

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

РЕКОМЕНДАЦИИ

по применению отопительных алюминиевых
колончатых радиаторов «Термал», изготавливаемых
методом прессования
(вторая редакция)

Москва – 2004

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Основные технические характеристики алюминиевых колончатых радиаторов «Термал»	4
2. Схемы и элементы систем отопления	10
3. Гидравлический расчёт	13
4. Тепловой расчёт	22
5. Пример расчёта	27
6. Указания по монтажу радиаторов «Термал» и основные требования к их эксплуатации	29
7. Список использованной литературы	32
<i>Приложение 1.</i> Динамические характеристики стальных водогазопроводных труб	33
<i>Приложение 2.</i> Тепловой поток 1 м открыто проложенных вертикальных гладких металлических труб, окрашенных масляной краской	35

1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЮМИНИЕВЫХ РАДИАТОРОВ «ТЕРМАЛ»

1.1. Предлагаемые специалистам рекомендации по применению отопительных алюминиевых радиаторов «Термал» разработаны Научно-технической фирмой ООО «Витатерм» на основе проведённых в лаборатории отопительных приборов ФГУП «НИИсантехники» всесторонних теплогидравлических и прочностных испытаний наиболее характерных типоразмеров этих радиаторов с монтажной высотой 300 и 500 мм (рис. 1.1)

1.2. Рекомендации составлены по традиционной для российской практики схеме [1], [2] с учётом полученных ООО «Витатерм» и лабораторией отопительных приборов ФГУП «НИИсантехники» результатов обобщения опыта монтажа и эксплуатации отопительных приборов, изготовленных с использованием алюминия и его сплавов [3].

1.4. Малые инерционность и вместимость по воде алюминиевого радиатора «Термал» определяют его высокую эффективность при создании комфортных условий и обеспечении энергосбережения в системах отопления, оснащённых термостатическими клапанами.

Изготовление колонок и коллекторов радиаторов «Термал» методом прессы (экструзии) позволяет использовать высокопрочные алюминиевые сплавы повышенной антикоррозионной стойкости (АД 31 и т.п.).

Алюминиевые радиаторы «Термал» с монтажной высотой 300 и 500 мм с номенклатурным шагом по номинальному тепловому потоку соответственно 0,109 и 0,168 кВт позволяют обеспечить приемлемую теплоплотность и в то же время высокую точность подбора при проектировании *систем отопления зданий различного назначения*.

Перечисленные преимущества отечественных алюминиевых радиаторов «Термал» с учётом относительно низкой их стоимости создают отличную возможность для заказчиков и проектировщиков оптимальным образом решать проблемы отопления современных зданий.

1.5. Радиатор «Термал» собирается из оребрённых колонок и профильных коллекторов, изготовленных методом прессы (экструзии), с помощью специальных ниппелей. На каждый ниппель с обеих сторон надеты резиновые кольца торообразной формы, герметизирующие места соединения. После сборки коллекторов и колонок в один узел вся конструкция под прессом сжимается.

1.7. Коллекторы и колонки перед сборкой радиаторов окрашиваются порошковыми эмалями в электростатическом поле. Радиаторы поставляются потребителям полной строительной готовности, упакованными в картонную коробку и обернутыми поверх неё полиэтиленовой плёнкой.

1.8. Радиаторы выпускаются с числом колонок от 3 до 16 штук.

1.9. Радиаторы «Термал» предназначены для работы в системах водяного отопления с температурой теплоносителя до 130°C и его рабочим избыточным давлением до 1,2 МПа (12 атм.). Все радиаторы на заводе-изготовителе после сборки испытываются избыточным давлением не менее 1,8 МПа (18 атм.).

1.12. Значения номинального теплового потока $Q_{\text{н}}$ определены в лаборатории отопительных приборов ФГУП «НИИсантехники» – головного института по разработке и испытанию отопительных приборов согласно методике тепловых ис-

питаний отопительных приборов при теплоносителе воде [4] при нормальных (нормативных) условиях: температурном напоре (разности среднеарифметической температуры воды в приборе и температуры воздуха в изотермической камере) $\Theta=70^{\circ}\text{C}$, расходе теплоносителя через радиатор $M_{\text{пр}}=0,1$ кг/с (360 кг/ч) при его движении по схеме «сверху-вниз» и барометрическом давлении $B=1013,3$ гПа (760 мм рт.ст.).

