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

РЕКОМЕНДАЦИИ

по применению алюминиевых секционных радиаторов повышенной прочности «FARAL Green HP» и стандартного исполнения «FARAL Green» итальянской фирмы «FARAL S.p.A.» концерна Zehnder Group

(вторая редакция)

Москва – 2004

Уважаемые коллеги!

Научно-техническая фирма ООО «Витатерм» и ФГУП «НИИсантехники» предлагают Вашему вниманию вторую редакцию рекомендаций по применению в системах отопления литых секционных радиаторов из алюминиевых сплавов известной итальянской фирмы «FARAL S.p.A.» концерна Zehnder Group с учётом рекомендаций ООО «Витатерм» по адаптации подобных приборов к российским условиям эксплуатации.

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

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

Замечания и предложения по совершенствованию настоящих рекомендаций авторы просят направлять по адресу: Россия, 111558, Москва, Зелёный проспект, 87–1–23, директору ООО «Витатерм» Сасину Виталию Ивановичу или по тел./факс. (095) 482–38–79 и тел. (095) 918–58–95.

**© ООО «Витатерм»
2004**

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

РЕКОМЕНДАЦИИ

по применению алюминиевых секционных радиаторов повышенной прочности «FARAL Green HP» и стандартного исполнения «FARAL Green» итальянской фирмы «FARAL S.p.A.» концерна Zehnder Group

(вторая редакция)

Москва – 2004

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Основные технические характеристики алюминиевых секционных радиаторов фирмы «FARAL S.p.A.»	4
2. Схемы и элементы систем отопления	9
3. Гидравлический расчёт	13
4. Тепловой расчёт	22
5. Пример расчёта этажестояка однотрубной системы водяного отопления	27
6. Указания по монтажу алюминиевых радиаторов «FARAL Green HP» и «FARAL Green» и основные требования к их эксплуатации	29
7. Список использованной литературы	33
Приложение 1. Динамические характеристики стальных водогазопроводных труб	34
Приложение 2. Тепловой поток 1 м открыто проложенных вертикальных гладких металлических труб, окрашенных масляной краской	36

1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СЕКЦИОННЫХ РАДИАТОРОВ ФИРМЫ «FARAL S.p.A.»

1.1. Предлагаемые специалистам рекомендации по применению алюминиевых секционных радиаторов повышенной прочности «FARAL Green HP» и стандартного исполнения «FARAL Green» известной итальянской фирмы «FARAL S.p.A.» (Via Ponte Alto, 40, 41011 Campogalliano (MO), Italia, www. faral. com), входящей в концерн Zehnder Group (представительство в России: ООО «Цендер ГмбХ», 115419, Москва, 2-й Рощинский пр., д. 8. оф. 1301, тел. (095) 232-22-49, факс. (095) 232-21-45), разработаны НТФ ООО «Витатерм» на основе проведённых в лаборатории отопительных приборов ФГУП «НИИсантехники» и в ООО «Витатерм» комплексных теплогидравлических и прочностных испытаний образцов указанных радиаторов с монтажными высотами 350, 500 и 600 мм.

1.2. Образцы для испытаний получены от представительства концерна Zehnder Group в Москве и от ООО «Термоимпорт».

1.3. Рекомендации разработаны по традиционной схеме [1], [2] с использованием материалов фирмы «FARAL S.p.A.» и первой редакции рекомендаций ООО «Витатерм» [3].

1.4. **Радиаторы «FARAL Green HP» и «FARAL Green»** (рис. 1.1) – алюминиевые секционные приборы современного дизайна с гладкими наружными поверхностями, ***предназначенные для использования в системах отопления жилых, общественных и административных зданий, а также коттеджей и офисов.***

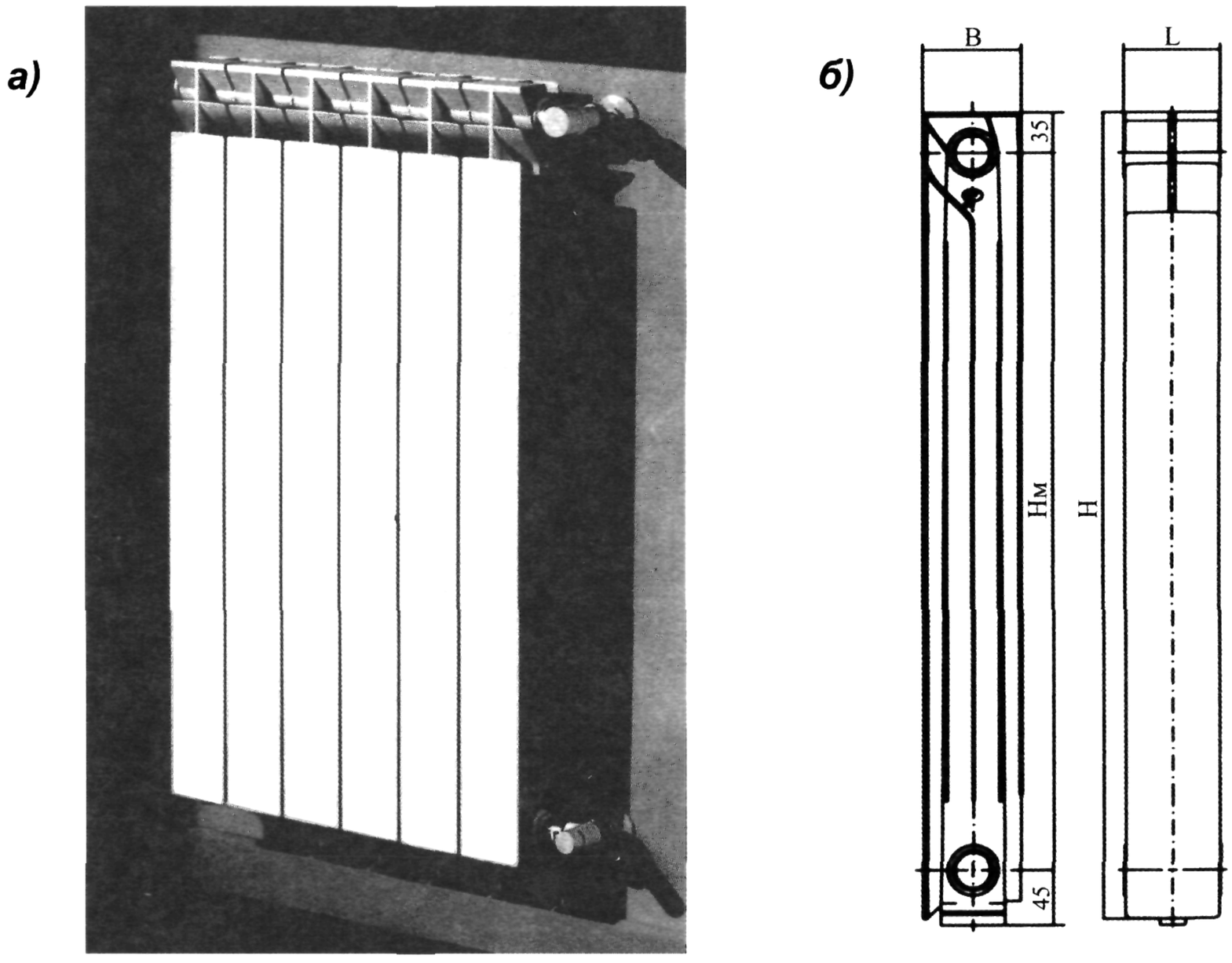


Рис. 1.1. Общий вид (а) и габаритные размеры (б) секции радиаторов «FARAL Green HP» и «FARAL Green»

Фирма «FARAL S.p.A.» одной из первых в мире освоила массовое производство секционных алюминиевых радиаторов стандартного исполнения «FARAL Green», ориентированных на западноевропейских потребителей. В связи с выходом на российский рынок фирма с учётом рекомендаций ООО «Витатерм» освоила также производство радиаторов повышенной прочности «FARAL Green HP».

Основные технические характеристики радиаторов «FARAL Green HP» и «FARAL Green» приведены в табл. 1.1 и 1.2. Из рис. 1.1 и данных таблиц следует, что общий вид и габариты, а также тепловые показатели стандартной и упрочнённой модификаций совпадают, однако прочностные качества радиаторов «FARAL Green HP» существенно выше, чем у стандартной модели. Повышенная прочность алюминиевых радиаторов «FARAL Green 500 HP» подтверждена испытаниями в ООО «Витатерм» и согласно нашим исследованиям [4] чрезвычайно полезна при эксплуатации этих приборов в отечественных условиях. Приведённые в табл. 1.2 значения водородного показателя (pH) указаны заводом-изготовителем с учётом рекомендаций ООО «Витатерм».

Выпускаются радиаторы с монтажными высотами 350, 500, 600, 700 и 800 мм. В настоящих рекомендациях приведены данные по наиболее часто применяемым радиаторам с монтажными высотами 350, 500 и 600 мм, причём модификации повышенной прочности «FARAL Green HP» поставляются на российский рынок с монтажной высотой 350 и 500 мм.

