Научно-техническая фирма
**ООО «ВИТАТЕРМ»**

# РЕКОМЕНДАЦИИ

по применению стальных секционных трубчатых радиаторов «Zehnder Charleston» и «Zehnder Charleston Completto»

Москва – 2005

***Уважаемые коллеги!***

***ООО «Витатерм» предлагает Вашему вниманию рекомендации по применению травмобезопасных стальных секционных трубчатых радиаторов элитного класса «Zehnder Charleston» и «Zehnder Charleston Completto», изготовляемых германской фирмой «Zehnder GmbH».***

***Рекомендации составлены применительно к российским нормативным условиям с учётом высказанных на съездах АВОК предложений о расширении достоверных данных, необходимых для подбора отопительных приборов при проектировании систем отопления и включают дополнительные материалы согласно СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование», тепловые характеристики трубчатых радиаторов при их присоединении к теплопроводам системы отопления по схемам «снизу-вверх» и «снизу-вниз», которые в зарубежных проспектах и каталогах не представляются, а также данные по коэффициентам затекания для случаев установки этих радиаторов в однотрубных системах отопления.***

***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, факс. (095) 482-38-67 и тел. (095) 918–58–95.***

**Основные характеристики радиаторов «Zehnder Charleston»**

| Наименование показателей | Единица измерения | Величина |
|---|---|---|
| Рабочее избыточное давление теплоносителя для радиаторов с количеством труб по глубине секции 2 - 4, не более:<br>- при серийном выпуске<br>- по спецзаказу | МПа | <br>1<br>1,6 |
| Испытательное давление для радиаторов с количеством труб по глубине секции 2 - 4, не менее:<br>- при серийном выпуске<br>- по спецзаказу | МПа | <br>1,5<br>2,4 |
| Максимальная температура теплоносителя | $^{o}$C | 120 |
| Глубина радиатора (5 типоразмеров) | мм | 62 – 210 |
| Высота радиатора | мм | 190 – 3000 |
| Длина блока радиатора заводского изготовления | мм | 92 – 2944 |
| Значения pH воды: оптимальные<br>допустимые | – | 8,3 – 9<br>8 – 9,5 |
| Содержание кислорода в воде, не более | мкг/дм$^3$ | 20 |
| Коэффициенты местного сопротивления при стандартных схемах бокового подсоединения, расходе теплоносителя 60 кг/ч и подводках $d_y$ 15 мм ($d_y$ 20 мм) | – | 2,2 – 2,9<br>(4,0 – 4,6) |
| Стандартный цвет покрытия – по грунту порошковая эмаль белого цвета RAL 9016 | | |

**© ООО «Витатерм»**
**2005**

# С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

1. Основные технические характеристики стальных секционных радиаторов «Zehnder Charleston» и «Zehnder Charleston Completto» 4
2. Схемы и элементы систем отопления 15
3. Гидравлический расчёт 22
4. Тепловой расчёт 33
5. Пример расчёта 41
6. Указания по монтажу стальных секционных радиаторов фирмы «Zehnder GmbH» и основные требования к их эксплуатации 43
7. Список использованной литературы 46

*Приложение 1*. Динамические характеристики стальных водогазопроводных труб 47

*Приложение 2*. Номограмма для определения потери давления в медных трубах 49

*Приложение 3*. Тепловой поток 1 м открыто проложенных вертикальных гладких металлических труб, окрашенных масляной краской 50

# 1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЬНЫХ СЕКЦИОННЫХ РАДИАТОРОВ «ZEHNDER CHARLESTON» И «ZEHNDER CHARLESTON COMPLETTO»

1.1. Предлагаемые специалистам рекомендации по применению стальных трубчатых секционных радиаторов **«Zehnder Charleston»** и **«Zehnder Charleston Completto»**, изготавливаемых германской фирмой «Zehnder GmbH» (Zehnder GmbH, Almweg 34, D-77933 Lahr Postfach 2126 D-77911 Lahr, BDR, тел. +49 (7821) 58-63-92, факс +49 (7821) 58-64-06), разработаны ООО «Витатерм» (Россия, 111558, Москва, Зелёный просп., 87-1-23, тел./факс: (095) 482-38-79, факс. (095) 482-38-67, тел.: (095) 918-58-95) на основе проведённых в отделе отопительных приборов и систем отопления ФГУП «НИИсантехники» теплогидравлических и прочностных испытаний представительных образцов названных выше радиаторов по заказу представительства фирмы «Zehnder GmbH» в России – ООО «Цендер ГмбХ» (адрес: Россия, 115419, Москва, 2-ой Рощинский проезд, 8, п/я 116; тел. (095) 232-22-49, факс (095) 232-21-45; www.zehndergroup.ru.).

1.2. Рекомендации разработаны по традиционной для отечественной практики схеме [1], [2] с использованием данных для подбора и проспектных материалов фирмы «Zehnder GmbH».