Фактический тепловой поток радиатора зависит от количества колонок в нём из-за несколько разной эффективности теплоотдачи средних и крайних колонок, а также от распределения теплоносителя по коллекторам прибора при различной его длине. Методика учёта этих факторов с помощью поправочного коэффициента β_3 в зависимости от количества колонок приведена в разделе 4 настоящих рекомендаций.

1.13. Гидравлические характеристики радиаторов «Термал» получены при подводках условным диаметром 15 и 20 мм.

Гидравлические испытания проведены согласно методике НИИсантехники [5], позволяющей определять значения приведённых коэффициентов местного сопротивления $\zeta_{\text{ну}}$ и характеристик сопротивления $S_{\text{ну}}$ при нормальных условиях (при расходе воды через прибор 0,1 кг/с или 360 кг/ч) после периода эксплуатации, в течение которого коэффициенты трения мерных участков стальных новых труб на подводках к испытываемым отопительным приборам достигают значений, соответствующих коэффициенту трения стальных труб с эквивалентной шероховатостью 0,2 мм, принятой в качестве расчётной для стальных теплопроводов отечественных систем отопления.

Согласно эксплуатационным испытаниям ряда радиаторов и конвекторов, проведённым ООО «Витатерм», гидравлические показатели отопительных приборов, определённых по упомянутой методике [5], в среднем соответствуют трёх-летнему сроку их работы в отечественных системах отопления.

1.15. Технология изготовления радиаторов «Термал» позволяет достаточно просто расширять их номенклатуру, в частности за счёт изменения высоты колонок и длины прибора, а также совершенствовать отдельные узлы их конструкции.

1.16. Радиатор «Термал» сертифицирован и защищён патентами РФ.

2. СХЕМЫ И ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

2.1. Отопительные колончатые алюминиевые радиаторы «Термал» предназначены для применения в двухтрубных и одноконтурных 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 одноэтажного жилого дома с радиаторами «Термал».

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

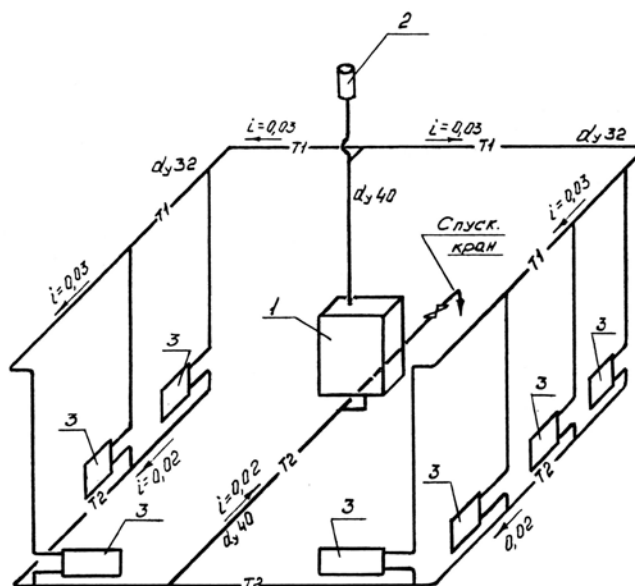


Рис. 2.1. Схема гравитационной проточной системы отопления одноэтажного дома: 1 – котёл; 2 – расширительный бак; 3 - радиаторы

2.3. Для повышения эксплуатационной надёжности систем отопления с алюминиевыми радиаторами «Термал» рекомендуется использовать **независимую схему подсоединения к системам теплоснабжения**, применять закрытые расширительные сосуды, оснащать каждый радиатор **воздухогазоотводчиком** или клапаном безопасности «Absolut», совмещенным с воздухоотводчиком.

Качество теплоносителя (горячей воды) должно отвечать требованиям РД 34.20.501-95 [6] с учётом рекомендаций, изложенных нами в 6 разделе.

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

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.

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 количество колонок в радиаторах «Термал» следует принимать не более 24 в системах отопления с искусственной циркуляцией и не более 12 - в гравитационных. При большем количестве колонок необходимо применять разностороннюю (диагональную) схему присоединения.

При соединении приборов на сцепках рекомендуется применять разностороннюю схему присоединения теплопроводов. Для сцепок целесообразно использовать теплопроводы диаметром 1" (не менее 3/4").

