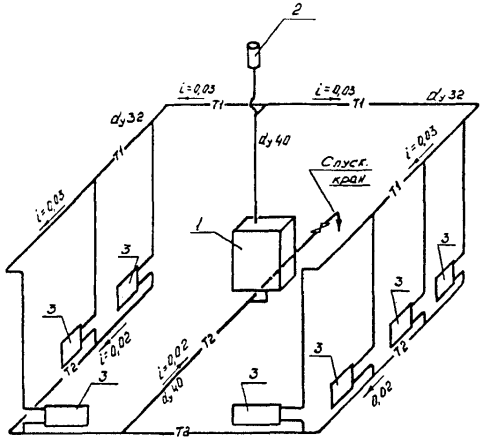


Рис. 2.1. Схема гравитационной проточной системы отопления одноэтажного дома: 1 – котёл, 2 – расширительный бачок, 3 – радиаторы

Зарубежные котлы 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. На рис. 2.2. представлены некоторые традиционные схемы систем отопления, в которых используются секционные радиаторы.

2.4. 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.

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 «BIMEX» более 24, а в гравитационных системах - более 12, рекомендуется применять разностороннюю (диагональную) схему присоединения.

При соединении приборов на сцепках рекомендуется применять разностороннюю схему присоединения теплопроводов. Для сцепок используются теплопроводы диаметром 1" (не менее ¾").

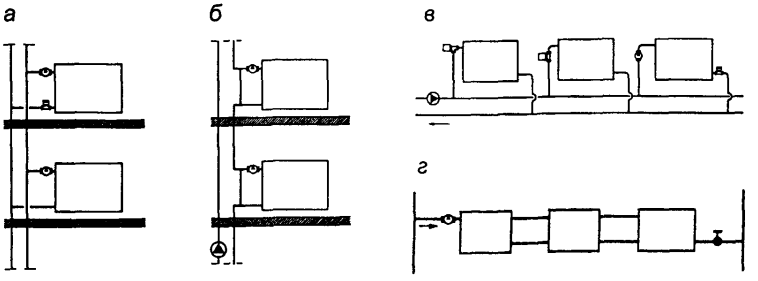


Рис. 2.2. Схемы систем водяного отопления с секционными радиаторами:
а – двухтрубная вертикальная; б – однотрубная вертикальная;
в, г – горизонтальные

2.5. На рис. 2.3 показана схема поквартирной системы отопления с плинтусной разводкой теплопроводов. В отечественной практике используется также и лучевая разводка теплопроводов от общего для квартиры распределительного коллектора.

Для уменьшения бесполезных теплопотерь стояки размещаются вдоль внутренних стен здания, например, на лестничных клетках, которые подводят теплоноситель к поквартирным распределительным коллекторам. Для разводки обычно используют защищённые от наружной коррозии стальные или медные 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. При плинтусной прокладке обычно используются специальные декорирующие плинтусы заводского изготовления (чаще всего из полимерных материалов).

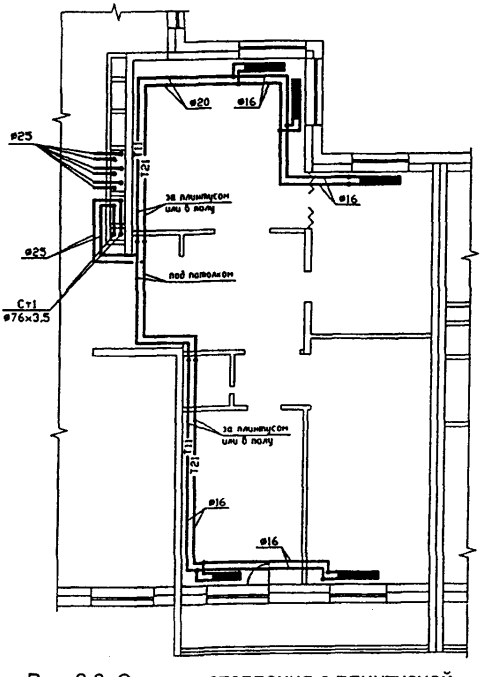


Рис. 2.3. Система отопления с плинтусной разводкой теплопроводов по квартире

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

Согласно СНиП [6], 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 [7] более жёстко требуют установку термостатов у отопительных приборов.

По данным ООО «Витатерм» при полном закрытии регулирующей арматуры 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 монтировать регулирующую арматуру на нижней подводке к радиатору или устанавливать дополнительно циркуляционные тормоза (рис. 2.2 *а*). При этом остаточная теплоотдача уменьшается до 4-8 %.

В современной практике обвязки отопительных приборов часто предусматривается установка запорной арматуры на обеих (а не на одной) подводках. Обычно для этой цели используются запорные клапаны с учётом того факта, что термостат не является запорной арматурой. По этой причине запорная арматура может быть установлена как на нижней, так и на верхней подводке (перед термостатом по ходу теплоносителя). Особо подчеркнём, что **установка любой запорно-регулирующей арматуры на замыкающих участках** в однотрубных системах отопления ***категорически не допускается***. Для отключения радиатора без слива воды из него достаточно закрыть запорный кран только на нижней подводке.

При установке термостата на горизонтальной проточной ветви (рис. 2.2 *г*) следует учитывать, что суммарная тепловая нагрузка на ветвь не должна превышать 5 кВт.

2.7. Данные о регулирующей арматуре представлены в 3 разделе настоящих рекомендаций.

2.8. В случае размещения термостатов в нишах для отопительных приборов или перекрытия их декоративными экранами или занавесками необходимо предусмотреть установку термостатической головки с выносным датчиком.

2.9. Для нормальной работы системы отопления стояки должны быть оснащены необходимой запорно-регулирующей арматурой, обеспечивающей расчётные расходы теплоносителя по стоякам и спуск воды из них при необходимости. Для этих целей могут быть использованы, например, запорные вентили типа «Штрёмакс» и балансировочные вентили типа «Штрёмакс-М» фирмы «ГЕРЦ Арматурен» или их аналоги.

Если загрязнения в теплоносителе превышают нормы РД 34.20.501-95, то для обеспечения нормальной работы термостатов и регулирующей арматуры необходимо оснащать систему отопления фильтрами, в том числе и постояковыми.

3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

3.1. Гидравлический расчёт проводится по существующим методикам с применением основных расчётных зависимостей, изложенных в специальной справочно-информационной литературе [6] и [8], с учётом данных, приведённых в настоящих рекомендациях.

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

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

или по методу «удельных линейных потерь давления»

$$\Delta P = R \cdot L + Z, \qquad (3.2)$$

где

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

S=A ζ′ - 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 согласно приложению 1);

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

λ - коэффициент трения;

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

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

L - длина рассчитываемого участка теплопровода, м;

Σζ - 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 .