1.3. Стальные трубчатые секционные **радиаторы «Zehnder Charleston»** (рис.1.1) и их модификации со встроенным термостатом **«Zehnder Charleston Completto»** – травмобезопасные и гигиеничные отопительные приборы классической формы, широчайшей номенклатуры типоразмеров по глубине, высоте и длине, **предназначенные для отопления помещений зданий различного назначения, в том числе детских и медицинских.**

**Рис. 1.1. Общий вид радиатора «Zehnder Charleston»**

Своей популярностью стальные трубчатые радиаторы обязаны высокому тепловому комфорту, обеспечиваемому этими приборами, благодаря оптимальному соотношению лучистой и конвективной составляющих теплового потока. Широкая номенклатура поставляемых типоразмеров по габаритам и теплоплотности позволяет оптимальным образом размещать радиаторы «Zehnder Charleston» в отапливаемых помещениях.

Помимо указанных выше преимуществ отметим также возможность угловых и радиусных исполнений этих радиаторов, самых различных видов подключения помимо традиционного бокового, использование широкого ряда предлагаемых для этих радиаторов аксессуаров. Для радиаторов, устанавливаемых на стойках у сплошного наружного остекления, изготовитель даёт заказчику возможность оснащения прибора отражающим экраном из безопасного прозрачного стекла со скруглёнными углами и толщиной 6 мм с термозащитным слоем. Экран крепится на специальных, поставляемых вместе с радиатором держателях и размещается между прибором и наружным остеклением, тем самым снижая бесполезные теплопотери, не ухудшая внешний вид радиатора со стороны остекления.

1.4. Основным элементом радиаторов «Zehnder Charleston» и «Zehnder Charleston Completto» является стальная секция, состоящая из 2-х штампосварных головок, одинаковых у верха и низа прибора со стороны его фронта и тыла, соединённых методом электроконтактной сварки с круглыми трубами различной длины с количеством от 2 до 6 штук по глубине секции. Головки изготавливаются из низколегированной стали толщиной 1,5 мм. Трубы имеют наружный диаметр 25 мм и толщину 1,25 мм.

Наружные швы в местах сварки головок и труб отшлифованы и практически не заметны. Отдельные секции длиной 46 мм соединяются в блоки сваркой по всему периметру отверстий головок. Количество секций в блоке определяет длину радиатора в сборе. В крайние отверстия сварных блоков радиаторов вварены втулки с трубной резьбой G 1" у двухтрубной по глубине модели и G 1¼" у всех остальных, в которые в зависимости от необходимости ввинчиваются глухие и проходные пробки G ⅜", ½" или ¾". Отметим, что блоки могут быть оснащены дополнительно приварными патрубками, например, для нижнего или верхнего подключения к подводящим теплопроводам и приварными стойками для напольной установки.

1.5. Номенклатура радиаторов «Zehnder Charleston» и «Zehnder Charleston Completto» представлена на рис. 1.2 и 1.3 и в табл. 1.1.