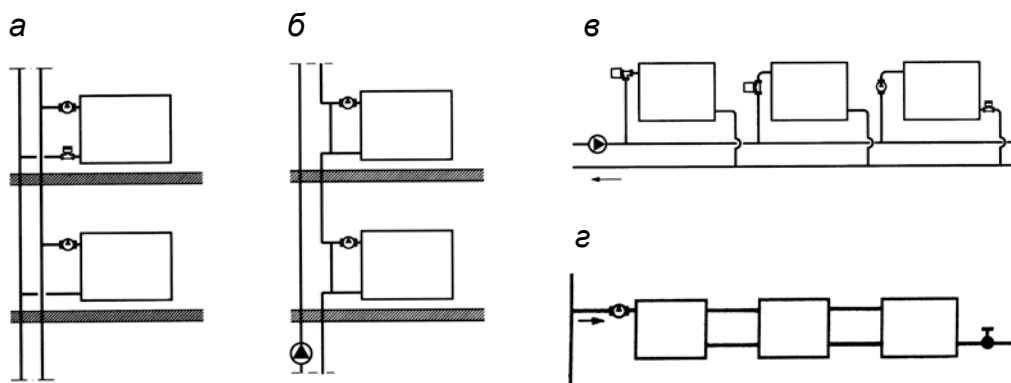


Рис. 2.2. Схемы систем водяного отопления с колончатыми радиаторами:
 а – двухтрубная вертикальная; б – однотрубная вертикальная;
 в, г – горизонтальные

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

Согласно СНиП [7], 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 [8] более жёстко требуют установку термостатов у отопительных приборов. Подробные сведения по термостатам 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 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 (рис. 2.2 г) следует учитывать, что суммарная тепловая нагрузка на ветвь не должна превышать 5 кВт.

2.7. 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. 2.3 показана схема поквартирной системы отопления с плинтусной разводкой теплопроводов.

Для уменьшения бесполезных теплотерь 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).

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 постоянными.

3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

3.1. Гидравлический расчёт проводится по существующим методикам с применением основных расчётных зависимостей, изложенных в специальной нормативной и справочной литературе [7] и [9], с учётом данных, приведённых в настоящих рекомендациях.

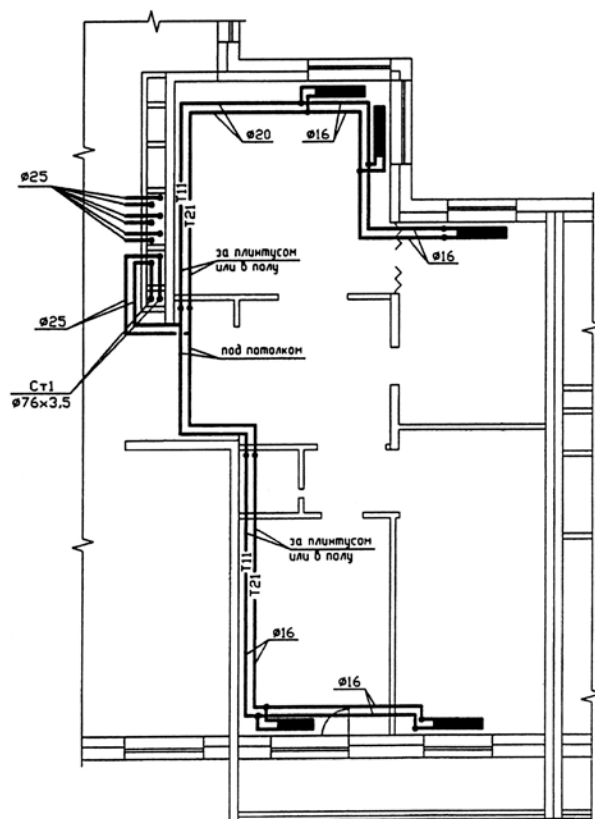


Рис. 2.3. Система отопления с плинтусной разводкой теплопроводов по квартире

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

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

или по методу «удельных линейных потерь давления»

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

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

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

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

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

λ - коэффициент трения;

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

L - длина рассчитываемого участка теплопровода, м;

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

M - массовый расход теплоносителя, кг/с;

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

Z - местные потери давления на участке, Па.

3.2. В табл. 3.1 приведены гидравлические характеристики радиаторов «Термал» при расходах теплоносителя до 120 кг/ч и выше. В расчётах можно пользоваться усреднёнными значениями этих характеристик. При необходимости их можно интерполировать исходя из того, что при малых расходах воды через прибор принимали $M_{\text{пр}}=60$ кг/ч, а при больших (согласно нормативным требованиям) $M_{\text{пр}}= 360$ кг/ч. Первое значение соответствует условиям работы радиаторов в двухтрубных системах отопления и в однострубных, оснащённых термостатами и замыкающими участками. Второе значение отвечает условиям работы в однострубных системах отопления при протекании всего теплоносителя через прибор.