Таблица 1.1. Основные технические характеристики секций радиаторов «FARAL Green HP» и «FARAL Green»

Тип радиатора	Номинальный тепловой поток $q_{ну}$, кВт	Площадь наружной поверхности нагрева **F**, $м^2$	Номинальный коэффициент теплопередачи $К_{ну}$, $Вт/(м^2.{}^oС)$	Объём воды, л	Масса (с ниппелями), кг	Размеры секции, мм			
						Монтажная высота $H_м$	Высота **H**	Глубина **B**	Длина **L**
FARAL Green 350 HP	0,136	0,32	6,07	0,255	1,12	350	430	80	80
FARAL Green 500 HP	0,18	0,465	5,53	0,325	1,48	500	580	80	80
FARAL Green 350	0,136	0,32	6,07	0,26	1,07	350	430	80	80
FARAL Green 500	0,18	0,465	5,53	0,33	1,42	500	580	80	80
FARAL Green 600	0,209	0,562	5,31	0,36	1,65	600	680	80	80

Таблиц 1.2. Предельные параметры теплоносителя в системах отопления с радиаторами «FARAL Green HP» и «FARAL Green»

Наименование показателей	Ед. измерения	Значения для радиаторов	
		«FARAL Green HP»	**«FARAL Green»**
Рабочее избыточное давление теплоносителя, не более	МПа кгс/см^2	1,6 16	1,0 10
Заводское испытательное избыточное давление, не менее	МПа кгс/см^2	2,4 24	1,5 15
Максимальная температура теплоносителя	°С	110	
Значения pH (водородного показателя)	-	7 – 8,5	

1.5. Секционные радиаторы «FARAL Green HP» и «FARAL Green» изготавливаются методом литья под давлением из алюминиевого сплава, который характеризуется однородностью состава и содержанием кремния в пределах 11-12,5%. Конструктивные размеры секций этих радиаторов по допускам соответствуют требованиям стандарта UNI EN 442-1.

1.6. Высокое качество окраски радиаторов достигается двойным покрытием его наружных поверхностей сначала методом анафореза (после предварительной физико-химической обработки), а затем порошковыми эпоксидными эмалями белого цвета (RAL 9010) в электростатическом поле, что позволяет применять эти радиаторы в помещениях с повышенной влажностью. К эстетическому «классическому» белому цвету, принятому для алюминиевых радиаторов, фирма «FARAL S.p.A.» предлагает покупателям цвета на выбор из гаммы цветов красок RAL по отдельному заказу. Это позволяет потребителю наиболее удачно подобрать оттенок окраски приборов для гармоничного их сочетания с интерьером квартиры, офисного или производственного помещения.

Обращаем особое внимание на то, что внутренние поверхности радиаторов подвергаются специальной фтороцирконатной обработке, повышающей антикоррозионные свойства этих приборов при эксплуатации.

1.7. Радиаторы поставляются в сборе с количеством секций в приборе от 2 до 16, другое количество секций – после перегруппировки.

1.8. Каждый радиатор упаковывается в термоусадочную полиэтиленовую плёнку, затем в картонную коробку.

1.9. Возможная комплектация включает: 1 пробку глухую, 1 пробку проходную под воздухоотводчик, 1 воздухоотводчик ручной (на 1/8", 1/4", 3/8" или 1/2"), 2 пробки проходные (переходники на 1/2" или 3/4") и два кронштейна. Все глухие и проходные пробки снабжены прокладками. Поставляются только никелированные глухие и проходные пробки. При заказе проходных пробок и заглушек следует учитывать левое или правое присоединение радиаторов к подводящим теплопроводам. Внутренняя резьба проходных пробок только правая.

По заказу возможна поставка специальных стоек для напольной установки радиаторов.

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

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

Для радиаторов повышенной прочности с монтажной высотой 500 и 350 мм добавляется обозначение «HP», например, **FARAL Green 500 HP x 7.**

1.11. Приведённые в табл. 1.1 тепловые характеристики радиаторов «FARAL Green HP» и «FARAL Green» определены в лаборатории отопительных приборов ФГУП «НИИсантехники» - головного института Российской Федерации по разработке и испытанию отопительных приборов согласно российской методике тепловых испытаний отопительных приборов при теплоносителе воде [5] 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.).

1.12. Гидравлические характеристики радиаторов «FARAL Green HP» и «FARAL Green» получены при подводках условным диаметром 15 и 20 мм согласно методике ФГУП «НИИсантехники» [6], 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 приведены в разделе 3.

1.13. 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 [5] 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 [5] 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)

методикам. С учётом изложенного не подтверждается обычно принимаемая в зарубежных каталогах пропорциональность теплоотдачи радиаторов их длине. Особенности теплопередачи радиаторов при «нестандартных» схемах движения теплоносителя и разном количестве секций в радиаторе 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.

1.14. Цена на радиаторы договорная с гибкой системой скидок. Справки о ценах можно получить в представительстве концерна Zehnder Group в Москве.

1.15. Завод-изготовитель даёт 5 лет гарантии на алюминиевые радиаторы «FARAL Green HP» и «FARAL Green» и оригинальные аксессуары для этих приборов с начала их эксплуатации. Гарантия действует при условии выполнения требований предприятия-изготовителя.

1.16. Цена рекомендаций договорная.

1.17. Секционные радиаторы «FARAL Green HP» и «FARAL Green» сертифицированы в России в системе ГОСТ Р.

1.18. Фирма «FARAL S.p.A.» постоянно работает над совершенствованием своих отопительных приборов и оставляют 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.

1.19. 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. Алюминиевые секционные радиаторы «FARAL Green HP» и «FARAL Green» предназначены для применения в двухтрубных и однотрубных системах отопления зданий различного назначения.

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 алюминиевыми радиаторами фирмы «FARAL S.p.A.».

Зарубежные котлы обычно оснащены встроенным в кожух котла закрытым расширительным сосудом. В этом случае надобность в открытом расширительном бачке отпадает.

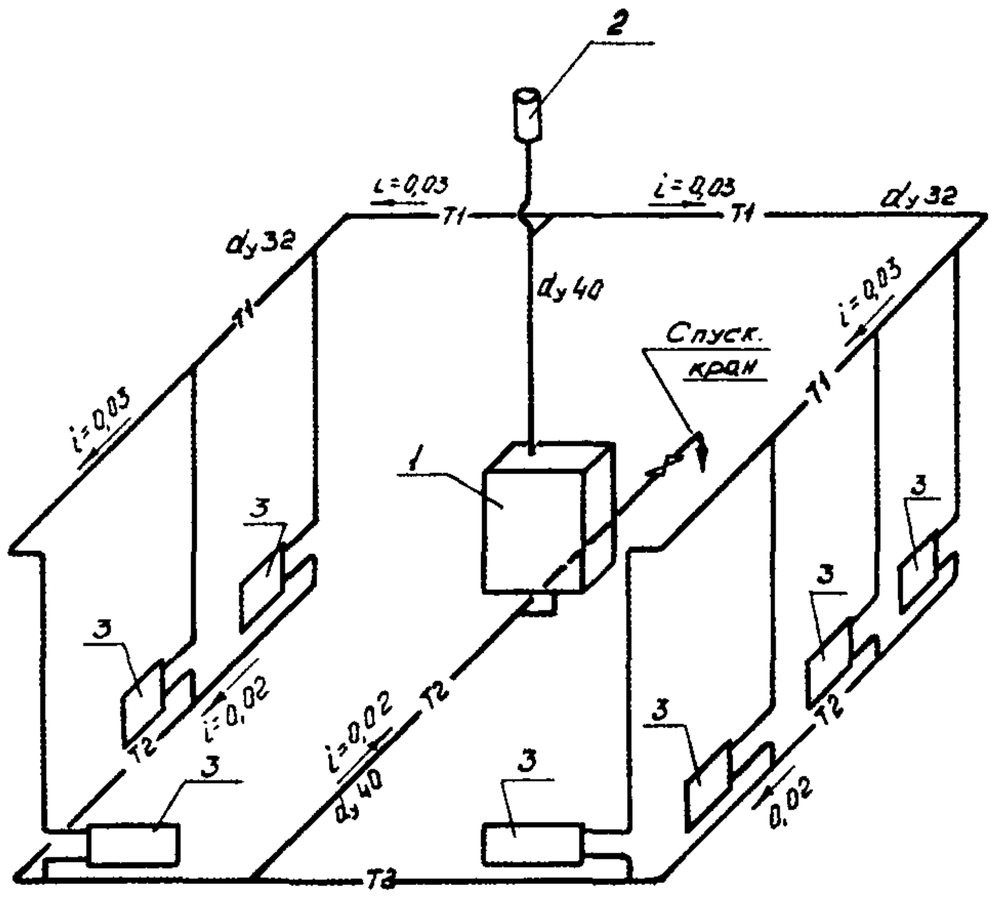
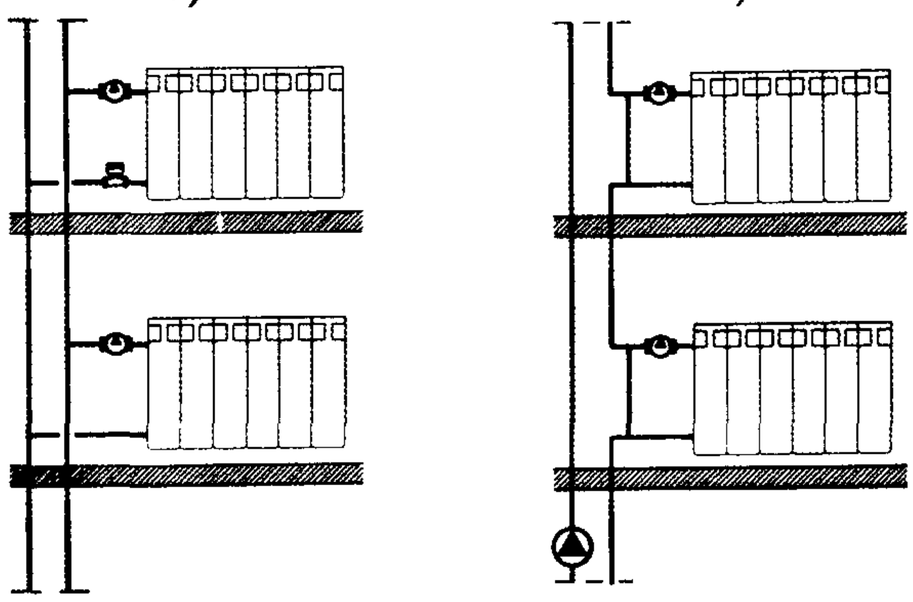


Рис. 2.1. Схема гравитационной проточной системы отопления одноэтажного дома:
1 – котёл, 2 – расширительный бачок,
3 – радиаторы

2.3. Для повышения эксплуатационной надёжности алюминиевые радиаторы «FARAL Green HP» и «FARAL Green» рекомендуется использовать в ***независимых схемах подсоединения к системам теплоснабжения***, оборудованных закрытыми расширительными сосудами и качественными насосами, обеспечивающими стабильную работу системы отопления без ухудшения качества теплоносителя. Помимо использования в системе отопления традиционных воздухосборников необходимо оснащать каждый радиатор **воздухогазоотводчиком.** Рекомендуется применять клапан безопасности «Absolut», совмещенный с воздухоотводчиком.