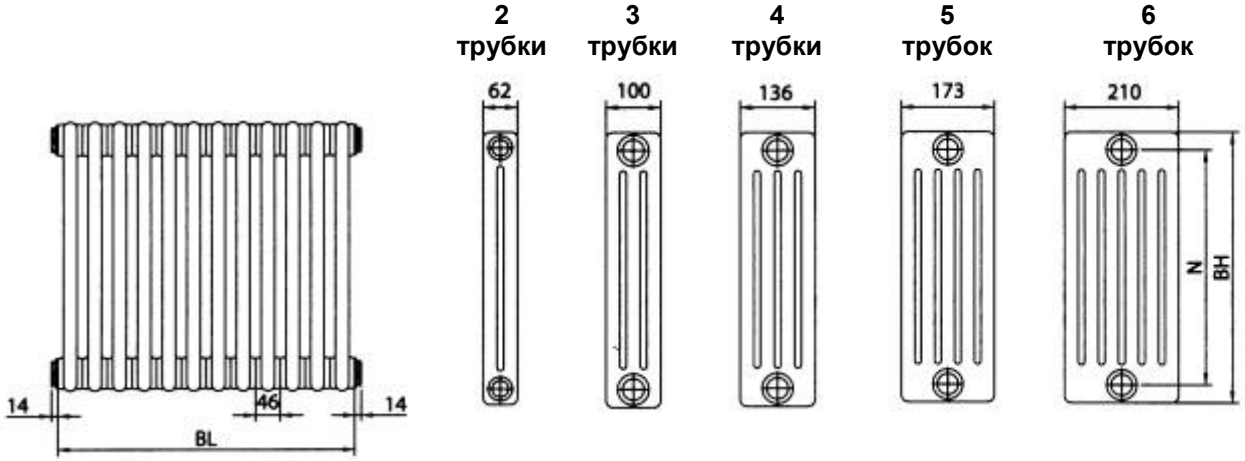



**Рис. 1.2. Номенклатурный ряд радиаторов «Zehnder Charleston»**

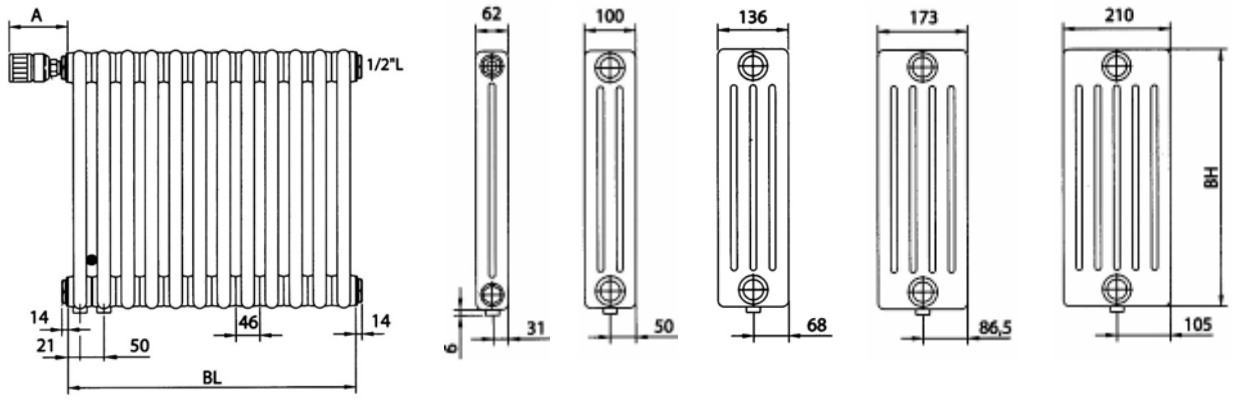



**Рис. 1.3. Номенклатурный ряд радиаторов «Zehnder Charleston Completto»**

**Таблица 1.1. Номенклатура радиаторов «Zehnder Charleston» и «Zehnder Charleston Completto»**

| Характеристика изготовления | Номинальная высота радиатора $H_{ном}$, мм | Условное обозначение моделей | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **2-х трубных** | **3-х трубных** | **4-х трубных** | **5-и трубных** | **6-и трубных** |
| **Серийные модели** | 190 | 2019 | 3019 | 4019 | 5019 | 6019 |
| | 260 | 2026 | 3026 | 4026 | 5026 | 6026 |
| | 300 | 2030 | 3030 | 4030 | 5030 | 6030 |
| | 350 | 2035 | 3035 | 4035 | 5035 | 6035 |
| | **370** | **2037** | **3037** | **4037** | **5037** | **6037** |
| | 400 | 2040 | 3040 | 4040 | 5040 | 6040 |
| | 450 | 2045 | 3045 | 4045 | 5045 | 6045 |
| | 500 | 2050 | 3050 | 4050 | 5050 | 6050 |
| | 550 | 2055 | 3055 | 4055 | 5055 | 6055 |
| | **570** | **2057** | **3057** | **4057** | **5057** | **6057** |
| | 600 | 2060 | 3060 | 4060 | 5060 | 6060 |
| | 750 | 2075 | 3075 | 4075 | 5075 | 6075 |
| | 900 | 2090 | 3090 | 4090 | 5090 | 6090 |
| | 1000 | 2100 | 3100 | 4100 | 5100 | 6100 |
| | 1100 | 2110 | 3110 | 4110 | 5110 | 6110 |
| | 1200 | 2120 | 3120 | 4120 | 5120 | 6120 |
| | 1500 | 2150 | 3150 | 4150 | 5150 | 6150 |
| | 1800 | 2180 | 3180 | 4180 | 5180 | 6180 |
| | 2000 | 2200 | 3200 | 4200 | 5200 | 6200 |
| | 2200 | 2220 | 3220 | 4220 | 5220 | 6220 |
| | 2500 | 2250 | 3250 | 4250 | 5250 | 6250 |
| | 2800 | 2280 | 3280 | 4280 | 5280 | 6280 |
| | 3000 | 2300 | 3300 | 4300 | 5300 | 6300 |
| **Модели по заказу** | 3200 | 2320 | 3320 | 4320 | 5320 | 6320 |
| | 3500 | 2350 | 3350 | 4350 | 5350 | 6350 |
| | 3800 | 2380 | 3380 | 4380 | 5380 | 6380 |
| | 4000 | 2400 | 3400 | 4400 | 5400 | 6400 |
| | 4200 | 2420 | 3420 | 4420 | 5420 | 6420 |
| | 4500 | 2450 | 3450 | 4450 | 5450 | 6450 |
| | 4800 | 2480 | 3480 | 4480 | 5480 | 6480 |
| | 5000 | 2500 | 3500 | 4500 | 5500 | 6500 |
| | 5200 | 2520 | 3520 | 4520 | 5520 | 6520 |
| | 5500 | 2550 | 3550 | 4550 | 5550 | 6550 |
| | 5800 | 2580 | 3580 | 4580 | 5580 | 6580 |
| | 6000 | 2600 | 3600 | 4600 | 5600 | 6600 |

***Примечание:*** ***по спецзаказу могут быть изготовлены модели радиаторов другой высоты.***

Номенклатура характеризуется количеством труб по глубине секций и номинальной высотой радиатора, которая в ряде случаев отличается от общей строительной (эффективной) высоты радиатора ВН.