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), RVM (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 однострубных систем отопления можно рекомендовать специальные термостаты уменьшенного гидравлического сопротивления RTD-G (рис. 3.2, б), «ГЕРЦ-TS-E» (см. рис. 3.3), марки **M** фирмы «Овентроп» (рис. 3.4), 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°C). Настройка на режим 2К означает, что термостат частично прикрыт и в случае превышения заданной температуры воздуха в отапливаемом помещении на 2К (2°C), он перекрывает движение воды в подводящем теплопроводе. Это

общепринятое в европейской практике условие настройки термостатов позволяет потребителю не только снижать температуру воздуха в помещении, но и по его желанию её повышать. В ряде случаев ведётся более точная настройка на 1К (1°C), а иногда допускается настройка на 3К (3°C). Очевидно, при полностью открытом клапане гидравлическое сопротивление термостата будет заметно меньше. Например, на рис. 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°C).

В однотрубных системах целесообразно применять трёхходовые термостаты, обеспечивающие удобное 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 $\Delta P=1$ бар=100 кПа указаны значения расходных коэффициентов K_v [(м³/ч)·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 превышает, если скорость воды в подводках не более 0,6-0,8 м/с, а перепад давления на термостате не превышает 1,5-3 м вод. ст.

Донное подключение радиаторов можно осуществить с помощью специальной гарнитуры, поставляемой изготовителями термостатов, как для традиционного бокового подключения, так и одноузлового через нижнюю боковую пробку.

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 ООО «Витатерм» (номера телефонов указаны на стр. 2 настоящих рекомендаций).

3.5. В табл. 3.2 приведены коэффициенты местного сопротивления полностью открытых вентилях для ручной регулировки RBM (Италия) и термостатов RBM, определённые в лаборатории отопительных приборов НИИсантехники при

температуре воды 60-80°C. При температуре воды 20-30°C 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.

3.8. Значения коэффициентов местного сопротивления конструктивных элементов систем водяного отопления принимаются по «Справочнику проектировщика», ч. 1 «Отопление» [9].

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

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

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

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

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

Значения коэффициентов затекания при установке термостатов определены согласно EN 215 при настройке их на режим 2K (2°C). 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 вентиляей.

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 радиаторов «Термал»

Расход теплоносителя		Коэффициент местного сопротивления ζ при условном диаметре подводов		Характеристика сопротивления $S \cdot 10^{-4}$, Па/(кг/с) ² , при условном диаметре подводов	
				$d_y=15$ мм	$d_y=20$ мм
кг/ч	кг/с	$d_y=15$ мм	$d_y=20$ мм	$d_y=15$ мм	$d_y=20$ мм
54-120	0,015 - 0,033	5,3	14,5	7,26	5,97
Свыше 120	Свыше 0,033	3,5	9,3	4,8	3,83

4. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ

4.1. Тепловой расчёт проводится по существующим методикам с применением основных расчётных зависимостей, изложенных в специальной нормативной и справочной литературе [7] и [9], с учётом данных, приведённых в настоящих рекомендациях.

4.2. Согласно табл. 1 приложения 12 СНиП 2.04.05-91* [7] при нахождении общего расхода воды в системе отопления её расход, определённый исходя из общих теплопотерь здания, увеличивается пропорционально поправочным коэффициентам. Первый из них β_1 зависит от номенклатурного шага радиатора и принимается в зависимости от модели радиатора по табл. 4.1, а второй - β_2 – от доли увеличения теплопотерь через радиаторный участок и принимается в зависимости от типа наружного ограждения также по табл. 4.1.

Таблица 4.1. Значения коэффициентов β_1 и β_2

Модель радиатора	β_1	β_2	
		У наружной стены	У наружного остекления
PO-300	1,015	1,02	1,07
PO-500	1,035		

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

$$Q = Q_{\text{н}} \cdot (\Theta/70)^{1+n} \cdot c \cdot (M_{\text{пр}}/0,1)^m \cdot b \cdot \beta_3 = Q_{\text{н}} \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot \beta_3 = K_{\text{н}} \cdot 70 \cdot F \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot \beta_3, \quad (4.1)$$

где $Q_{\text{н}}$ - номинальный тепловой поток радиатора при нормальных условиях, принимаемый по табл. 1.1 и 1.2 или равный произведению номинального теплового потока, приходящегося на одну колонку $q_{\text{н}}$ (см. п.1.12), на количество колонок в приборе N , Вт.