3.3. В табл. 3.1 приведены гидравлические характеристики радиаторов «BIMEX» при нормативном расходе горячей воды через прибор ($M_{пр}$=0,1 кг/с), характерном для однотрубных систем отопления при проходе всей воды через прибор, а также при $M_{пр}$=0,017 кг/с, характерном для двухтрубных систем и однотрубных систем с термостатами. Гидравлические характеристики усреднены для радиаторов с количеством секций от 4 и более. Представленные данные можно принимать при любых схемах движения теплоносителя, в том числе при схеме «снизу-вниз» при количестве секций до 14.

Определение гидравлических характеристик радиаторов в пределах расходов воды через прибор от 0,01 до 0,15 кг/с (от 36 до 540 кг/ч) возможно по зависимостям в логарифмических координатах, построенным по реперным точкам (при $M_{пр}$=0,017 кг/с и 0,1 кг/с). С допустимой для практических расчётов погрешностью в большинстве случаев проектирования систем отопления возможна и линейная интерполяция в диапазоне, ограниченном реперными точками.

3.4. Для ручного регулирования теплового потока радиаторов используют краны двойной регулировки, краны регулирующие проходные и др. по ГОСТ 10944-97, краны для ручной регулировки фирм «ГЕРЦ Арматурен» (Австрия), «Данфосс» (Дания), «Комап» (Франция), «Овентроп», «Хаймайер», «Хоневелл» (Германия), RBM (Италия) и др.

3.5. Для автоматического регулирования в двухтрубных насосных системах отопления можно рекомендовать терморегуляторы (далее термостаты) «ГЕРЦ-TS-90-V» фирмы «ГЕРЦ Арматурен» (рис. 3.1), RTD-N фирмы «Данфосс» (рис. 3.2, а), RBM фирмы RBM, A, RF и AZ фирмы «Овентроп» и др.

Для широко используемых в России однотрубных систем отопления можно рекомендовать специальные термостаты уменьшенного гидравлического сопротивления, например, RTD-G (рис. 3.2, б), «ГЕРЦ-TS-E» (рис. 3.3), и **M** фирмы «Овентроп» (рис. 3.4).

Наклонные линии (1, 2, 3...) на диаграммах рис. 3.1 и 3.2 (а) показывают диапазоны предварительной монтажной настройки клапана регулятора в режиме 2К (2°С). Настройка на режим 2К означает, что термостат частично прикрыт и в случае превышения заданной температуры воздуха в отапливаемом помещении на 2К (2°С) 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°С), а иногда допускается настройка на 3К (3°С). Очевидно, при полностью открытом клапане гидравлическое сопротивление термостата будет меньше.

На рис. 3.3 наклонные линии характеризуют гидравлические характеристики термостатов «ГЕРЦ-TS-E» для однотрубных систем отопления при настройке на режимы 1К, 2К или 3К, а также при полностью открытом клапане.

Представленные на рис. 3.2 (б) наклонные линии характеризуют гидравлические характеристики термостатов для однотрубных систем отопления RTD-G при установке на подводках с условным диаметром 15, 20 и 25 мм в режиме настройки на 2К (2°С).

В однотрубных системах можно применять трёхходовые термостаты, обеспечивающие удобные подключение к прибору и монтаж замыкающего участка, например, трёхходовой вентиль «CALIS-TS» фирмы «ГЕРЦ» (см. рис. 3.5), а также трёхходовые термостаты фирм «ГЕРЦ», «Овентроп» и др., у которых оси термостатических головок перпендикулярны плоскости стены. Отметим, что гидравлические характеристики радиаторных узлов с трёхходовыми термостатами, определяющие 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. 3.2 (а) показано, при каких расходах воды эквивалентный уровень шума термостатов RTD-N не достигает 25 или 30 дБ. Обычно этот уровень шума не превышается, если скорость воды в подводках не более 0,6-0,8 м/с, а перепад давления на термостате не превышает 1,5-2 м вод. ст.

Подробные сведения об этих и других термостатах можно получить в ООО «Витатерм» (номера телефонов указаны на стр. 2 настоящих рекомендаций) и в представительствах соответствующих фирм.

3.6. В табл. 3.2 приведены коэффициенты местного сопротивления полностью открытых вентилей для ручной регулировки RBM (Италия) и термостатов RBM, определённые в лаборатории отопительных приборов НИИсантехники при температуре воды 60-80°С. При температуре воды 20-30°С гидравлические характеристики возрастают в среднем на 5%.

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

3.8. Гидравлические характеристики комбинированных полипропиленовых труб типа «Фузиотерм Штаби» и металлополимерных труб «Китек» имеются в ООО «Витатерм», а также в ООО «Межрегиональная компания» [тел. (095) 105-05-66] и в Торговом доме «Гента-Москва» [тел. (095) 780-50-55]. Данные по трубам типа «Фузиотерм Штаби» приведены также в ТР 125-02 [9].

3.9. Значения коэффициентов местного сопротивления конструктивных элементов систем водяного отопления принимаются по «Справочнику проектировщика», ч. 1 «Отопление» [8].

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

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

где $\alpha_{пр}$ - коэффициент затекания воды в прибор;
$M_{ст}$ - массный расход теплоносителя по стояку однотрубной системы отопления при одностороннем подключении радиаторного узла, кг/с.

3.11. Значения коэффициентов затекания $\alpha_{пр}$ для радиаторов «BIMEX» при различных сочетаниях диаметров труб стояков ($d_{ст}$), смещённых замыкающих участков ($d_{зу}$) и подводящих теплопроводов ($d_{п}$) узлов присоединения радиаторов в однотрубных системах отопления при установке на подводках термостатов представлены в таблице 3.3.

Значения коэффициентов затекания при установке термостатов определены согласно EN 215 при настройке их на режим 2К (2°С). 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 отечественной практики инженерных расчётов в случае применения обычных кранов и вентилей.

3.12. Производительность насосов для систем отопления, заполняемых антифризом, необходимо увеличивать на 10-12%, а их напор на 50-60%.