Общая длина (BL) стальных трубчатых радиаторов «Zehnder Charleston» равна сумме произведения количества секций $\mathbf{n_c}$ на длину секции ($L_c$=46 мм) и длины 2 пробок (2x14=28 мм), т.е. **BL**= [($n_c$ x 46) + 28] ±1%, мм, а у радиаторов «Zehnder Charleston Completto» она увеличена на размер вылета термостата А. Обычно А=105 мм при установке на заводе термостата AV6 фирмы «Овентроп» или специальных вентильных клапанов «Цендер» (OV 1" для двухтрубных моделей и OV 1 ¼" для 3-6 трубных моделей). Общая высота ВН у радиаторов со встроенным термостатом увеличена на 14 мм за счёт выступа донных патрубков.

1.6. Стальные радиаторы фирмы «Zehnder GmbH» поставляются заказчику в виде цельносварных блоков из отдельных секций, мы будем их называть секционными.

Транспортные ограничения при отгрузке с завода определяют максимальную длину сварного блока радиатора в зависимости от количества труб по глубине секции и её высоты (табл. 1.2). Радиаторы, длина которых превышает указанные в табл. 1.2 максимальные ограничения, поставляются отдельными блоками. Их сборка должна осуществляться с помощью ниппелей. Необходимое количество ниппелей (для радиаторов с двумя трубами в секции - 1", для радиаторов с количеством труб в секции от 3 до 6 - 1¼") поставляется бесплатно вместе с блоками радиаторов.

В качестве уплотнителей допускается использование только фирменных прокладок, поставляемых вместе с радиаторными блоками.

**Таблица 1.2. Максимальное количество сварных секций в одном блоке трубчатых радиаторов, поставляемых фирмой «Zehnder» (транспортные ограничения)**

| Количество труб в секции радиатора, шт. | Максимальная длина радиатора при высоте | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **$H_{ном}$** от 190 до 900 мм | | **$H_{ном}$** > 900 до 3000 мм | |
| | Количество секций в радиаторе, шт. | Длина радиатора в сборе, мм | Количество секций в радиаторе, шт. | Длина радиатора в сборе, мм |
| 2 | 64 | 2944 | 20 | 920 |
| 3 | 64 | 2944 | 20 | 920 |
| 4 | 64 | 2944 | 20 | 920 |
| 5 | 55 | 2530 | 17 | 782 |
| 6 | 46 | 2116 | 14 | 644 |

1.7. Все стальные трубчатые радиаторы имеют высококачественное грунтовочное покрытие. Это обеспечивает эффективную защиту теплоотдающей поверхности от наружной коррозии. После катафорезной термолакировки осуществляется покраска порошковыми эмалями в электростатическом поле из 700 цветов палитры RAL и NCS S. По отдельному заказу возможны любые цветовые оттенки, в частности покрытие прозрачным лаком Technoline. Возможно также оцинкованное исполнение.

При отсутствии специального заказа радиаторы поставляются окрашенными порошковыми эмалями белого цвета RAL 9016.

1.8. Основные технические характеристики радиаторов «Zehnder Charleston» (с учётом данных табл. 1.1 и 1.3):

- длина минимальная от 92 мм (две секции);
- длина максимальная – согласно данным табл. 1.2;
- глубина от 62 до 210 мм;
- максимальное рабочее избыточное давление теплоносителя для радиатора с количеством труб по глубине секции от 2 до 4-х – 1 МПа;
- то же при количестве труб по глубине 5 и 6 – 0,87 МПа;
- испытательное давление не менее, соответственно – 1,5 и 1,3 МПа;
- максимальная температура теплоносителя – 120°С;
- возможны исполнения по заказу на более высокое рабочее давление теплоносителя – до 1,8 МПа при испытательном не менее 2,4 МПа.

У радиаторов «Zehnder Charleston Completto» из-за установки встроенного термостата минимальное количество секций равно 3, т.е. с учётом вылета термостата и длины заглушки общая длина минимального типоразмера равна 257 мм.

Изготовление радиаторов «Zehnder Charleston Completto» с учётом прочностных свойств термостатов на повышенное рабочее давление не предусмотрено, а максимальная температура теплоносителя определяется изготовителем термостатов и обычно не превышает 120°С.

1.9. Конструкция радиаторов «Zehnder Charleston» позволяет осуществлять подключение к теплопроводам систем отопления по самым различным вариантам (табл. 1.4).

Номер схемы подключения радиатора определяется расположением его присоединительных патрубков (подводящего – V и обратного R). На схеме дана трёхзначная (или двузначная) цифра, первые две (или первая) означают номера присоединительных патрубков. Третья цифра (или вторая) – вид подсоединения (направление движения теплоносителя): 0 – боковое одностороннее и разностороннее; 3 – нижнее «снизу-вниз»; 4 – верхнее «сверху-вверх»; 7 – «сверху-вниз» и «снизу-вверх».