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

$$\Theta = \frac{t_{\text{н}} + t_{\text{к}}}{2} - t_{\text{п}} = t_{\text{н}} - \frac{\Delta t_{\text{пр}}}{2} - t_{\text{п}},$$

(4.2)

здесь

$t_{\text{н}}$ и $t_{\text{к}}$ - соответственно начальная и конечная температуры теплоносителя (на входе и выходе) в отопительном приборе, °С;

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

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

70 - нормированный температурный напор, °С;

c - поправочный коэффициент, с помощью которого учитывается влияние схемы движения теплоносителя на тепловой поток и коэффициент теплопередачи прибора при нормированном температурном напоре, расходе теплоносителя и атмосферном давлении (принимается по табл. 4.2);

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

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

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

b - безразмерный поправочный коэффициент на расчётное атмосферное давление (принимается по табл. 4.3);

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

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

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

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

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

F - площадь наружной теплоотдающей поверхности радиатора, принимаемая по табл. 1.1 и 1.2 или равная произведению количества колонок N на площадь поверхности нагрева одной колонки f (при $H_m = 300$ мм $f = 0.2455$ м², при $H_m = 500$ мм $f = 0.4125$ м²).

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

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

4.5. Согласно результатам тепловых испытаний различных образцов радиаторов «Термал» с монтажной высотой 300 и 500 мм значения показателей степени n и m и коэффициента c зависят не только от исследованных диапазонов изменения Θ и $M_{пр}$, но также от высоты и даже длины прибора. Для упрощения инженерных расчётов без внесения заметной погрешности значения этих показателей, по возможности, были усреднены.

Таблица 4.2. Усреднённые значения показателей степени n и m и коэффициента c при различных схемах движения теплоносителя в радиаторах

Схема движения теплоносителя	Монтажная высота, мм	Расход теплоносителя		c	n	m
		кг/с	кг/ч			
Сверху-вниз	500	0,01-0,15	36-540	1	0,32	0,05
	300	0,01-0,15	36-540	1	0,3	0,02
Снизу-вверх	500	0,02-0,15	72-540	1	0,27	0,065
	300	0,02-0,15	72-540	1	0,25	0,065

Таблица 4.3. Поправочный коэффициент b , с помощью которого учитывается влияние расчётного атмосферного давления воздуха на тепловой поток радиатора

Атмосферное давление	гПа	920	933	947	960	973	987	1000	1013,3	1040
	мм рт. ст	690	700	710	720	730	740	750	760	780
b		0,96	0,966	0,971	0,977	0,982	0,988	0,994	1	1,012

Таблица 4.4. Значения коэффициента β_3 , учитывающего влияние числа колонок в радиаторе на его тепловой поток

Монтажная высота радиаторов, мм	Значения β_3 при числе колонок в радиаторе (шт.)					
	3	4	5-6	7-10	11-13	14 и более
300	1,02	1,01	1,005	1	0,99	0,98
500	1,03	1,015	1	0,995	0,99	0,98

Таблица 4.5. Значения поправочного коэффициента ϕ_1 при движении теплоносителя по схеме «сверху-вниз»

Θ , °C	ϕ_1 для радиаторов с монтажной высотой (H_m , мм)		Θ , °C	ϕ_1 для радиаторов с монтажной высотой (H_m , мм)	
	500	300		500	300
44	0,542	0,547	74	1,076	1,075
46	0,575	0,579	76	1,115	1,113
48	0,608	0,612	78	1,154	1,151
50	0,641	0,646	80	1,193	1,19
52	0,675	0,679	82	1,232	1,228
54	0,71	0,714	84	1,272	1,267
56	0,745	0,748	86	1,312	1,307
58	0,78	0,783	88	1,353	1,346
60	0,816	0,818	90	1,393	1,386
62	0,852	0,854	92	1,434	1,427
64	0,889	0,89	94	1,476	1,467
66	0,925	0,926	96	1,517	1,508
68	0,962	0,963	98	1,559	1,549
70	1	1	100	1,601	1,59
72	1,038	1,037	102	1,644	1,631

Таблица 4.6 Значения поправочного коэффициента ϕ_1 при движении теплоносителя по схеме «снизу-вверх»