Таблица 3.1. Усреднённые гидравлические характеристики биметаллических радиаторов «BIMEX»

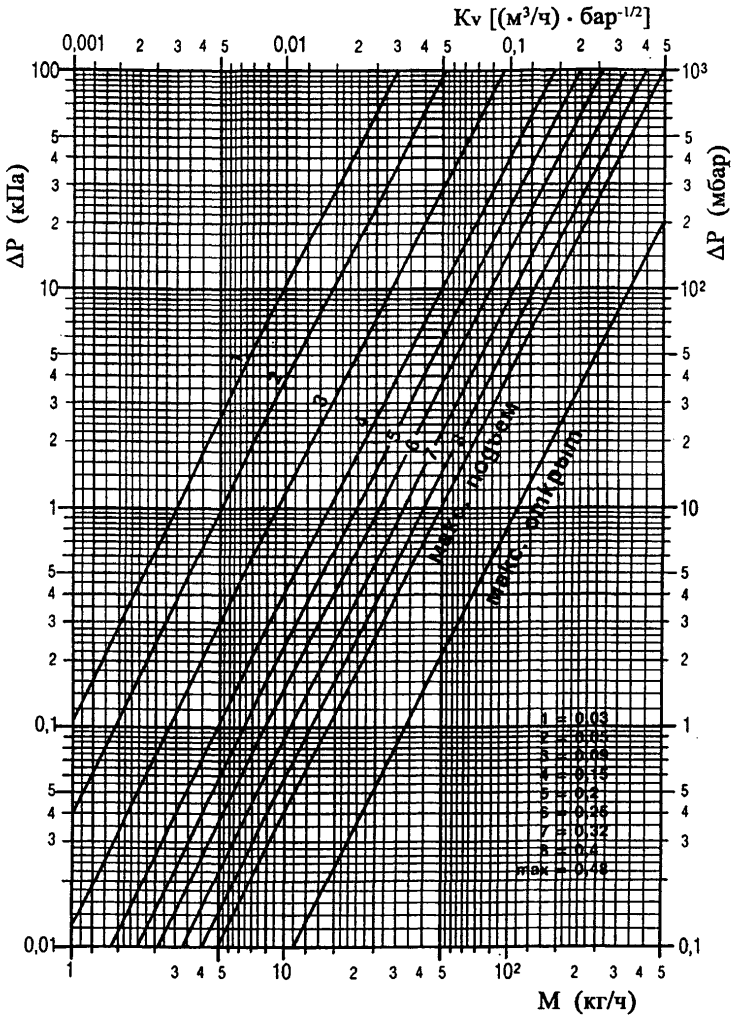
Коэффициент местного сопротивления ζ при условном диаметре подводок		Характеристика сопротивления $S \cdot 10^{-4}$, Па/(кг/с)^2, при условном диаметре подводок	
d_y=15 мм	d_y=20 мм	d_y=15 мм	d_y=20 мм
При $M_{пр}$= **360 кг/ч** (0,1 кг/с)			
2,0	2,2	2,74	0,906
При $M_{пр}$= **60 кг/ч** (0,017 кг/с)			
3,3	4	4,52	1,648

Таблица 3.2. Усреднённые коэффициенты местного сопротивления вентилей RBM для ручного и автоматического регулирования

Условный диаметр, мм	Коэффициенты местного сопротивления ζ			
	Вентили для ручного регулирования полностью открытые		Прямые вентили для автоматического регулирования	
	прямые	угловые	Настройка на режим 2К (открытие на 0,44 мм)	Полное открытие
15	28	16	200	50
20	11,5	5	650	120

Таблица 3.3. Усреднённые значения коэффициентов затекания $\alpha_{пр}$ узлов однотрубных систем водяного отопления с радиаторами «BIMEX»

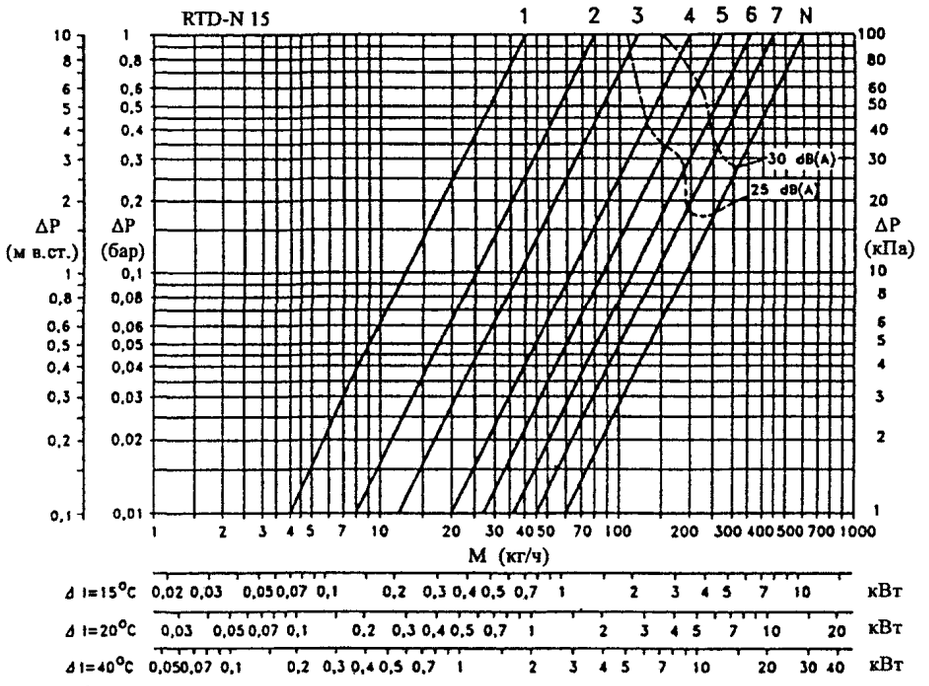
Тип регулирующей арматуры	Значения $\alpha_{пр}$ при сочетании диаметров труб радиаторного узла $d_{ст}$ x $d_{зу}$ x $d_{п}$ (мм)		
	15x15x15	20x15x15	20x15x20
Термостат RTD-G («Данфосс»)	0,24	0,195	0,263
Термостат «ГЕРЦ-TS-E» («ГЕРЦ»)	0,25	0,2	0,25
Термостат М («Овентроп»)	0,23	0,19	0,242
Термостат фирмы «Хаймайер»	-	-	0,251



Характеристики даны для номинального хода шпинделя клапана (2К)

Рис. 3.1. Гидравлические характеристики термостатов «ГЕРЦ-TS-90-V» с присоединительными размерами 3/8" и 1/2" с настройкой на режим 2К (2°С) и при снятой термостатической головке (при полном открытии вентиля)

а.



б.