Радиаторы для подключения по схемам 120, 340, 140 и 320 являются стандартными и поставляются без дополнительной платы. Радиаторы, обеспечивающие возможность подключения к системам отопления по всем остальным схемам (табл. 1.4), оснащены специальными присоединительными патрубками, расположенными внизу или вверху прибора, специальными разделительными шайбами (стандартными с отверстиями в середине «**o**» или глухими «●»), воздухоотводчиками «L» и пробками для спуска воды «E».

Все специальные схемы подключения поставляются за дополнительную плату.

Более подробно особенности специальных схем подключения рассмотрены в разделе 2 настоящих рекомендаций.

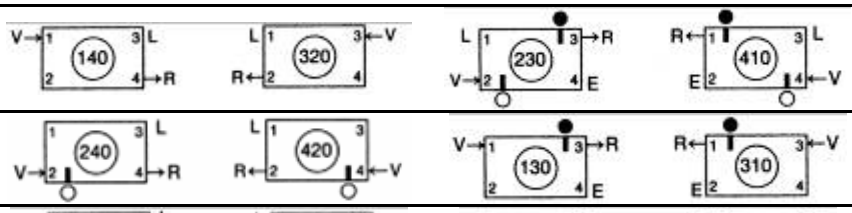
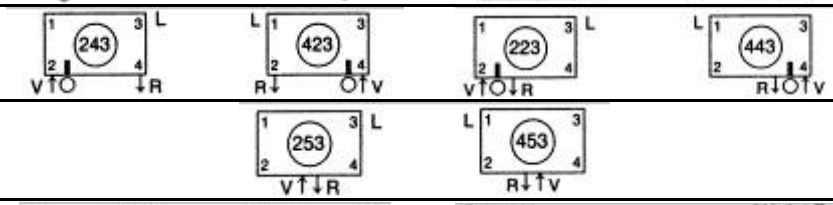
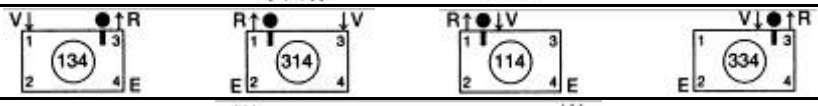
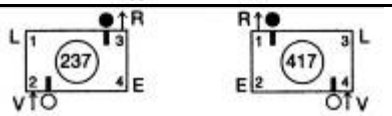
1.10. В таблице 1.3 приведены основные габариты и тепловые показатели радиаторов с 2-, 3- и 4-трубными по глубине секциями, поставляемых в Россию. Тепловые характеристики этих радиаторов приведены НТФ ООО «Витатерм» по результатам испытаний их представительных образцов при российских нормативных условиях [3]: разности среднеарифметической температуры теплоносителя в приборе и температуры воздуха в испытательной камере (температурном напоре) $\Theta$ = 70°С при движении теплоносителя через прибор по схеме «сверху-вниз» и его расходе $M_{пр}$=0,1 кг/с (360 кг/ч) при отнесении значений теплового потока к барометрическому давлению 1013,3 гПа (760 мм рт. ст.).

**Таблица 1.3. Номенклатура и технические характеристики секций радиаторов «Zehnder Charleston», испытанных при разработке настоящих рекомендаций**