Θ , °C	ϕ_1 для радиаторов с монтажной высотой (H_m , мм)		Θ , °C	ϕ_1 для радиаторов с монтажной высотой (H_m , мм)	
	500	300		500	300
44	0,555	0,56	74	1,073	1,072
46	0,587	0,592	76	1,11	1,108
48	0,619	0,624	78	1,147	1,145
50	0,652	0,657	80	1,185	1,182
52	0,686	0,69	82	1,223	1,219
54	0,719	0,723	84	1,261	1,256
56	0,753	0,757	86	1,299	1,293
58	0,788	0,791	88	1,337	1,331
60	0,822	0,825	90	1,376	1,369
62	0,857	0,859	92	1,415	1,407
64	0,892	0,894	94	1,454	1,446
66	0,928	0,929	96	1,494	1,484
68	0,964	0,964	98	1,533	1,523
70	1	1	100	1,573	1,562
72	1,036	1,036	102	1,613	1,601

Таблица 4.7. Значения поправочного коэффициента ϕ_1 при движении теплоносителя по схеме «снизу-вниз»

Θ , °C	ϕ_1	Θ , °C	ϕ_1
44	0,534	74	1,078
46	0,567	76	1,117
48	0,601	78	1,157
50	0,635	80	1,198
52	0,669	82	1,238
54	0,704	84	1,279
56	0,74	86	1,32
58	0,776	88	1,362
60	0,812	90	1,404
62	0,849	92	1,446
64	0,886	94	1,489
66	0,924	96	1,532
68	0,962	98	1,575
70	1	100	1,619
72	1,039	102	1,662

Таблица 4.8. Значения поправочного коэффициента ϕ_2 при движении теплоносителя по схемам «сверху-вниз» и «снизу-вверх»

$M_{пр}$		ϕ_2 при схеме движения теплоносителя		
		Сверху-вниз		Снизу-вверх
кг/с	кг/ч	$H_M=500$ мм	$H_M=300$ мм	$H_M=500, 300$ мм
0,01	36	0,891	0,955	-
0,015	54	0,91	0,963	-
0,02	72	0,925	0,97	0,903
0,03	108	0,942	0,976	0,925
0,04	144	0,955	0,982	0,942
0,05	180	0,966	0,986	0,956
0,06	216	0,975	0,99	0,967
0,07	252	0,982	0,993	0,977
0,08	288	0,989	0,996	0,986
0,09	324	0,995	0,998	0,993
0,1	360	1,0	1,0	1,0
0,125	450	1,011	1,004	1,015
0,15	540	1,02	1,008	1,027

Примечание: значения ϕ_2 при схеме движения теплоносителя «снизу-вниз» равны: для радиаторов с монтажной высотой 500 мм - 0,78, с монтажной высотой 300 мм - 0,8.

5. ПРИМЕР РАСЧЁТА ЭТАЖЕСТОЯКА ОДНОТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Условия для расчёта

Требуется выполнить тепловой расчёт этажестояка вертикальной однотрубной системы водяного отопления с колончатым радиатором «Термал» монтажной высотой 500 мм. Радиатор установлен под окном на наружной стене без ниши на пятом этаже пятиэтажного здания, присоединён к стояку со смещённым замыкающим участком и термостатом RTD-G фирмы «Данфосс» на подводке к прибору. Схема движения теплоносителя «сверху-вниз».

Теплопотери помещения составляют 1800 Вт. Температура горячего теплоносителя на входе в стояк t_n условно принимается равной 105°C (без учёта теплопотерь в магистрали), расчётный перепад температур по стояку $\Delta t_{ст}=35^\circ\text{C}$, температура воздуха в отапливаемом помещении $t_b=20^\circ\text{C}$, атмосферное давление воздуха 1013,3 гПа, т. е. $b=1$. Средний расход воды в стояке $M_{ст} = 172$ кг/ч (0,048 кг/с).

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 $Q_{пр}^{расч}$ определяется по формуле

$$Q_{np}^{расч} = Q_{ном} - Q_{мп.н} , Вт \quad (5.1)$$

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

$Q_{мп.н}$ - 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 $Q_{мп.н} = 0,9 Q_{мп.}$,

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

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

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

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

Полезный тепловой поток от труб $Q_{мп.н}$ определён при температурном напоре $\Theta_{сп.мп} = t_n - t_г = 105 - 20 = 85^\circ\text{C}$, где t_n - температура теплоносителя на входе в радиаторный узел, $^\circ\text{C}$.