Качество теплоносителя (горячей воды) должно отвечать «Правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ» [7] с учётом требований, приведенных в табл. 1.2 и в 6 разделе настоящих рекомендаций.

2.4. На рис. 2.2 и 2.3 представлены некоторые традиционные схемы систем отопления, в которых используются секционные радиаторы.



2.2. Схемы вертикальных систем отопления с радиаторами «FARAL Green HP» и «FARAL Green»
а – двухтрубная,
б – однотрубная

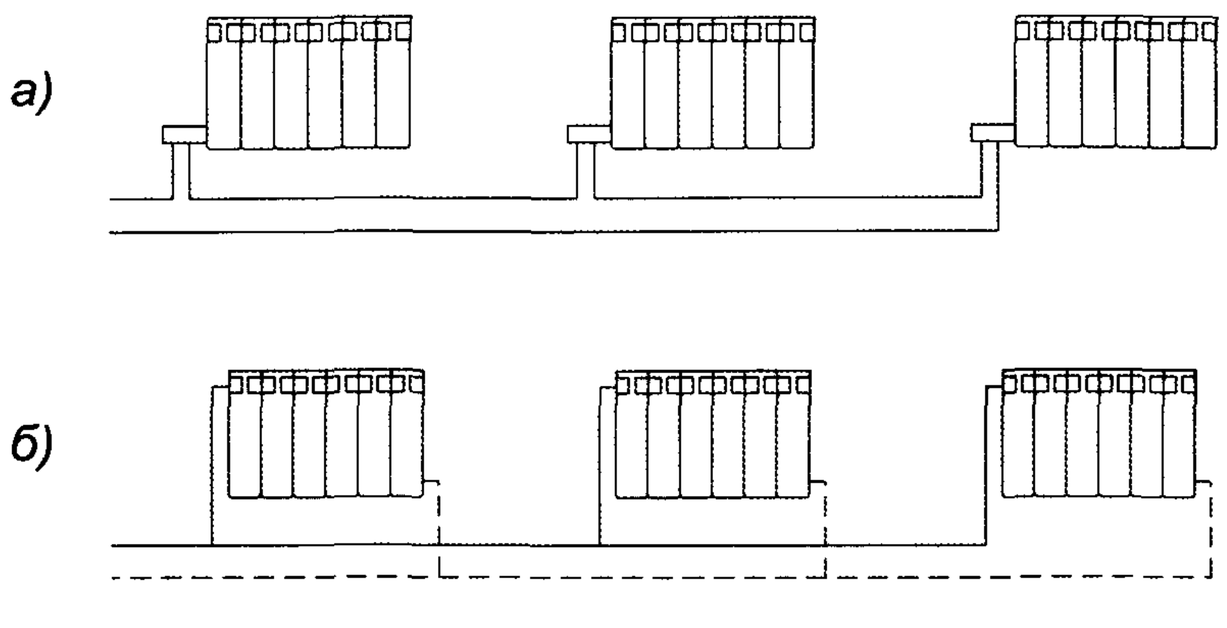


Рис. 2.3. Варианты присоединения секционных радиаторов «FARAL Green HP» и «FARAL Green» в горизонтальных системах отопления:
а – однотрубной с одноузловым присоединением прибора;
б – двухтрубной с разносторонним присоединением приборов

2.5. 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 (рис. 2.4 *а*).

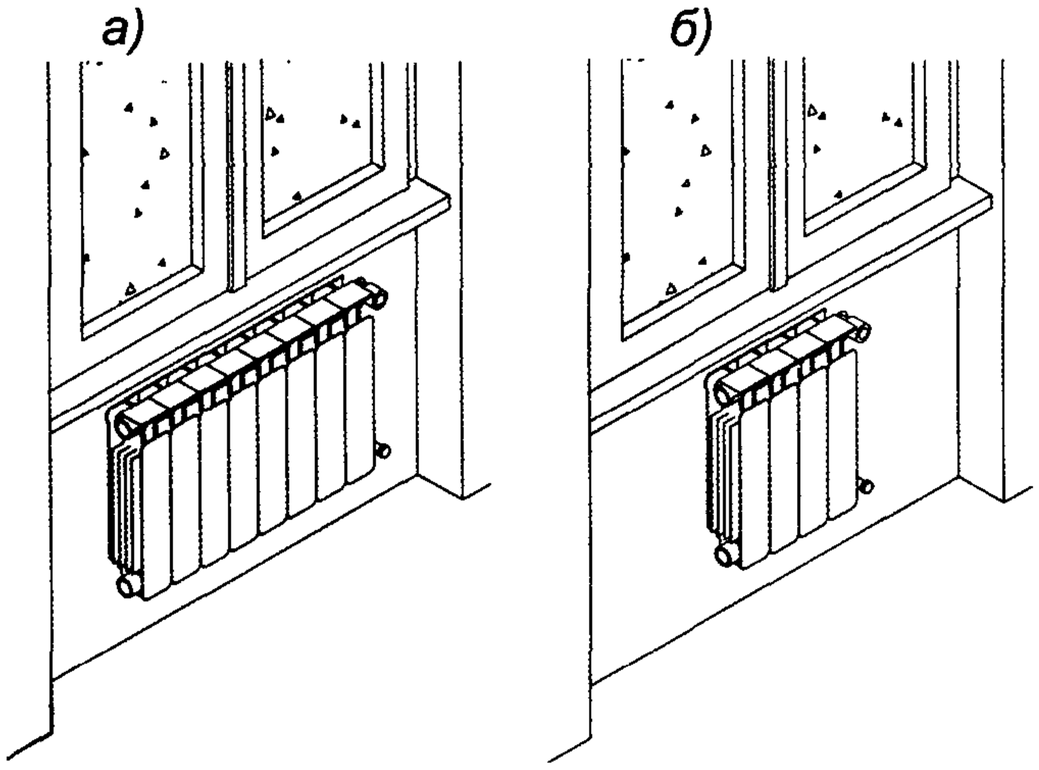


Рис. 2.4. Установка радиатора под окном

На рис. 2.4*б* радиатор установлен посередине оконного проёма, однако полностью его не перекрывает, что ухудшает микроклимат помещения. В этом случае необходимо поменять радиатор на прибор меньшей теплоплотности, например, вместо радиатора с монтажной высотой 500 мм установить радиатор с меньшей высотой (350 мм).

Присоединение теплопроводов к радиаторам может быть с одной стороны (одностороннее) и с противоположных сторон приборов (разностороннее). При одностороннем присоединении труб не рекомендуется чрезмерно укрупнять радиаторы. Поэтому в системах отопления с искусственной циркуляцией при числе секций в радиаторах «FARAL Green HP» и «FARAL Green» более 20, а в гравитационных системах - более 12, рекомендуется применять разностороннюю (диагональную) схему присоединения.

При соединении приборов на сцепках (с диаметром 1") рекомендуется применять разностороннюю схему присоединения теплопроводов.

2.6. В последнее время в отечественной практике находит всё более широкое применение скрытая напольная или плинтусная разводка теплопроводов и донное их присоединение к радиаторам с помощью специальной гарнитуры, в частности, с использованием Н-образных клапанов и клапанов одноузлового подключения (например, «ГЕРЦ-VTA» и «ГЕРЦ-VUA»). На рис. 2.5 показана схема поквартирной системы отопления с плинтусной (периметральной) разводкой теплопроводов.

Для уменьшения бесполезных теплопотерь стояки размещаются вдоль внутренних стен здания, например, на лестничных клетках или в специальных технических нишах. Стояки присоединяются к поквартирным распределительным коллекторам. Для разводки теплоносителя 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).