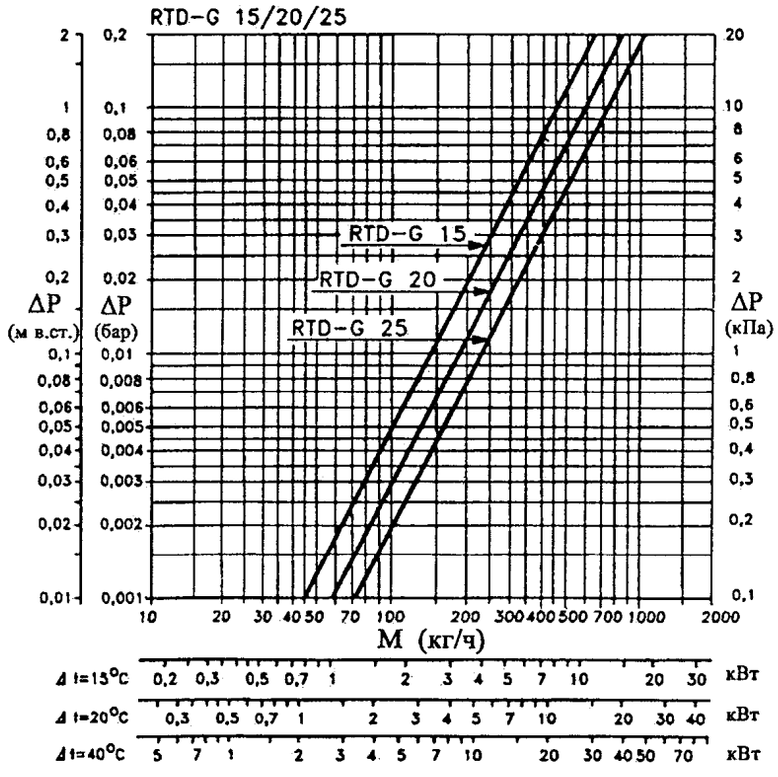


Рис. 3.2. Гидравлические характеристики термостатов «Данфосс»:
а – RTD-N 15 при различных уровнях монтажной настройки клапана для двухтрубных систем отопления с подводками d_y 15 мм;
б – RTD-G для гравитационных и насосных однотрубных систем отопления с подводками d_y 15, 20 и 25 мм (при настройке на режим 2К)

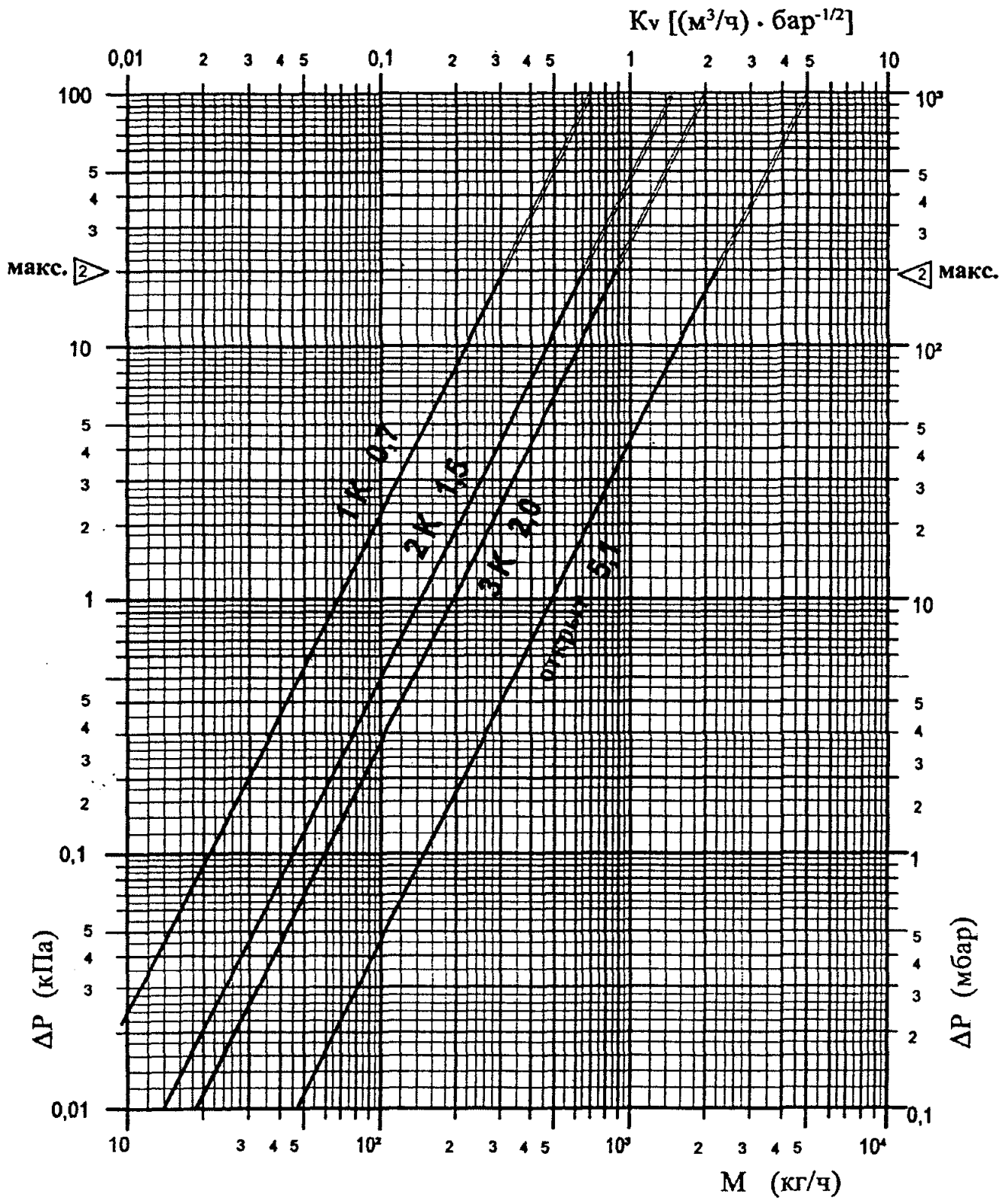


Рис. 3.3. Гидравлические характеристики термостатов «ГЕРЦ-TS-E» при различных режимах настройки