По табл. 3.3 принимаем значение коэффициента затекания $\alpha_{пр}$ равным 0,223. Расход воды через прибор равен

$$M_{np} = \alpha_{np} \cdot M_{см} = 0,223 \cdot 0,048 = 0,0107 \text{ кг/с.}$$

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

$$\Delta t_{np} = \frac{Q_{np}^{расч}}{C \cdot M_{np}} = \frac{1552}{4186,8 \cdot 0,0107} = 34,6^\circ\text{C} , \quad (5.3)$$

где C - удельная теплоёмкость воды, равная 4186,8 Дж/(кг \cdot $^\circ\text{C}$);

$$Q_{np}^{расч} = Q_{пот} - Q_{тр.п} = 1800 - 248 = 1552 \text{ Вт.}$$

Температурный напор Θ определяется по формуле (4.2).

$$\Theta = t_n - \frac{\Delta t_{np}}{2} - t_г = 105 - 17,3 - 20 = 67,7^\circ\text{C} .$$

Определяем предварительно, без учёта неизвестного нам пока значения коэффициента β_3 , требуемый тепловой поток прибора при нормальных условиях

$Q_{ny}^{мп}$ по формуле

$$Q_{ny}^{мп} = \frac{Q_{np}^{расч}}{\phi_1 \cdot \phi_2 \cdot b} = \frac{1552}{0,957 \cdot 0,894 \cdot 1} = 1814 \text{ Вт} , \quad (5.4)$$

где ϕ_1 и ϕ_2 - безразмерные коэффициенты, вычисляемые согласно пояснениям к формуле (4.1) или принимаемые по табл. 4.5 и 4.8.

Исходя из полученного значения $Q_{ny}^{мп}$, принимаем предварительно типоразмер радиатора с ближайшим значением Q_{ny} по табл. 1.2:

РО-500-11, $Q_{ny} = 1837 \text{ Вт.}$

Затем по количеству колонок в приборе (11 шт.) принимаем по табл. 4.4 $\beta_3 = 0,99$. Таким образом уточнённый требуемый тепловой поток прибора составит

$$Q_{np}^{мп} = Q_{ny}^{мп} \cdot \beta_3 = 1814 \cdot 0,99 = 1832 \text{ Вт.}$$

С учётом нормированного[7] максимально допустимого уменьшения теплового потока радиатора в размере 5% или не более чем на 60 Вт при нормальных условиях принимаем для установки предварительно выбранный типоразмер: **11 секционный радиатор**.

Поскольку при этом количестве колонок значение β_3 не меняется, дополнительные коррективы не вносятся.

В общем случае невязка при подборе прибора определяется по формуле

$$[(Q_{н\text{у}} - Q_{н\text{р}}^{mp}) : Q_{н\text{р}}^{mp}] \cdot 100\% \quad (5.5)$$

6. УКАЗАНИЯ ПО МОНТАЖУ РАДИАТОРОВ «ТЕРМАЛ» И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

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

6.2. Радиаторы поставляются согласно номенклатуре, указанной в табл. 1.1 и 1.2, окрашенными, упакованными в картонную коробку и обернутыми поверх неё полиэтиленовой плёнкой.

6.3. Монтаж радиаторов производится в индивидуальной упаковке, которая снимается после окончания отделочных работ. Не допускается бросать радиаторы и подвергать их ударным нагрузкам.

6.4. За отдельную плату радиаторы комплектуются кронштейнами для крепления к стене или стойками для установки на полу, а также стальными хромированными проходными и глухими пробками, в том числе с воздуховыпускными устройствами, и специальными сгонами для подключения к подводкам G ½ или G ¾.

6.5. Проходные пробки радиаторов снабжены трубной резьбой G ½ для присоединения к системе отопления.

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

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

6.8. Монтаж радиаторов необходимо производить в следующем порядке:

- разметить места установки кронштейнов;
- закрепить кронштейны на стене дюбелями или заделкой крепёжных деталей цементным раствором (не допускается пристрелка к стене кронштейнов, на которых крепятся отопительные приборы и теплопроводы систем отопления);
- не снимая упаковки, освободить от неё радиаторы в местах их навески на кронштейны;
- установить радиатор на кронштейнах (2 сверху и 1 снизу) так, чтобы нижние грани коллекторов радиатора легли на крюки кронштейнов;
- соединить радиатор с подводками 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 отделочных работ снять упаковку.