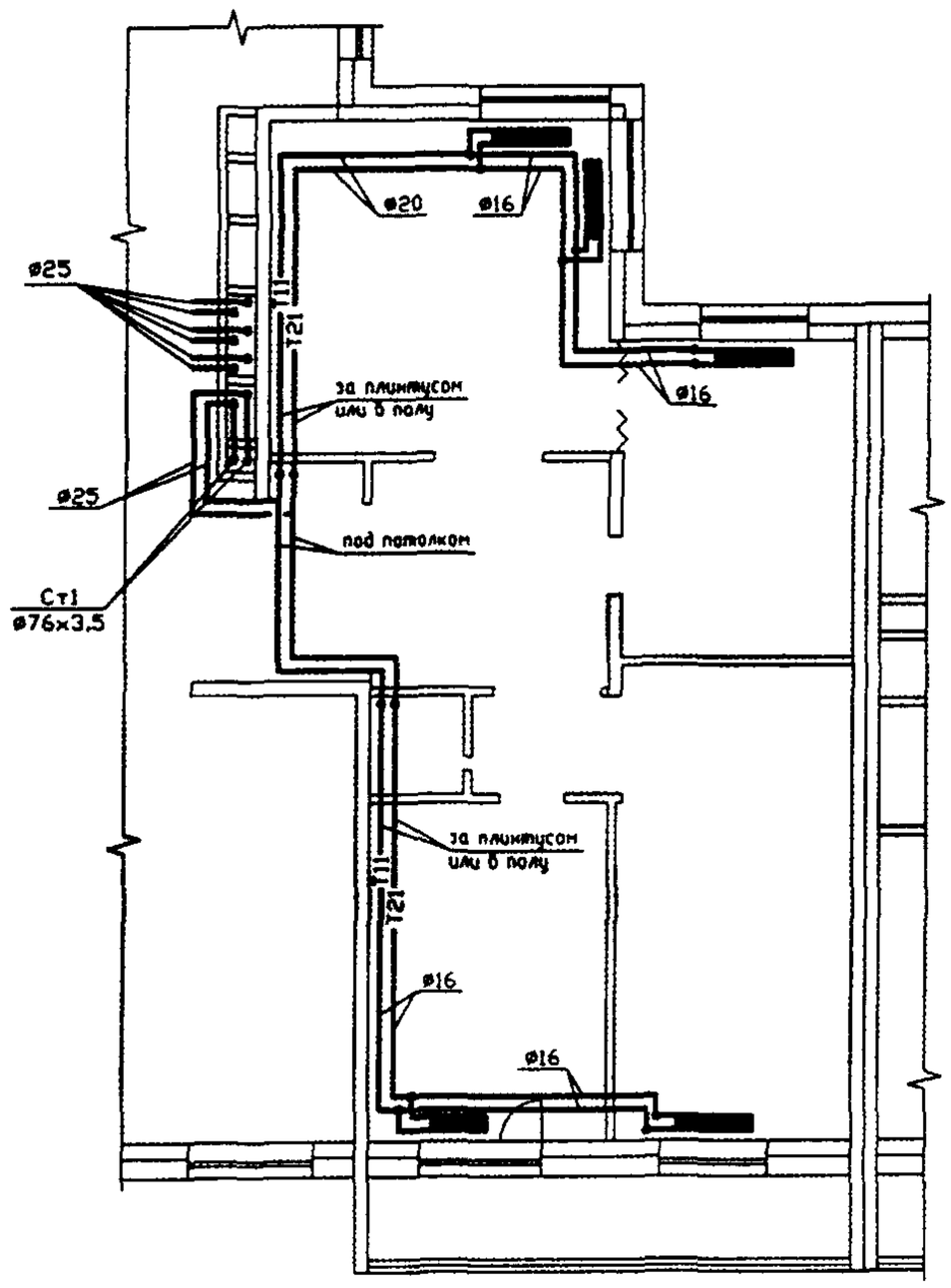


Рис. 2.5. Система отопления с плинтусной разводкой теплопроводов по квартире

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

Согласно СНиП [8], 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 [9] более жёстко требуют установку термостатов у отопительных приборов. Подробные сведения о термостатах приведены в разделе 3.

По данным ООО «Витатерм» при полном закрытии регулирующей арматуры, установленной 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 монтировать регулирующую арматуру на нижней подводке к радиатору или устанавливать дополнительно циркуляционный тормоз (рис. 2.2 *а*).

В современной практике обвязки отопительных приборов из алюминиевых сплавов часто предусматривается установка запорной арматуры на обеих (а не на одной) подводках. Обычно для этой цели используются запорные клапаны, поскольку термостат не является запорной арматурой. Поэтому 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 перекрыть только нижнюю подводку.

При установке термостата на горизонтальной проточной ветви следует учитывать, что суммарная тепловая нагрузка на ветвь не должна превышать 5 кВт.

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.

2.10. Если загрязнения в теплоносителе превышают нормы [7], то для нормальной работы термостатов и регулирующей арматуры необходимо оснащать систему отопления фильтрами, в том числе и постояковыми, и обеспечить их нормальную эксплуатацию.

3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

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

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

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

или по методу «удельных линейных потерь давления»

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

где ΔР - 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;

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

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

λ - коэффициент трения;

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

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

L - длина рассчитываемого участка теплопровода, м;

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 .

3.2. В табл. 3.1 приведены гидравлические характеристики радиаторов «FARAL Green HP» и «FARAL Green» при нормативном расходе горячей воды через прибор ($M_{пр}$=0,1 кг/с), характерном для однотрубных систем отопления, а также при $M_{пр}$=0,017 кг/с, характерном для двухтрубных систем, которые усреднены для радиаторов с количеством секций от 4 и более и практически совпадают для обеих модификаций радиаторов. Представленные данные можно принимать для приборов с монтажной высотой от 350 до 600 мм как при движении теплоносителя по схемам «сверху-вниз», так и при схеме «снизу-вверх», а также при схеме «снизу-вниз» при количестве секций в радиаторе от 4 до 16.

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.

3.3. 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.

3.4. Для автоматического регулирования в двухтрубных насосных системах

отопления можно рекомендовать терморегуляторы (термостаты) «ГЕРЦ-TS-90-V» с присоединительными размерами 3/8" и 1/2" (совпадающие для обоих размеров гидравлические характеристики представлены на рис. 3.1), RTD-N фирмы «Данфосс» (см. рис. 3.2, а), **A**, **RF** и **AZ** фирмы «Овентроп» и др.

Для широко используемых в России однотрубных систем отопления можно рекомендовать специальные термостаты уменьшенного гидравлического сопротивления RTD-G (рис. 3.2, б), «ГЕРЦ-TS-E» (см. рис. 3.3), марки «COMAP 804 ¾» фирмы «Комап», марки **M** фирмы «Овентроп» (рис. 3.4), марки **H** фирмы «Хоневелл» и термостаты условным диаметром 20 мм фирмы «Хаймайер».

Наклонные линии (1,2,3...) на диаграммах рис. 3.1 и 3.2 (а) показывают диапазоны предварительной 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 заметно меньше. Например, на рис. 3.1 линия «максимального подъёма» штока термостата при режиме настройки на 2К показывает существенно большее значение перепада давления при том же расходе воды, чем линия, характеризующая «максимальное открытие» термостата.

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

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

В однотрубных системах целесообразно применять трёхходовые термостаты, обеспечивающие удобные подключение к прибору и монтаж замыкающего участка. Среди наиболее интересных термостатов этого типа выделяются 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 определяют перепад давлений между подводящим и обратным патрубками у замыкающего участка, зависят от настройки на коэффициент затекания, расхода теплоносителя в стояке и от гидравлических характеристик отопительных приборов.

На рис. 3.1, 3.3 и 3.5 на пересечении кривых, характеризующих зависимость гидравлического сопротивления термостатов от расхода воды, с линией ΔP=1 бар=100 кПа указаны значения расходных коэффициентов K_v [$(м^3/ч)\cdot бар^{-1/2}$]. Для однотрубных систем отопления могут применяться термостаты с $K_v \geq 1{,}2$.

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 1,5-3 м вод. ст.

Донное подключение радиаторов можно осуществить с помощью специаль-

ной гарнитуры, поставляемой изготовителями термостатов, как для традиционного бокового подключения, так и одноузлового через нижнюю боковую пробку, а также с помощью Н-образных запорно-регулирующих клапанов.

Подробные сведения об этих термостатах и присоединительной гарнитуре можно получить в представительствах соответствующих фирм в Москве: АО «ГЕРЦ Арматурен» - тел. (095) 482-39-18; АО «Данфосс» - тел. (095)792-57-57; «Овентроп» (095) 916-11-63 или в 000 «Витатерм» (номера телефонов указаны на стр. 2 настоящих рекомендаций).

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

3.6. Значения удельных скоростных давлений и приведённых коэффициентов гидравлического трения для стальных теплопроводов систем отопления принимаются по приложению 1.

3.7. Гидравлические характеристики комбинированных полипропиленовых труб типа «Фузиотерм Штаби» и металлополимерных труб «Китек» и аналогичных марок 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 [11].

3.8. Значения коэффициентов местного сопротивления конструктивных элементов систем водяного отопления принимаются по «Справочнику проектировщика», ч. 1 «Отопление» [10].

3.9. 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.

3.10. Значения коэффициентов затекания $\alpha_{пр}$ для радиаторов «FARAL Green HP» и «FARAL Green» 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.