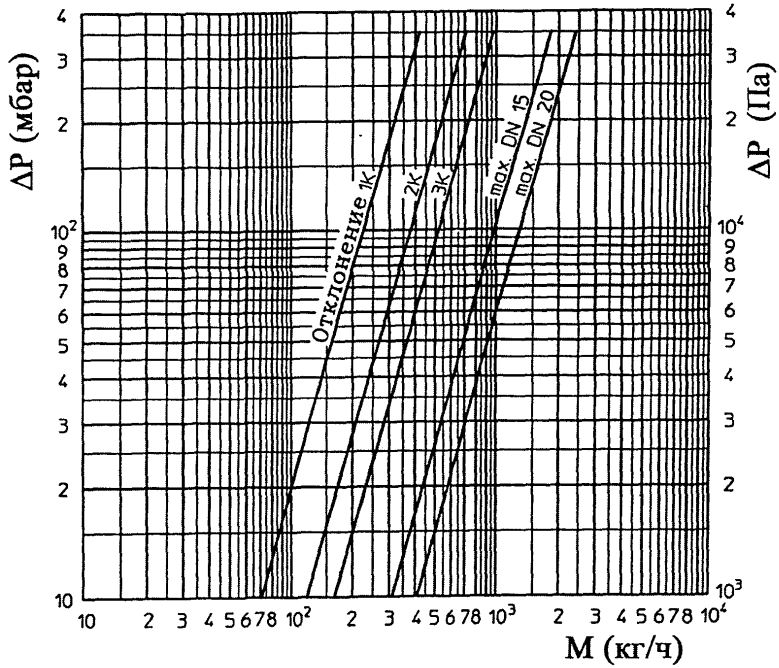
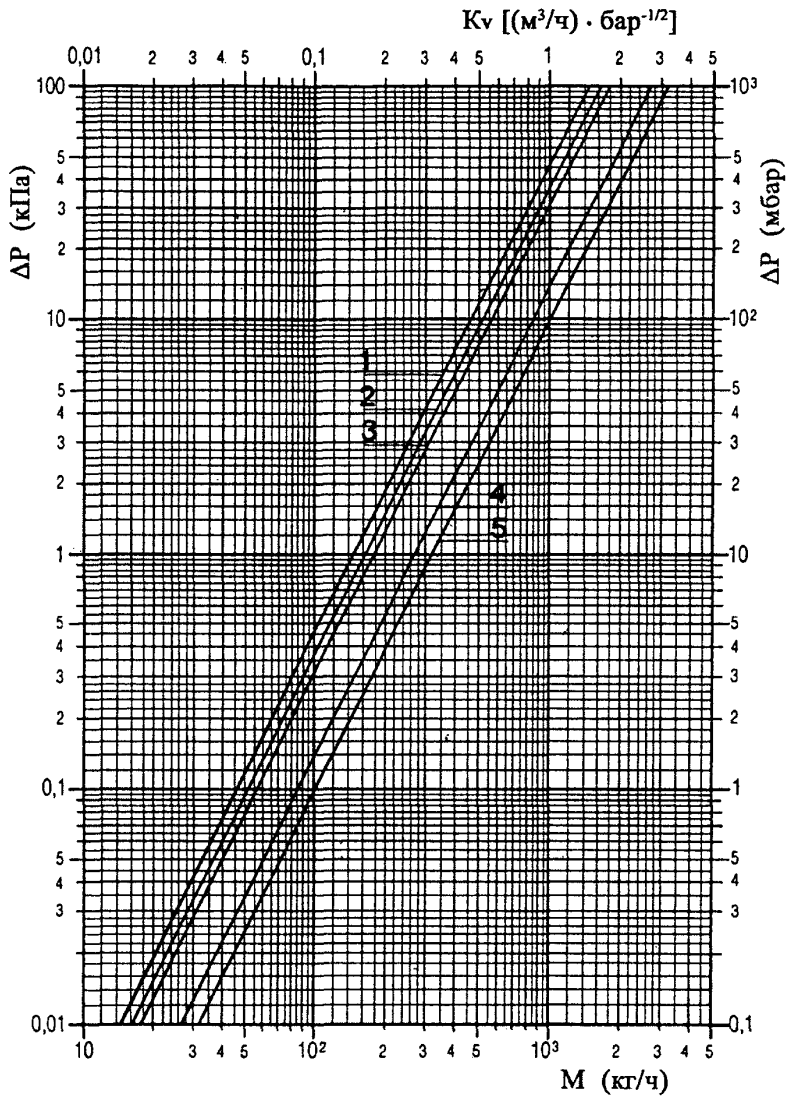


Рис. 3.4. Гидравлические характеристики термостатов серии «М» фирмы «Овентроп» при различных режимах настройки



Номер линии	Клапан CALIS-TS		Коэффициент затекания $\alpha_{пр}$	Рабочее состояние
	№ заказа	d_y		
1	1 7761 01	15	0	Клапан к отопит. прибору закрыт
2	1 7761 02	20		
3	1 7761 01	15	0,5	Настройка на режим 2К
	1 7761 02	20		
	1 7761 01	15	0,6	Настройка на режим 3К
	1 7761 02	20		
4	1 7761 01	15	0,8	Клапан открыт
5	1 7761 02	20		

Рис. 3.5. Гидравлические характеристики термостатов «ГЕРЦ» с клапаном CALIS-TS, соответствующие коэффициенты затекания при различных степенях открытия клапана и значения расходных коэффициентов K_V

4. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ

4.1. Тепловой расчёт проводится по существующим методикам с применением основных расчётных зависимостей, изложенных в специальной справочно-информационной литературе [6], [8], с учётом данных, приведённых в настоящих рекомендациях.

4.2. Согласно табл. 1 приложения 12 СНиП 2.04.05-91* [6] 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 зарадиаторный участок и принимается в зависимости от типа наружного ограждения также по табл. 4.1.

Увеличение теплопотерь через зарадиаторные 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

Тип радиатора	β_1	Значения β_2 при установке	
		у наружной стены	у наружного остекления
BIMEX-500	1,05	1,02	1,07

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

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

$$= K_{ну} \cdot 70 \cdot F \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot \beta_3 \cdot p \ , \qquad (4.1)$$

где $Q_{ну}$ - номинальный тепловой поток радиатора при нормальных условиях, равный произведению номинального теплового потока, приходящегося на одну секцию $q_{ну}$ (194 Вт), на количество секций в приборе N, Вт;

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

$$\Theta = \frac{t_н + t_к}{2} - t_п = t_н - \frac{\Delta t_{пр}}{2} - t_п . \qquad (4.2.)$$

Здесь

$t_н$ и $t_к$ - 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 $t_в$, °С;

$\Delta t_{пр}$ - перепад температур теплоносителя между входом и выходом отопительного прибора, °С;

70 - нормированный температурный напор, °С;

с - 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 (принимаются по таб. 4.2);

$M_{пр}$ - 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);

p – безразмерный поправочный коэффициент, с помощью которого учитывается специфика зависимости теплового потока и коэффициента теплопередачи радиатора от количества секций в нём при движении теплоносителя «снизу-вверх», (принимается по табл. 4.5);

$\varphi_1 = (\Theta/70)^{1+n}$ – безразмерный поправочный коэффициент, с помощью которого учитывается изменение теплового потока отопительных приборов при отличии расчётного температурного напора от нормального (принимается по табл. 4.6);

$\varphi_2 = c \cdot (M_{пр}/0{,}1)^m$ – безразмерный поправочный коэффициент, с помощью которого учитывается изменение теплового потока отопительного прибора при отличии расчётного массного расхода теплоносителя через прибор от нормального (принимается по табл. 4.7);

$K_{ну}$ – коэффициент теплопередачи прибора при нормальных условиях, определяемый по формуле

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

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

4.4. Коэффициент теплопередачи прибора К, Вт/(м^2·°С) при условиях, отличных от нормальных, определяется по формуле

$$K = K_{ну} \cdot (\Theta/70)^n \cdot c \cdot (M_{пр}/0{,}1)^m \cdot b \cdot \beta_3 \cdot p = K_{ну} \cdot (\Theta/70)^n \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot \beta_3 \cdot p\,. \qquad (4.4)$$

4.6. В случае использования в качестве теплоносителя антифриза «DIXIS 30» (на основе этиленгликоля) теплоотдающую поверхность следует увеличить на 10%, при использовании антифриза «DIXIS TOP» (на основе пропиленгликоля) – на 15%.