| Модель радиатора | Номинальный тепловой поток $q_{ну}$, Вт | Габаритные и присоединительные размеры секции, мм (рис. 1.2) | | | Площадь наружной поверхности нагрева $f_c$, м$^2$ | Масса (справочная), кг | Объём воды в секции **V**, л |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ВН | N | глубина | | | |
| 2026 | **32** | 260 | 202 | 62 | 0,041 | 0,4 | 0,3 |
| 3026 | **43** | 260 | 194 | 100 | 0,058 | 0,6 | 0,5 |
| 4026 | **56** | 260 | 194 | 136 | 0,078 | 0,9 | 0,7 |
| 2030 | **36** | 292 | 234 | 62 | 0,047 | 0,5 | 0,34 |
| 3030 | **49** | 300 | 234 | 100 | 0,067 | 0,7 | 0,6 |
| 4030 | **64** | 300 | 234 | 136 | 0,09 | 1,0 | 0,7 |
| 2035 | **42** | 342 | 284 | 62 | 0,055 | 0,6 | 0,4 |
| 3035 | **56** | 350 | 284 | 100 | 0,078 | 0,9 | 0,6 |
| 4035 | **74** | 350 | 284 | 136 | 0,106 | 1,2 | 0,8 |
| 2037 | **43** | 366 | 300 | 62 | 0,057 | 0,62 | 0,42 |
| 3037 | **58** | 366 | 300 | 100 | 0,08 | 0,96 | 0,6 |
| 2040 | **48** | 392 | 334 | 62 | 0,064 | 0,66 | 0,46 |
| 3040 | **64** | 400 | 334 | 100 | 0,09 | 1,0 | 0,7 |
| 4040 | **84** | 400 | 334 | 136 | 0,12 | 1,4 | 0,9 |
| 2045 | **53** | 442 | 384 | 62 | 0,071 | 0,7 | 0,5 |
| 3045 | **71** | 450 | 384 | 100 | 0,1 | 1,1 | 0,7 |
| 4045 | **94** | 450 | 384 | 136 | 0,14 | 1,5 | 1,0 |
| 2050 | **58** | 492 | 434 | 62 | 0,078 | 0,8 | 0,5 |
| 3050 | **79** | 500 | 434 | 100 | 0,113 | 1,2 | 0,8 |
| 4050 | **103** | 500 | 434 | 136 | 0,155 | 1,7 | 1,0 |
| 2055 | **64** | 542 | 484 | 62 | 0,086 | 0,9 | 0,6 |
| 3055 | **86** | 500 | 484 | 100 | 0,125 | 1,3 | 0,9 |
| 4055 | **113** | 500 | 484 | 136 | 0,17 | 1,9 | 1,1 |
| **2057** | **66** | **566** | **500** | **62** | **0,09** | **0,96** | **0,62** |
| **3057** | **87** | **566** | **500** | **100** | **0,13** | **1,36** | **0,9** |
| 4057 | **117** | 566 | 500 | 136 | 0,175 | 1,93 | 1,14 |
| 2060 | **69** | 592 | 534 | 62 | 0,095 | 1,0 | 0,66 |
| 3060 | **93** | 600 | 534 | 100 | 0,142 | 1,4 | 0,9 |
| 4060 | **122** | 600 | 534 | 136 | 0,19 | 2,0 | 1,2 |
| 2075 | **84** | 742 | 684 | 62 | 0,115 | 1,2 | 0,7 |
| 3075 | **114** | 750 | 684 | 100 | 0,175 | 1,7 | 1,1 |
| 4075 | **149** | 750 | 684 | 136 | 0,235 | 2,5 | 1,4 |
| 2090 | **98** | 892 | 834 | 62 | 0,145 | 1,4 | 0,8 |
| 3090 | **133** | 900 | 834 | 100 | 0,21 | 2,1 | 1,3 |
| 4090 | **175** | 900 | 834 | 136 | 0,28 | 2,9 | 1,7 |

***Примечание.*** **ВН – общая строительная (эффективная) высота радиатора; N – расстояние между осями присоединительных отверстий (монтажная высота) – см. рис. 1.2.**

**Таблица 1.4. Возможные варианты схем подключения патрубков радиаторов «Zehnder Charleston» к подводящим теплопроводам систем отопления**

| Вид подсоединения | Схемы |
|---|---|
| Одностороннее | |
| Разностороннее |  |
| Снизу-вниз |  |
| Сверху-вверх |  |
| Сверху-вниз | |
| Снизу-вверх |  |
| Боковое горизонтальное под вентиль типа «Рапира» | |
| Нижнее вертикальное под вентиль типа «Рапира» | |

Условные обозначения:
**V** – подающий теплопровод; **R** – обратный теплопровод; **L** – воздухоотводчик;
**E** – спуск воды; ○ – разделительная шайба стандартная
● – разделительная шайба глухая (100% водонепроницаемости)

Номинальные значения теплового потока радиаторов «Zehnder Charleston», присоединяемых к подводящим теплопроводам по нестандартным схемам подключения (за исключением случаев одноузлового подключения с помощью вентилей типа «Рапира»), незначительно отличаются от значений номинального теплового потока при стандартных схемах бокового подключения (в среднем на 1-3% меньше), поэтому их можно принимать согласно данным таблицы 1.3 с поправочным коэффициентом 0,98. Эта рекомендация принята с учётом результатов испытаний радиатора «Zehnder Charleston Completto», проведённых ООО «Витатерм».

Более подробно зависимость тепловых показателей от различных схем подключения рассмотрена в разделе 4 настоящих рекомендаций.

Представленные в табл. 1.2 тепловые характеристики, полученные по рос-

сийским нормативам [3], оказались близкими к проспектным, что характерно для зарубежных трубчатых радиаторов элитного класса, хотя российские и европейские условия испытаний несколько отличаются.

Согласно европейским нормам EN 442-2, испытания отопительных приборов проводятся в изотермической камере с пятью охлаждаемыми ограждениями без утепления заприборного участка. Отечественные же нормы [3] запрещают охлаждать пол и противоположную отопительному прибору стену и требуют утепления заприборного участка, что ближе к реальным условиям эксплуатации приборов, но снижает лучистую составляющую теплоотдачи от прибора к ограждениям помещения. Зарубежные приборы испытываются обычно при перепаде температур теплоносителя 75-65°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 [3] расход горячей воды через прибор нормируется (360 кг/ч) и характерен для однотрубных систем отопления при условии прохода всей воды, идущей по стояку, через прибор. 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 вертикали прибора. При этом воздух, поднимаясь при нагреве, встречает теплоотдающую поверхность практически одной и той же температуры, что даёт несколько меньший эффект наружной теплоотдачи по сравнению со случаем омывания поверхности с возрастающей по высоте температурой (примерно от 65 до 75°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 зачастую различие тепловых показателей отопительных приборов, испытанных по отечественной и европейской методикам.