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

Таблица 3.1. Усреднённые гидравлические характеристики алюминиевых радиаторов «FARAL Green HP» и «FARAL Green» с монтажной высотой 350, 500 и 600 мм

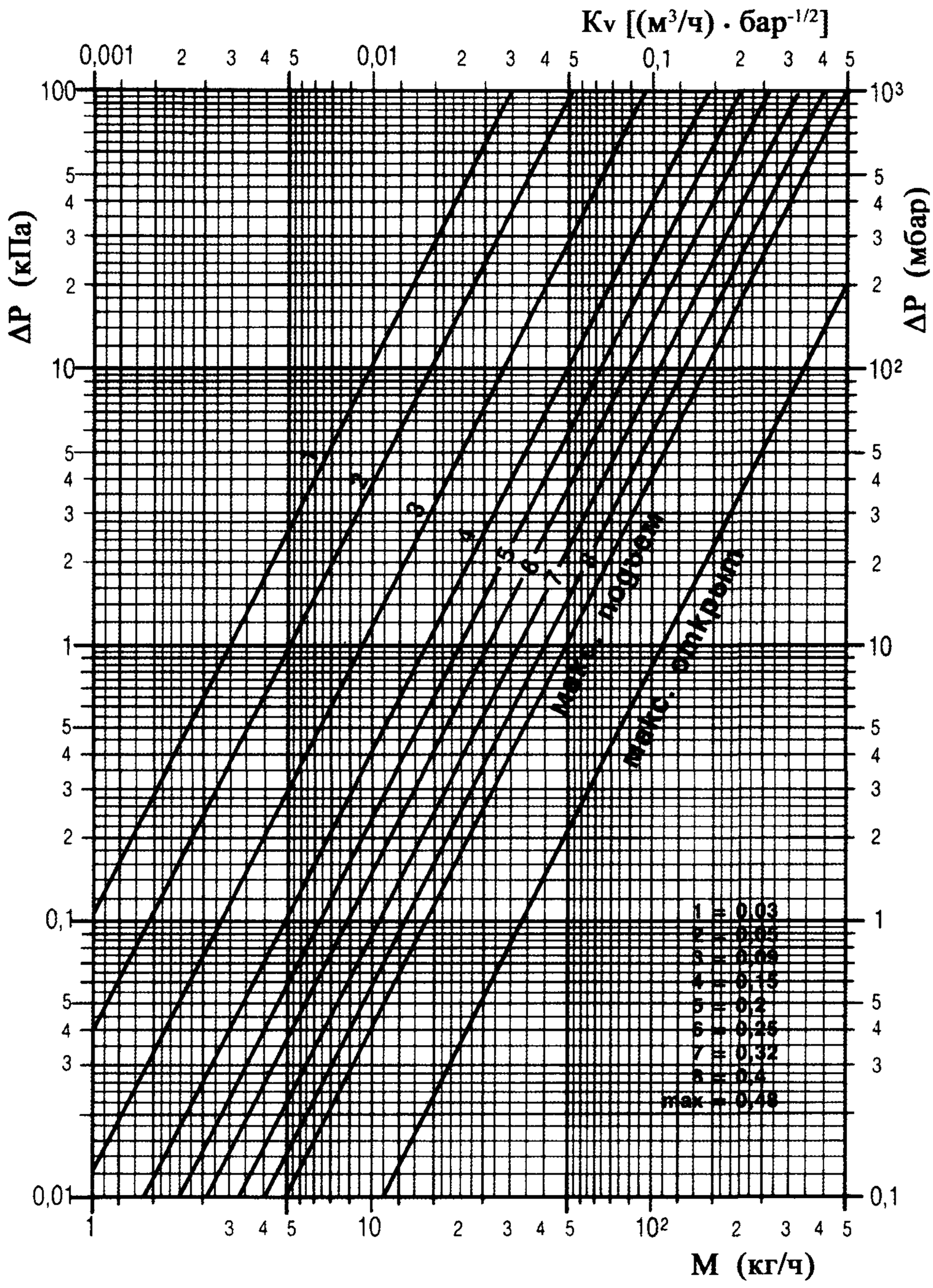
Количество секций в радиаторе, шт.	Условный диаметр подводки, мм	Коэффициент местного сопротивления ζ при $M_{пр}$		Характеристика сопротивления $S \cdot 10^{-4}$, Па/(кг/с)^2 при $M_{пр}$	
		360 кг/ч (0,1 кг/с)	60 кг/ч (0,017 кг/с)	360 кг/ч (0,1 кг/с)	60 кг/ч (0,017 кг/с)
2	15	1,7	3,7	2,33	1,52
	20	1,8	4,2	2,47	1,72
3	15	1,65	3,5	2,26	1,44
	20	1,75	4,0	2,4	1,64
4 и более	15	1,6	3,3	2,19	1,35
	20	1,7	3,8	2,33	1,56

Таблица 3.2. Коэффициенты местного сопротивления итальянских вентилей RBM для ручного и автоматического регулирования

Условный диаметр, мм	Коэффициенты местного сопротивления $\zeta_{ну}$			
	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 «FARAL Green HP» и «FARAL Green»

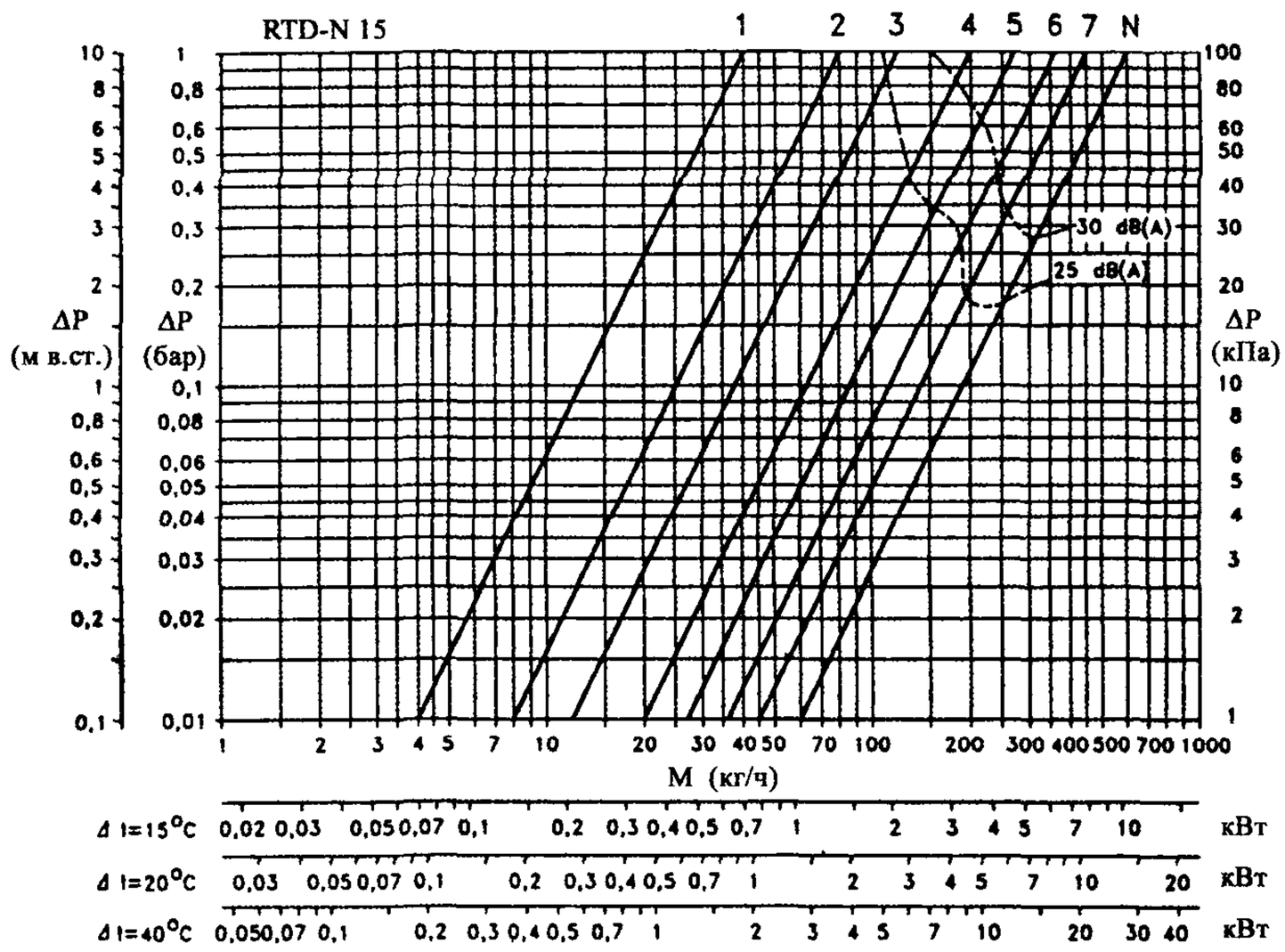
Тип регулирующей арматуры и фирма-изготовитель	Значения $\alpha_{пр}$ при сочетании диаметров труб радиаторного узла $d_{ст} \times d_{зу} \times d_{п}$ (мм)		
	15x15x15	20x15x15	20x15x20
Термостат RTD-G («Данфосс»)	0,24	0,195	0,265
Термостат «ГЕРЦ-TS-E» («ГЕРЦ»)	0,25	0,2	0,252
Термостат М («Овентроп»)	0,23	0,19	0,245
Термостат dy=20 («Хаймайер»)	-	-	0,253



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.