Таблица 4.2. Усреднённые значения показателей степени *n* и *m* и коэффициентов *c* и *p* при различных схемах движения теплоносителя в радиаторах «BIMEX»

Схема движения теплоносителя	n	c	m	p
Сверху-вниз	0,3	1	0,045	1
Снизу-вверх	0,32	0,88	0,07	См. табл. 4.5
Снизу-вниз	0,3	0,91	0,02	1

Таблица 4.3. Усреднённый поправочный коэффициент *b*

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

Таблица 4.4. 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	5-8	9-10	11-12	13 и более
BIMEX-500	1,06	1,025	1	0,99	0,98	0,97

Таблица 4.5. Усреднённые значения поправочного коэффициента *p* при движении теплоносителя по схеме «снизу-вверх»

Тип радиатора	Значения p при количестве секций в радиаторе				
	2	3	4	5	6 и более
BIMEX-500	1,06	1,04	1,025	1,01	1

Таблица 4.6. Значения поправочного коэффициента φ_1

Θ, °С	φ_1 при схеме движения теплоносителя	
	Сверху-вниз, снизу-вниз	Снизу-вверх
44	0,547	0,542
46	0,579	0,575
48	0,612	0,608
50	0,646	0,641
52	0,679	0,675
54	0,714	0,71
56	0,748	0,745
58	0,783	0,78
60	0,818	0,816
62	0,854	0,852
64	0,89	0,889
66	0,926	0,925
68	0,963	0,962
70	1	1
72	1,037	1,038
74	1,075	1,076
76	1,113	1,115

Θ, °С	φ_1 при схеме движения теплоносителя	
	Сверху-вниз, снизу-вниз	Снизу-вверх
78	1,151	1,154
80	1,19	1,193
82	1,228	1,232
84	1,267	1,272
86	1,307	1,312
88	1,346	1,353
90	1,386	1,393
92	1,427	1,434
94	1,467	1,476
96	1,508	1,517
98	1,549	1,559
100	1,59	1,601
102	1,631	1,644
104	1,673	1,686
106	1,715	1,729
108	1,757	1,773
110	1,8	1,816

Таблица 4.7. Значения поправочного коэффициента φ_2 в зависимости от расхода и схемы движения теплоносителя через прибор

$M_{пр}$		φ_2 при схеме движения теплоносителя в приборе		
кг/с	кг/ч	Сверху-вниз	Снизу-вверх	Снизу-вниз
0,01	36	0,902	0,749	0,869
0,02	72	0,93	0,786	0,881
0,03	108	0,947	0,809	0,888
0,04	144	0,96	0,825	0,893
0,05	180	0,969	0,838	0,897
0,06	216	0,977	0,849	0,901
0,07	252	0,987	0,858	0,904
0,08	288	0,99	0,866	0,906
0,09	324	0,995	0,874	0,908
0,1	360	1,0	0,88	0,91
0,125	450	1,01	0,894	0,914
0,15	540	1,018	0,905	0,917
0,2	720	1,032	0,924	0,923

5. ПРИМЕР РАСЧЁТА ЭТАЖЕСТОЯКА ОДНОТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Условия для расчёта

Требуется выполнить тепловой расчёт этажестояка вертикальной однотрубной системы водяного отопления с биметаллическим радиатором «BIMEX». Радиатор установлен под окном на наружной стене без ниши на первом этаже 18-этажного жилого дома, присоединён к стояку со смещённым замыкающим участком и термостатом RTD-G фирмы «Данфосс» на подводке к прибору. Движение теплоносителя в приборе по схеме «снизу-вверх».

Теплопотери помещения составляют 1200 Вт. Температура горячего теплоносителя на входе в стояк $t_н$ условно принимается равной 105°С (без учёта теплопотерь в магистрали), расчётный перепад температур по стояку $\Delta t_{ст}$=35°С, температура воздуха в отапливаемом помещении $t_в$=20°С, атмосферное давление воздуха 1013,3 гПа, т. е. b=1. Средний расход воды в стояке $M_{ст}$=480 кг/ч (0,133 кг/с).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

По табл. 3.3 принимаем значение коэффициента затекания $\alpha_{пр}$ равным 0,24. Расход воды через прибор равен $M_{пр} = \alpha_{пр} \cdot M_{ст}$ = 0,24 · 0,133 = 0,0319 кг/с.

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

$$\Delta t_{пр} = \frac{Q_{пр}^{расч}}{C \cdot M_{пр}} = \frac{952}{4186{,}8 \cdot 0{,}0319} = 7{,}13°C \ , \qquad (5.3)$$

где С – удельная теплоёмкость воды, равная 4186,8 Дж/(кг·°С).

Температурный напор Θ определяется по формуле (4.2).

$$\Theta = t_н - \frac{\Delta t_{пр}}{2} - t_в = 105 - 3{,}55 - 20 = 81{,}45°C.$$

Определяем предварительно, без учёта неизвестных нам пока значений коэффициентов β_3 и p и поэтому принятых равными 1, требуемый тепловой поток радиатора при нормальных условиях $Q_{ну}^{тр}$ по формуле

$$Q_{ну}^{тр} = \frac{Q_{пр}^{расч}}{\varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot p \cdot b} = \frac{952}{1{,}221 \cdot 0{,}812 \cdot 1 \cdot 1} = 960Вт \ , \qquad (5.4)$$

где φ_1 и φ_2 - безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. 4.6 и 4.7.

Исходя из полученного значения $Q_{ну}^{тр}$, определяем количество секций в радиаторе N по формуле

$$N = \frac{Q_{ну}^{тр}}{q_{ну}} = \frac{960}{194} = 4{,}95 \ шт. \qquad (5.5)$$

В дальнейшем, принимая по табл. 4.4 β_3=1 и по табл. 4.5 p=1,01, определяем предварительно принимаемое к установке количество секций $N_{уст.}^{пред.}$ по формуле

$$N_{уст.}^{пред.} = N : \beta_3 : p = 4{,}95 : 1 : 1{,}01 = 4{,}9 \text{ шт.} \qquad (5.6)$$

Принимаем к установке радиатор BIMEX 500 х 5 с $Q_{ну}$ = 970 Вт.

Напомним, что с учётом рекомендаций [7] расхождение между тепловыми потоками от требуемой и устанавливаемой площадей 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.