С учётом изложенного не подтверждается обычно принимаемая в зарубежных каталогах пропорциональность теплоотдачи радиаторов их длине, хотя у радиаторов «Zehnder Charleston» из-за очень малой длины секции она нарушается незначительно. Особенности теплопередачи радиаторов при «нестандартных» схемах движения теплоносителя и зависимости её от количества секций в радиаторе рассмотрены в четвертом разделе рекомендаций.

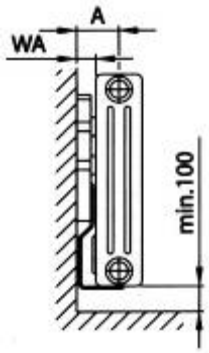
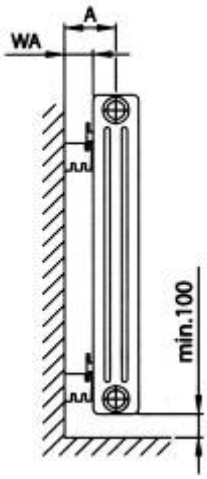
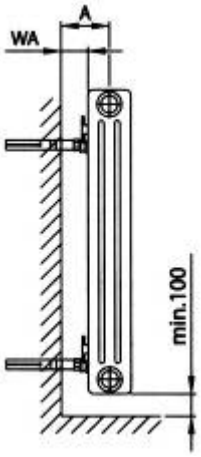
Обращаем ещё раз внимание специалистов на тот факт, что российские нормы относят номинальный тепловой поток к температурному напору 70°С, характерному при обычных для отечественных однотрубных систем отопления параметрах теплоносителя 105-70°С, зарубежные - к температурному напору 50°С (при температурах теплоносителя 75-65°С), характерному для двухтрубных систем.

1.11. В табл. 1.5 и 1.6 представлены основные виды настенных и напольных креплений, используемых при установке радиаторов «Zehnder». Желаемые наборы креплений можно заказать, указав название крепления (например, набор SSK), при этом необходимое количество креплений (в зависимости от количества секций в приборе) будет приложено к радиатору. Тип крепления определяет расстояние от радиатора до стены (см. табл. 1.6). Держатель ВН входит в комплект с креплениями CVD и BKE. В случае, когда высота радиатора превышает 1200 мм (масса > 100 кг), применение наборов креплений CVD и BKE ограничено. При нижнем донном или боковом подключении, при использовании в качестве теплопроводов пластиковых труб, а также при условии, если масса радиатора превышает 100 кг, рекомендуется использовать наборы креплений ТКА.

**Таблица 1.5. Виды крепления, используемые при монтаже радиаторов «Zehnder Charleston» и «Zehnder Charleston Completto»**

| Вид крепления | | Стена |
|---|---|---|
| **SSK** | настенное, с неподвижной фиксацией радиатора | бетонная, кирпичная, деревянная |
| **CVD** | настенное | бетонная, кирпичная, деревянная |
| **BKE** | настенное | гипсокартонная с теплоизоляцией |
| **STF** | напольное приварное | - |
| **HFK** | напольное, регулируемое по высоте:<br>- от 120 до 170 мм,<br>- > 170 до 350 мм | - |
| **BH** | держатель радиатора при настенной установке (у верхнего или нижнего края) | - |

**Таблица 1.6. Крепление радиаторов «Zehnder Charleston» и «Zehnder Charleston Completto» к ограждающим конструкциям**

| Тип крепления | **SSK** | | **CVD** | | **BKE** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Номинальная высота радиатора | 300 – 900 мм | | 260 – 1200 мм | | 260 – 1200 мм | |
| Эскиз |  | |  | |  | |
| Расположение креплений | Вверху: -<br>Внизу: SSK | | Вверху: BH + CVD<br>Внизу: BH + CVD | | Вверху: BH + BKE<br>Внизу: BH + BKE | |
| Кол - во труб по глубине секции | WA, мм | A, мм | WA, мм | A, мм | WA, мм | A, мм |
| 2 | 20 | 51 | 43 | 74 | 35-65 | 66-96 |
| 3 | 20 | 70 | 43 | 93 | 35-65 | 85-115 |
| 4 | 20 | 88 | 43 | 111 | 35-65 | 103-133 |
| 5 | 20 | 107 | 43 | 130 | 35-65 | 122-152 |
| 6 | 20 | 125 | 43 | 148 | 35-65 | 140-170 |

1.12. Отопительные приборы поставляются завёрнутыми в термоусадочную плёнку и упакованными в коробку из двойного картона. Упаковка сохраняется на период хранения, транспортировки и монтажа вплоть до окончания отделочных работ.