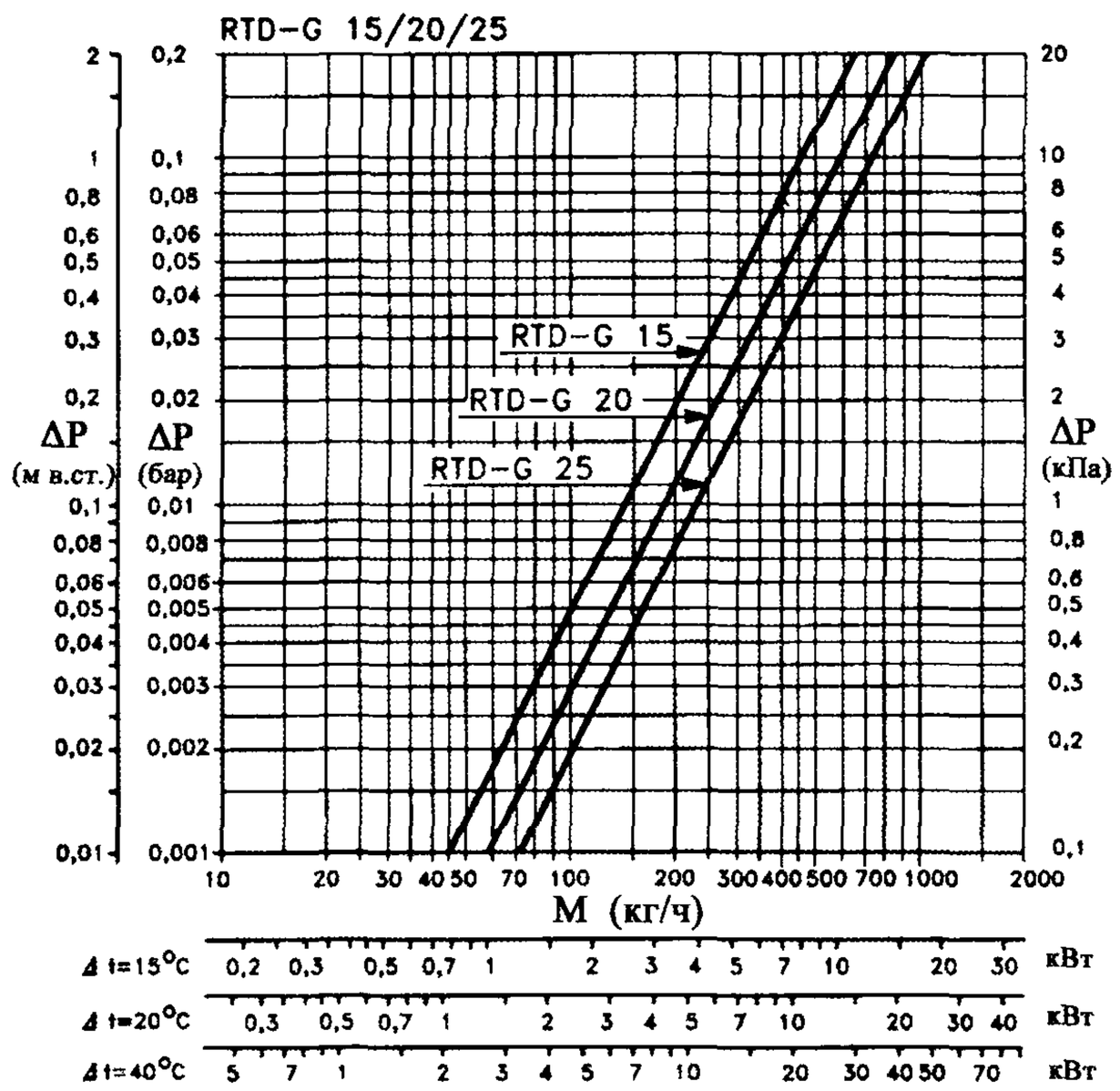


Рис. 3.2. Гидравлические характеристики термостатов «Данфосс»:
а – RTD-N 15 при различных уровнях монтажной настройки клапана для двухтрубных систем отопления с подводками d_y 15 мм;
б – RTD-G для гравитационных и насосных однотрубных систем отопления с подводками d_y 15, 20 и 25 мм (при настройке на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

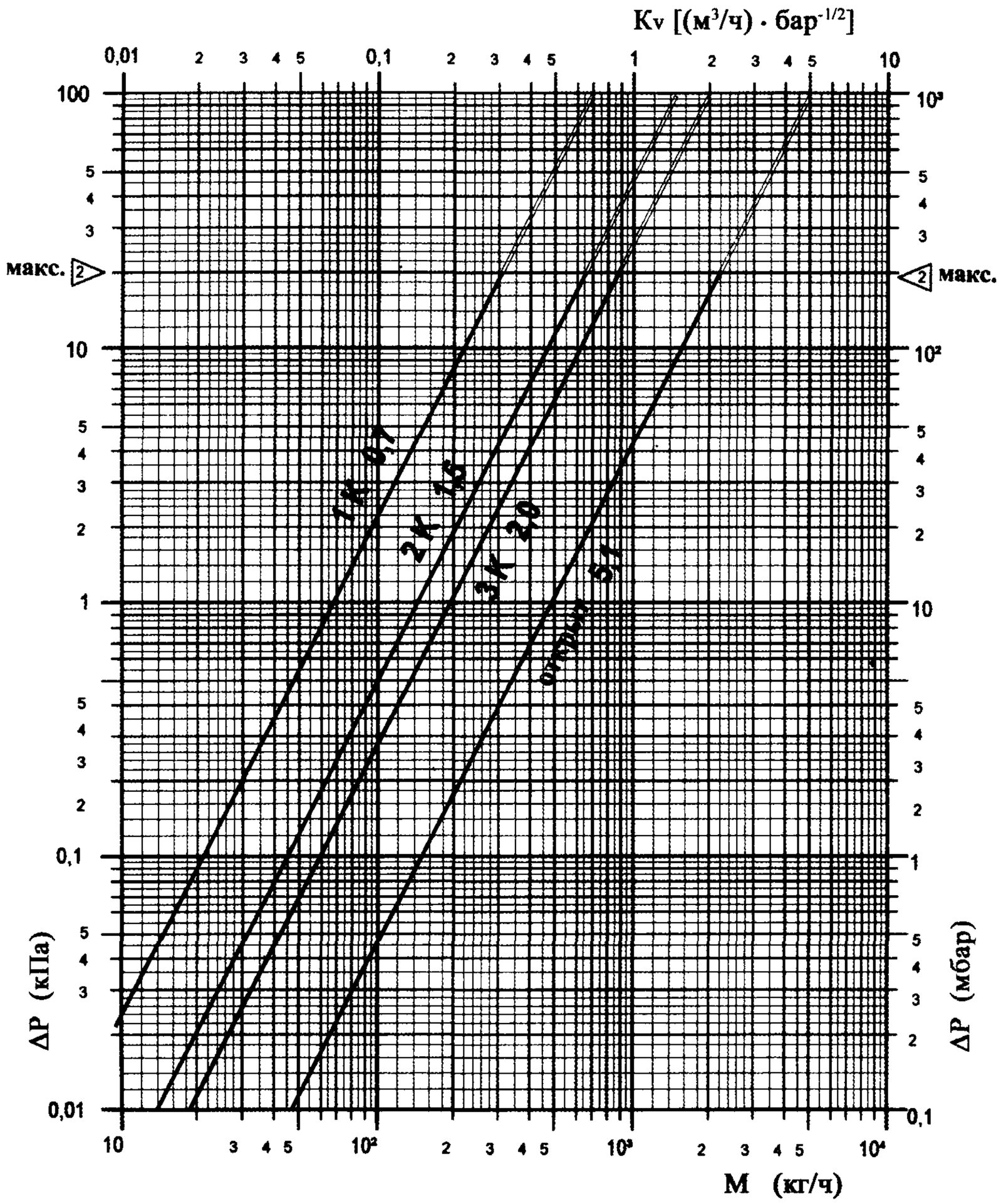


Рис. 3.3. Гидравлические характеристики термостатов «ГЕРЦ-TS-E» при различных режимах настройки

Примечание к диаграмме. Стрелками указаны предельные значения перепада давления (0,2 бар), при котором уровень звукового давления не превышает 25 дБ (А).