В общем случае невязка при подборе прибора определяется по формуле

$$[(Q_{ну} - Q_{ну}^{тр}) : Q_{ну}^{тр}] \cdot 100\% = [(970 - 951) : 951] \cdot 100 = 2\%. \qquad (5.7)$$

Поскольку при принятом количестве секций β_3 и p не меняются, дополнительные коррективы не вносятся. Окончательно принимаем к установке радиатор **BIMEX 500 х 5**.

6. УКАЗАНИЯ ПО МОНТАЖУ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЕКЦИОННЫХ РАДИАТОРОВ «ARMAT BIMETAL» («BIMEX») И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

6.1. Монтаж биметаллических секционных радиаторов «Bimex» производится согласно требованиям СНиП 3.05.01-85 «Внутренние санитарно-технические системы» [10], настоящих рекомендаций, а также рекомендаций [11].

6.2. Радиаторы, как указывалось, поставляются окрашенными. Весь прибор в сборе упакован в термоусадочную полиэтиленовую плёнку, а затем в картонную коробку и снаружи ещё раз в полиэтиленовую плёнку.

Наиболее целесообразна **поставка радиаторов заводской сборки** по спецификации заказчика (непосредственно с завода или 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 осуществляется без перекосов и быть плотной. Резьба ниппелей и пробок должна входить в зацепление с резьбой головки радиатора не менее чем на 4 нитки. Монтаж пробок рекомендуется осуществлять динамометрическими ключами.

После перегруппировки радиатор необходимо испытать на герметичность.

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

6.4. Монтаж радиаторов необходимо производить в следующем порядке:

- разметить места установки кронштейнов;
- удалить упаковку только в необходимых для монтажа местах;
- закрепить кронштейны на стене дюбель-гвоздями (дюбелями и шурупами) с предварительным сверлением отверстий в стенах под дюбели или заделкой крепёжных деталей цементным раствором (не допускается пристрелка к стене кронштейнов, на которых крепятся отопительные приборы и теплопроводы систем отопления);
- установить радиатор на кронштейнах так, чтобы головки радиатора (между соседними секциями) легли на крюки кронштейнов;
- соединить радиатор с подводящими теплопроводами системы отопления, оборудованными на нижней или верхней подводке краном, вентилем или термостатом;
- после окончания монтажа следует очистить упаковку радиатора от пыли и загрязнений и затем снять защитную упаковочную плёнку.

6.5. При монтаже настенных радиаторов следует избегать случаев их неправильной установки:

- слишком низкого размещения, т.к. при зазоре между полом и низом радиатора, меньшем 100 мм, уменьшается эффективность теплообмена и затрудняется уборка под радиатором;
- установки радиатора вплотную к стене или с зазором, меньшим 25 мм, ухудшающей теплоотдачу прибора и вызывающей пылевые следы над прибором;
- слишком высокой установки, т. к. при зазоре между полом и низом радиатора, большем 150 мм, увеличивается градиент температур воздуха по высоте помещения, особенно в нижней его части;
- слишком малого зазора между верхом радиатора и низом подоконника (менее 75 % глубины радиатора в установке), т. к. при этом уменьшается тепловой поток радиатора;

- невертикального положения секций, т. к. это ухудшает теплотехнику и внешний вид радиатора;

- установки перед радиатором декоративных экранов или закрытия его шторами, т. к. это также приводит к ухудшению теплоотдачи и гигиенических характеристик прибора и искажает работу термостата с автономным датчиком.

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

6.6. Категорически запрещается дополнительная окраска радиатора «металлическими» красками (например, «серебрянкой») и воздуховыпускного отверстия воздухоотводчика в случае его установки.

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

При очистке радиаторов нельзя использовать абразивные материалы.

6.8. Исключается навешивание на биметаллические радиаторы с алюминиевым оребрением пористых увлажнителей, например, из обожжённой глины.

6.9. Не рекомендуется допускать полного перекрытия подвода теплоносителя к заполненному водой радиатору. Отключение радиатора, например, шаровыми кранами на подводках допускается при наличии воздухоотводчика, который в этом случае должен быть открыт. Во избежание опорожнения радиатора во время наладочных работ на стояке, к которому подключён прибор, рекомендуется перекрыть запорный кран, установленный на нижней подводке, при этом наличие воздухоотводчика не требуется.

6.10. 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» РД 34.20.501-95 [3].

Содержание растворённого кислорода в воде систем отопления не должно превышать 20 мкг/дм^3 [3], [12], а значение pH для биметаллических радиаторов должно быть в пределах 8,3-9,5.

Содержание в воде железа (до 0,5 мг/дм^3) и других примесей - согласно [3], общая жёсткость - до 7 мг-экв/дм^3.

6.11. Для уменьшения опасности подшламовой коррозии целесообразна установка дополнительных грязевиков, а в случае применения термостатов ещё и фильтров, в том числе и постояковых. В общем случае количество взвешенных веществ не должно превышать 5 мг/дм^3.

6.12. Избыточное давление теплоносителя, равное сумме максимально возможного напора насоса или давления в магистралях тепловой сети (при элеваторных вводах) и гидростатического давления, не должно в рабочем режиме системы отопления превышать в любом радиаторе 1,5 или 2 МПа (в зависимости от заводского испытательного давления). Минимальное давление при опрессовке системы отопления должно быть в 1,25 раза больше рабочего (п. 4.12.31 РД 34.20.501-95) [3].

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

шать 1,25-1,5 МПа независимо от максимального рабочего избыточного давления, на которое рассчитан радиатор.

6.13. Не рекомендуется опорожнять систему отопления более, чем на 15 дней в году.

6.14. 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).

6.15. Радиаторы должны храниться в упакованном виде в закрытом помещении и быть защищены от воздействия влаги и химических веществ, вызывающих коррозию.

6.16. Радиаторы «BIMEX» могут применяться в системах, заполненных антифризом. В этом случае при герметизации резьбовых соединений теплопроводов, фитингов и других элементов систем отопления можно использовать шелковистый лён (но не пеньку и без масляной краски), гермесил или анаэробные герметики, например, типа Loctite 542 и/или Loctite 55. Рекомендуется для этой цели использовать также эпоксидные эмали или 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.

Из используемых в России марок антифриза заслуживает внимания поставляемый ООО «Гелис Инт» (тел. (095) 748-87-13) низкозамерзающий теплоноситель «DIXIS-30» с наиболее оптимальным для отечественных условий эксплуатации соотношением гликоля и воды. Использование антифриза «DIXIS-65» при разбавлении его водой в «домашних» условиях может ухудшить качество смеси.

Заслуживает внимание также антифриз «DIXIS-TOP» на пропиленгликолевой основе.