6.9. При монтаже следует избегать неправильной установки радиатора:

- слишком низкого его размещения, т.к. при зазоре между полом и низом радиатора, меньшем 80 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 колонок, 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.

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

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

6.12. При очистке радиаторов нельзя использовать абразивные материалы.

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

6.14. В тех случаях, когда запорная арматура устанавливается на обеих подводках к алюминиевому радиатору (см. п.п. 2.5, 2.6), **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.

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

6.16. При использовании в качестве теплоносителя горячей воды рекомендуется следовать требованиям, приведённым в «Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации» РД 153-34.0-20.501-2003 [6].

6.17. Содержание кислорода в воде систем отопления не должно превышать 0,02 мг/дм³ [6], [12]. Согласно данным ООО «Витатерм» **эти радиаторы можно использовать в пределах pH=6,5–8,5** (оптимально 7-8). С целью выполнения требования о содержании кислорода в теплоносителе алюминиевые радиаторы «Термал» рекомендуется, как указывалось, применять в независимых системах отопления с закрытыми расширительными сосудами и герметичными циркуляционными насосами, а также с устройствами для подпитки деаэрированной водой из водопровода или непосредственно из тепловой сети. **Однако, учитывая высокое качество сплава, из которого изготавливаются эти радиаторы, допускается использовать их и в системах с элеваторными вводами.**

6.18. Содержание в воде железа (до 0,5 мг/дм³) и других примесей - согласно [6], общая жёсткость - до 7 мг-экв/дм³.

6.19. Для уменьшения опасности подшламовой коррозии целесообразна установка дополнительных грязевиков, а в случае применения термостатов ещё и

фильтров, в том числе и постоянных. В общем случае количество взвешенных веществ не должно превышать 7 мг-экв/дм³.

6.20. 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 1,2 МПа. Минимальное давление при опрессовке системы отопления должно быть в 1,25 раза больше рабочего.

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 целесообразно выдерживать 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 использовании термостатов, рассчитанных на максимальное рабочее 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.

6.21. При обслуживании газо-воздухоотводчиков в системах отопления с отопительными приборами из алюминиевых сплавов категорически запрещается освещать газоотводчик спичками, фонарями с открытым огнём и курение в период 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 хромированные, кадмированные или никелированные проходные пробки, при установке которых следует избегать среза резьбы в коллекторах радиаторов во избежание трудноустраняемой 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. Радиаторы должны храниться в упакованном виде в закрытом помещении и быть защищены от воздействия влаги и химических веществ, вызывающих коррозию.

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.**

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

Диаметр труб, мм			Расход воды при скорости 1 м/с, М/ч		Удельное динамическое давление		Приведённый коэффициент гидравлического трения $\lambda/d_{вн}$, 1/м	Удельная характеристика сопротивления 1 м трубы	
Условно проход d_y	Наружный d	Внутренний $d_{вн}$	$\frac{кг/ч}{м/с}$	$\frac{кг/с}{м/с}$	$\frac{А \cdot 10^4, Па}{\frac{кг/ч}{м^2}}$	$\frac{А \cdot 10^{-4}, Па}{\frac{кг/с}{м^2}}$		$\frac{S \cdot 10^4, Па}{\frac{кг/ч}{м^2}}$	$\frac{S \cdot 10^{-4}, Па}{\frac{кг/с}{м^2}}$
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) $1 Па = 0,102 кгс/м^2$; $1 Па/(кг/с)^2 = 0,788 \cdot 10^{-8} (кгс/м^2)/(кг/ч)^2$; $1 кгс/м^2 = 9,80665 Па$; $1 (кгс/м^2)/(кг/ч)^2 = 1,271 \cdot 10^8 Па/(кг/с)^2$.

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

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

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

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

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

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

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

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

где $\varphi_{4(50)}$ - поправочный коэффициент при средней температуре теплоносителя 50°C ; φ_4 - поправочный коэффициент при средней температуре теплоносителя 85°C, принимаемый по табл. П 1.2 .

Таблица П 1.2. Значения поправочного коэффициента φ_4

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

	кг/ч	19,4	30,2	55,1	90,0	158,0	260,3	344,5
1,4	кг/с	0,0050	0,0078	0,0142	0,0231	0,0406	0,0529	0,0885
	кг/ч	18,0	28,1	51,1	83,1	146,2	290,4	318,6

Приложение 2

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

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

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

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