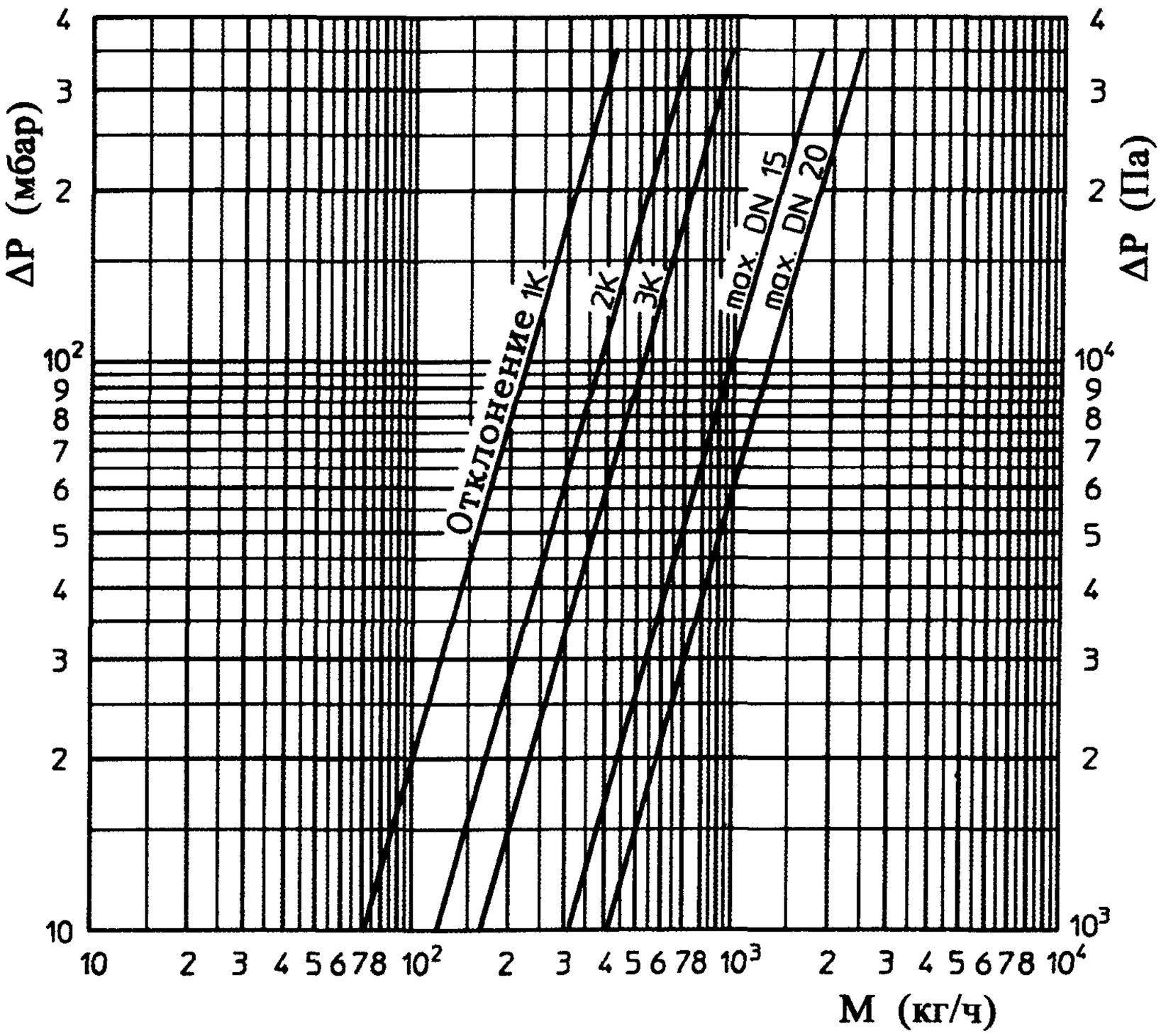
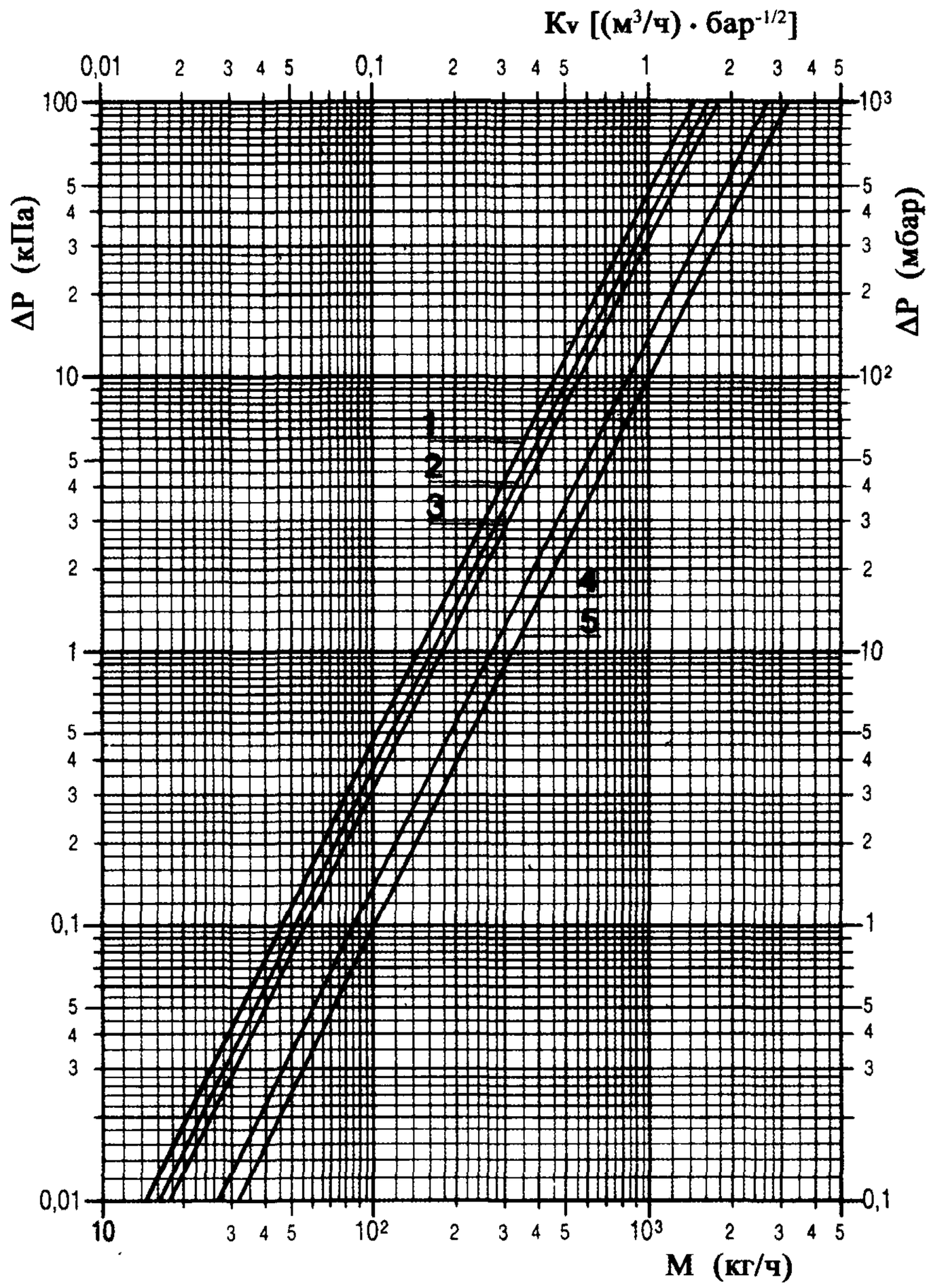


Рис. 3.4. Гидравлические характеристики термостатов серии «М» фирмы «Овентроп» при различных режимах настройки



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 литературе [8], [10], с учётом данных, приведённых в настоящих рекомендациях.

4.2. 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 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	Монтажная высота, мм	β_1	Значения β_2 при установке	
			у наружной стены	у наружного остекления
FARAL Green HP и FARAL Green	350	1,026	1,017	1,062
	500	1,042		
	600	1,064		

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 $q_{Ну}$ (см. табл. 1.1), 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;

$t_п$ - 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);

р – безразмерный поправочный коэффициент, с помощью которого учитывается специфика зависимости теплового потока и коэффициента теплопередачи радиатора от числа колонок 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 и 4.7);

$\varphi_2 = c \cdot (M_{пр}/0{,}1)^m$ – 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. 4.8);

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

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

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 «FARAL Green HP» и «FARAL Green»

Монтажная высота радиатора, мм	Схема движения теплоносителя	n	m	c	p
350	Сверху-вниз	0,28	0	1	1
	Снизу-вверх	0,3	0,15	0,93	См. табл. 4.5
	Снизу-вниз	0,28	0,02	0,95	1
500, 600	Сверху-вниз	0,3	0	1	1
	Снизу-вверх	0,33	0,15	0,9	См. табл. 4.5
	Снизу-вниз	0,3	0,02	0,95	1

Таблица 4.3. 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 4.4. Усреднённые значения коэффициента β_3, учитывающего влияние количества секций в радиаторе на его тепловой поток

Монтажная высота радиатора, мм	Значения β_3 при количестве секций в радиаторе						
	2	3	4	5-6	7-10	11-13	14 и более
350	1,03	1,02	1,01	1,005	1	0,99	0,98
500, 600	1,045	1,03	1,015	1	0,99	0,98	0,97

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

Монтажная высота радиатора, мм	Значения **p** при количестве секций в радиаторе				
	2	3	4	5	6 и более
350	1,017	1,012	1,005	1	1
500, 600	1,035	1,025	1,02	1,01	1

Таблица 4.6. Значения поправочного коэффициента φ_1 для радиаторов «FARAL Green HP» и «FARAL Green» с монтажной высотой 350 мм

Θ, °C	φ_1 при схеме движения теплоносителя	
	Сверху-вниз, снизу-вниз	Снизу-вверх
44	0,552	0,547
46	0,584	0,579
48	0,617	0,612
50	0,65	0,646
52	0,684	0,679
54	0,717	0,714
56	0,752	0,748
58	0,786	0,783
60	0,821	0,818
62	0,856	0,854
64	0,892	0,89
66	0,927	0,926
68	0,964	0,963
70	1	1
72	1,037	1,037
74	1,074	1,075
76	1,111	1,113

Θ, °C	φ_1 при схеме движения теплоносителя	
	Сверху-вниз, снизу-вниз	Снизу-вверх
78	1,149	1,151
80	1,186	1,19
82	1,224	1,228
84	1,263	1,267
86	1,301	1,307
88	1,34	1,346
90	1,379	1,386
92	1,419	1,427
94	1,458	1,467
96	1,498	1,508
98	1,538	1,549
100	1,579	1,59
102	1,619	1,631
104	1,66	1,673
106	1,701	1,715
108	1,742	1,757
110	1,783	1,8

Таблица 4.7. Значения поправочного коэффициента φ_1 для радиаторов «FARAL Green HP» и «FARAL Green»с монтажной высотой 500 и 600 мм

Θ, °C	φ_1 при схеме движения теплоносителя	
	Сверху-вниз, снизу-вниз	Снизу-вверх
44	0,547	0,539
46	0,579	0,572
48	0,612	0,605
50	0,646	0,639
52	0,679	0,673
54	0,714	0,708
56	0,748	0,743
58	0,783	0,779
60	0,818	0,815
62	0,854	0,851
64	0,89	0,888
66	0,926	0,925
68	0,963	0,962
70	1	1
72	1,037	1,038
74	1,075	1,077
76	1,113	1,116

Θ, °C	φ_1 при схеме движения теплоносителя	
	Сверху-вниз, снизу-вниз	Снизу-вверх
78	1,151	1,155
80	1,19	1,194
82	1,228	1,234
84	1,267	1,274
86	1,307	1,315
88	1,346	1,356
90	1,386	1,397
92	1,427	1,438
94	1,467	1,48
96	1,508	1,522
98	1,549	1,564
100	1,59	1,607
102	1,631	1,65
104	1,673	1,693
106	1,715	1,737
108	1,757	1,78
110	1,8	1,824

Таблица 4.8. 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		
		Снизу-вверх		Снизу-вниз
кг/с	кг/ч	$H_м$=350 мм	$H_м$=500, 600 мм	$H_м$=350, 500, 600 мм
0,01	36	0,658	0,637	0,907
0,02	72	0,731	0,707	0,92
0,03	108	0,776	0,751	0,927
0,04	144	0,81	0,784	0,933
0,05	180	0,838	0,811	0,937
0,06	216	0,861	0,834	0,94
0,07	252	0,882	0,853	0,943
0,08	288	0,899	0,87	0,946
0,09	324	0,915	0,886	0,948
0,1	360	0,93	0,9	0,95
0,125	450	0,962	0,931	0,954
0,15	540	0,988	0,956	0,958
0,2	720	1,032	0,999	0,963
0,25	900	1,067	1,033	0,968
0,3	1080	1,097	1,061	0,971

Примечание: значение φ_2 при движении теплоносителя «сверху-вниз» равно 1.