6.17. При выполнении систем отопления из медных труб необходимо применять переходники из бронзы или качественной латуни. В этом случае использование льна для герметизации соединений запрещено. Можно применять вышеупомянутые герметики (гермесил, Loctite 542, Loctite 55 и т.п.).

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. 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.

4. Методика определения номинального теплового потока отопительных приборов при теплоносителе воде/ Г.А.Бершидский, В.И.Сасин, В.А.Сотченко.- М.: НИИсантехники, 1984.

5. Кушнир В.Д., Сасин В.И. Гидравлические испытания отопительных приборов в условиях, близких к эксплуатационным//Сб.тр. НИИсантехники.- 1991.- вып. 65, с. 35 – 46.

6. СНиП 2.04.05–91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. М., 1998.

7. МГСН 2.01-99. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению. М., 1999.

8. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.1. Отопление / Под редакцией И.Г.Староверова.- М.: Стройиздат, 1990.

9. 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.

10. СНиП 3.05.01–85. Внутренние санитарно-технические системы. М., 1986.

11. Исаев В.Н., Сасин В.И. Устройство и монтаж санитарно-технических систем зданий. М.: «Высшая школа», 1989.

12. Инженерное оборудование зданий и сооружений: Энциклопедия/Гл. ред. С.В.Яковлев.- М.: Стройиздат, 1994.

Приложение 1

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

Диаметр труб, мм			Расход воды при скорости 1 м/с, M/w		Удельное динамическое давление		Приведённый коэффиц. гидравлического трения $\lambda/d_{вн}$, 1/м	Удельная характеристика сопротивления 1 м трубы	
Условного прохода d_y	Наружный d	Внутренний $d_{вн}$	$\frac{кг/ч}{м/с}$	$\frac{кг/с}{м/с}$	$A\cdot10^4$, $\frac{Па}{(кг/ч)^2}$	$A\cdot10^{-4}$, $\frac{Па}{(кг/с)^2}$		$S\cdot10^4$, $\frac{Па}{(кг/ч)^2}$	$S\cdot10^{-4}$, $\frac{Па}{(кг/с)^2}$
10	17	12,6	425	0,118	26,50	3,43	3,6	95,4	12,35
15	21,3	15,7	690	0,192	10,60	1,37	2,7	28,62	3,7
20	26,8	21,2	1250	0,348	3,19	0,412	1,8	5,74	0,742
25	33,5	27,1	2000	0,555	1,23	0,159	1,4	1,72	0,223
32	42,5	35,9	3500	0,97	0,39	0,0508	1	0,39	0,051
40	48	41	4650	1,29	0,23	0,0298	0,8	0,18	0,024
50	60	53	7800	2,16	0,082	0,01063	0,55	0,045	0,006

Примечания:

1) 1 Па = 0,102 кгс/м^2 ; 1 Па/(кг/с)^2 = 0,788·10^{-8} (кгс/м^2)/(кг/ч)^2 ; 1 кгс/м^2 = 9,80665 Па ; 1 (кгс/м^2)/(кг/ч)^2= 1,271·10^8 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 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 расчётов погрешностью (до 5%), определять, вводя поправочный коэффициент на неквадратичность φ_4 , по формулам

$$S = S_т \cdot \varphi_4 , \qquad (П\ 1.1)$$

$$\zeta' = \zeta'_4 \cdot \varphi_4 , \qquad (П\ 1.2)$$

$$\zeta = \zeta_4 \cdot \varphi_4 , \qquad (П\ 1.3)$$

где $S_т$, 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 М со средней температурой от 80 до 90°С .

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

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

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 .

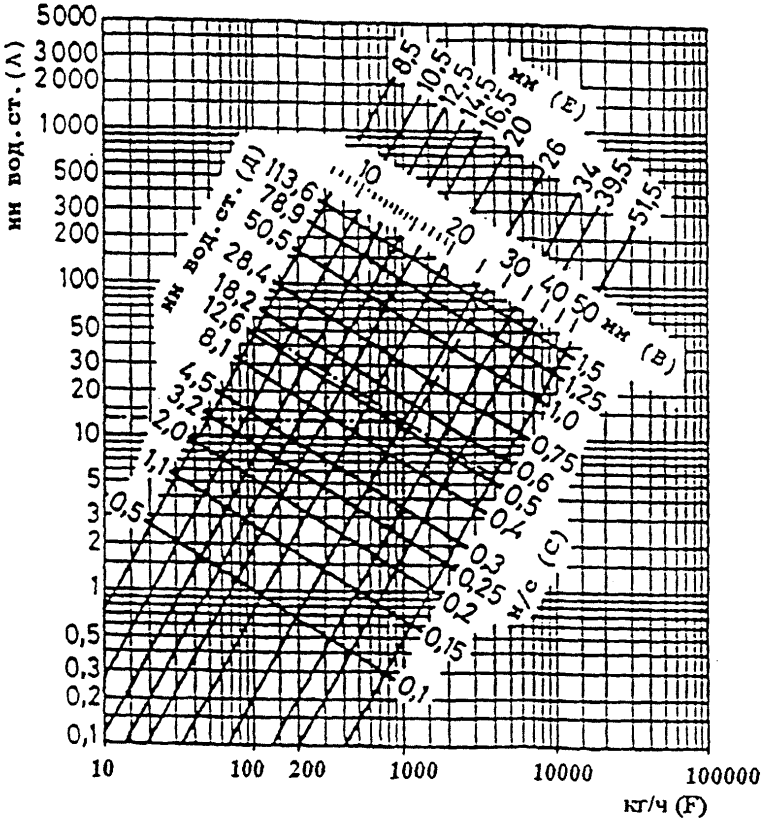
Продолжение приложения 1

Таблица 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	0,0625	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



А – потери давления на трение в медных трубах 1 м при температуре теплоносителя 40°С, мм вод. ст.;

В – внутренние диаметры медных труб, мм;

С – скорость воды в трубах, м/с;

Д – потеря давления на местные сопротивления при коэффициенте сопротивления ζ=1 и соответствующем внутреннем диаметре подводящей медной трубы, мм вод. ст.;

Е – внутренние диаметры медных труб, характерные для западноевропейского рынка, мм;

F- расход воды через трубу, кг/ч.

При средней температуре воды 80°С на значения потери давления, найденные по настоящей номограмме, вводить поправочный множитель 0,88; при средней температуре 10°С – 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, °С	Тепловой поток 1 м трубы, Вт/м, при Θ, °С, через 1°С									
		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 к приложению 3

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 уменьшаются (умножаются на поправочный коэффициент - 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 ($\lambda_{бет} \geq 1,8$ Вт/(м·°С), $\rho_{бет} \geq 2000$ 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 ($\lambda_{бет} \geq 1,8$ Вт/(м·°С), $\rho_{бет} \geq 2000$ 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.

gost.e-ecolog.ru