5. ПРИМЕР РАСЧЁТА ЭТАЖЕСТОЯКА ОДНОТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Условия для расчёта

Требуется выполнить тепловой расчёт этажестояка вертикальной однотрубной системы водяного отопления с настенным радиатором «FARAL Green HP». Радиатор установлен на наружной стене под оконным проёмом без ниши (длиной 1200 мм) на пятом этаже пятиэтажного здания, присоединён к стояку со смещённым замыкающим участком и оснащён термостатом RTD-G на подводке к прибору. Движение теплоносителя в приборе по схеме «сверху-вниз».

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. Расход воды в стояке $M_{ст}$ =0,038 кг/с (138 кг/ч).

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

Последовательность теплового расчёта

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

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

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

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

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

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

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

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

Предварительно ведём расчёт применительно к радиатору с монтажной высотой 500 мм. 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 · 0,038 = 0,0091 кг/с.

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

$$\Delta t_{пр} = \frac{Q_{пр}^{расч}}{C \cdot M_{пр}} = \frac{952}{4186{,}8 \cdot 0{,}0091} = 24{,}9°C \ , \qquad (5.3)$$

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

Температурный напор Θ определяется по формуле (4.2).

$$\Theta = t_н - \frac{\Delta t_{пр}}{2} - t_в = 105 - 12{,}45 - 20 = 72{,}55^o C.$$

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

$$Q_{ну}^{тр} = \frac{Q_{пр}^{расч}}{\varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot b} = \frac{952}{1{,}048 \cdot 1 \cdot 1} = 909\,Вт \ , \qquad (5.4)$$

где φ_1 и φ_2 - безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. 4.7 и 4.8.

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

$$N = \frac{Q_{ну}^{тр}}{q_{ну}} = \frac{909}{180} = 5{,}1\ шт. \qquad (5.5)$$

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

$$N_{уст.}^{пред.} = N : \beta_3 = 5{,}1 : 1 = 5{,}1 \text{ шт.} \qquad (5.6)$$

Напомним, что с учётом рекомендаций [8] 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

$$[(Q_{ну} - Q_{ну}^{тр}) : Q_{ну}^{тр}] \cdot 100\% = [(900–909):909] \cdot 100 = -\ 1\%. \qquad (5.7)$$

Согласно рекомендациям [8] к установке следует принять $N_{уст}$=5 секций ($Q_{ну}$=900 Вт).

Поскольку при 5 секциях длина прибора равна 400 мм, что существенно меньше длины подоконного пространства (1200 мм), продолжаем подбор радиатора, ориентируясь на радиатор с монтажной высотой 350 мм.

В этом случае $\alpha_{пр}$=0,24, $M_{пр}$=0,0091 кг/с, $\Delta t_{пр}$=24,9°С, Θ=72,55°С, φ_1 =1,047, φ_2=1, $Q_{ну}^{тр}$ =909 Вт, $N_{уст.}^{пред.}$ =6,7 шт. К установке принимаем радиатор **FARAL Green HP 350 x 7.** Поскольку при этом количестве секций β_3 не меняется и приборы «FARAL Green HP» с меньшей теплоплотностью не выпускаются, дополнительные коррективы не вносятся.

Фактическая невязка (+4,7%) не превышает 10% , поэтому корректировка температуры теплоносителя на входе в следующий этажестояк не производится.

6. УКАЗАНИЯ ПО МОНТАЖУ АЛЮМИНИЕВЫХ РАДИАТОРОВ «FARAL GREEN HP» И «FARAL GREEN» И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

6.1. Монтаж алюминиевых секционных радиаторов «FARAL Green HP» и «FARAL Green» производится согласно требованиям СНиП 3.05.01-85 «Внутренние санитарно-технические системы» [12], настоящих рекомендаций, а также рекомендаций [13].

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

Наиболее целесообразна **поставка** радиаторов **заводской сборки** по спецификации заказчика (непосредственно с завода или со склада в Москве).

При необходимости перегруппировки алюминиевых радиаторов следует учитывать, что она должна выполняться на высоком профессиональном уровне: зеркала головок секций должны быть тщательно, но осторожно очищены от старых прокладок, вместо которых должны быть установлены качественные новые фирменные, стяжка секций должна 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. При сборке секций с помощью стальных ниппелей и плоских прокладок крутящий момент затяжки не должен превышать 100 Н·м, при установке аксессуаров с использованием силиконовых уплотнительных колец (прокладок) должен быть в пределах 30-40 Н·м. Использование пеньки или подобного материала в качестве уплотнительного категорически запрещается. Секции радиаторов со срезанной резьбой в головках не являются ремонтопригодными и должны быть заменены на новые.

После перегруппировки радиатор необходимо испытать на герметичность. Упрочнённые модификции «FARAL Green 350 HP» и «FARAL Green 500 HP» испытывают, как указывалось, избыточным давлением не менее 2,4 МПа, а модификации «FARAL Green» с монтажными высотами 350, 500 и 600 мм - не менее 1,5 МПа.

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

6.4. Радиаторы следует устанавливать на расстоянии не менее 25 мм от поверхности оштукатуренных стены [12].

6.5. 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;
- обязательно установить воздухоотводчик в верхнюю пробку с противоположной от подводок стороны;

- после окончания монтажа следует очистить упаковку радиатора от пыли и загрязнений и затем снять защитную упаковочную плёнку.

6.6. 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.

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

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

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

6.10. При очистке радиаторов нельзя использовать химически активные или абразивные материалы.

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

6.12. *В тех случаях, когда запорная арматура устанавливается на обеих* подводках к алюминиевому радиатору (см. п. 2.5), **во избежание аварийной ситуации не допускается полное перекрытие заполненного водой радиатора без обязательного в этом случае открытия воздухоотводчика.** Допускается при установке алюминиевых радиаторов монтировать запорную арматуру только на нижней подводке, так как при закрытии этой арматуры радиатор остаётся заполненным водой при сливе её из стояка. Это очень важно для таких отопительных приборов, поскольку практически исключается аварийная ситуация даже при закрытом воздухоотводчике.

6.13. Не рекомендуется опорожнять систему отопления с алюминиевыми приборами более чем на 15 дней в году.

6.14. При использовании в качестве теплоносителя горячей воды её параметры должны удовлетворять требованиям, приведённым в «Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации» [7].

6.15. Содержание кислорода в воде систем отопления не должно превышать 20 мкг/дм^3 [7], [14], а значение pH, как указано в табл. 1.2, в пределах 7–8,5.

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

6.17. 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.

6.18. Избыточное давление теплоносителя, равное сумме максимально возможного напора насоса и гидростатического давления, не должно в рабочем режиме системы отопления превышать в любом радиаторе «FARAL Green HP» 1,6 МПа и 1 МПа в радиаторах «FARAL Green». Минимальное давление при опрессовке системы отопления должно быть в 1,25 раза больше рабочего (п. 4.12.31 [7]).

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

6.19. Каждый алюминиевый радиатор, как указывалось (см. п. 2.3), необходимо оснащать воздухоотводчиком, устанавливаемым в одной из верхних пробок радиатора.

6.20. 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 в предохранительных клапанах «Absolut» применяются только ручные воздухоотводчики, а применение этого клапана является обязательным, если в качестве запорной арматуры у прибора использованы шаровые краны. Отметим также, что применять шаровые краны у литых алюминиевых приборов надо с крайней осторожностью во избежание гидравлических ударов при открытии и закрытии этих кранов.

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

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

6.23. Для уменьшения опасности коррозии в месте присоединения стальных теплопроводов к алюминиевому радиатору следует применять стальные кадмированные, хромированные или никелированные проходные пробки, при установке

которых следует избегать среза резьбы в головках радиаторов во избежание трудноустранимой в этом случае течи.

6.24. 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.

6.25. Использование незамерзающего теплоносителя (антифриза) в системах отопления с алюминиевыми радиаторами «FARAL Green HP» и «FARAL Green» требует предварительного согласования с изготовителем или поставщиком этих приборов.

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

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

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

6.27. В системах водяного отопления с радиаторами из алюминия или его сплавов применение теплопроводов и теплообменников из меди не рекомендуется.

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. Рекомендации по применению алюминиевых секционных радиаторов «FARAL *Green*» *итальянской фирмы* «FARAL S.p.A.» *концерна Zehnder Group* / В.И. Сасин, Г. А. Бершидский, Т. Н. Прокопенко, В. Д. Кушнир. - М.: ООО «Витатерм», НИИсантехники, 2003.

4. Сасин В.И., Требуков С.П. Отопительные приборы в ВНР // Обзор / ВНИИЭСМ.- М., 1979.

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

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

7. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.

8. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». М., 2004.

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

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

11. 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.

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

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

14. 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

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 2

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.