При отсутствии специального заказа радиаторы при поставке имеют стандартные комплектацию и расположение присоединительных патрубков:

- радиатор грунтованный и покрытый порошковой эмалью цвета RAL 9016 (белый);
- пробка глухая – 1 шт.;
- пробка проходная (под воздухоотводчик) – 1 шт.;
- пробки проходные с внутренней резьбой ½" – 2 шт.;
- упаковка – в термоусадочную плёнку и коробку из двойного картона;
- вид подсоединения к системе отопления – боковой по схеме 120 из табл. 1.4 (внутренняя резьба 4х½").

Все входящие в стандартную комплектацию пробки установлены на радиатор перед его заводским испытанием на прочность.

В стандартный комплект поставки крепления не входят. При заказе следует указать необходимый вид крепления в соответствии с табл. 1.5 и 1.6.

Стандартная комплектация радиаторов «Zehnder Charleston Completto» дополнительно включает встроенный вентильный клапан сбоку в верхней части радиатора, термостатическую головку «Zehnder» и воздухоотводчик.

По специальному заказу (по спецификации) потребитель может получить:

- модификации радиаторов с другими, отличными от стандартных расположениями присоединительных патрубков (табл. 1.4);
- воздухоотводчик;
- набор кронштейнов или стоек для крепления радиатора (табл. 1.5 и 1.6);
- цвет окраски на выбор из 700 цветов палитры RAL и NCS S;
- оцинкованное исполнение (для использования в бассейнах);
- особые исполнения радиатора (угловые и радиусные);
- модификации радиаторов высотой более 3000 мм;
- спрей для подкрашивания радиаторов.

1.13. Условные обозначения радиаторов «Zehnder Charleston» и «Zehnder Charleston Completto» при заказе должны соответствовать указанным ниже примерам:

**Радиатор «Charleston» 3057-10-120- ¾ "-Ral 9016-CVD**, где:

3 – количество труб по глубине секции;
057 – трёхзначное число, характеризующее номинальную высоту радиатора в см (057 см);
10 – количество секций в приборе;
120 – номер подсоединения по табл. 1.4 (боковое одностороннее);
¾ " – внутренняя резьба (при заказе пробок со стандартной внутренней резьбой ½" её размер в условном обозначении не указывается);
Ral 9016 – стандартная окраска порошковой эмалью в белый цвет;
CVD – тип крепления по табл. 1.5 и 1.6.

**Радиатор «Charleston Completto» C 3050-12-443- ¾ "-Ral 9016-SSK**, где:

C – исполнение «Completto» (со встроенным термостатом);
3 – количество труб по глубине секции;
050 – трёхзначное число, характеризующее номинальную высоту радиатора в см (050 см);
12 – количество секций в приборе;

443 – номер подсоединения по табл. 1.4 (нижнее с правым расположением термостата);
¾ " – внутренняя резьба (при заказе исполнения со стандартной внутренней резьбой ½" её размер в условном обозначении не указывается);
Ral 9016 – стандартная окраска порошковой эмалью в белый цвет;
SSK – тип крепления по табл. 1.5 и 1.6.

1.14. Радиаторы «Zehnder Charleston Completto» комплектуются при условии отсутствия специального заказа терморегулирующим вентилем AV6 для двухтрубных систем отопления, изготовляемым фирмой «Овентроп».

Модели «Zehnder Charleston Completto»подсоединяются к системам отопления обычно по схемам 243, 423, 223, 443, 253 и 453 (см. табл. 1.4).

1.15. Справки о ценах радиаторов «Zehnder Charleston» и «Zehnder Charleston Completto» можно получить в представительстве фирмы «Zehnder GmbH» (реквизиты в п. 1.1).

1.16. Радиаторы «Zehnder Charleston» и «Zehnder Charleston Completto» сертифицированы в России в системе ГОСТ Р.

1.17. Фирма «Zehnder GmbH» кроме выше указанных моделей выпускает специальные гладкотрубчатые радиаторы «Zehnder Charleston Pro» (с внутренним антикоррозийным покрытием) и «Zehnder Charleston Klinik», дизайн-радиаторы «Zehnder Uno» и «Zehnder Duo», радиаторы с использованием вертикальных плоскоовальных труб «Zehnder Excelsior», радиаторы-скамейки на базе секций с вертикально расположенными трубами «Zehnder Charleston-Bank», «Zehnder Charleston Relax» (рис. 1.7) и с горизонтальным расположением трубчатых секций «Zehnder Bank-radiator», радиаторы панельного типа на базе вертикальных и горизонтальных плоскоовальных труб «Zehnder Nova» и «Zehnder Radiapaneel», панельные радиаторы с гладкой фронтальной стенкой «Zehnder Plano» и «Zehnder P 25», а также большую номенклатуру конвекторов различного типа.

По вопросам приобретения указанных моделей следует обращаться в представительство фирмы «Zehnder GmbH».

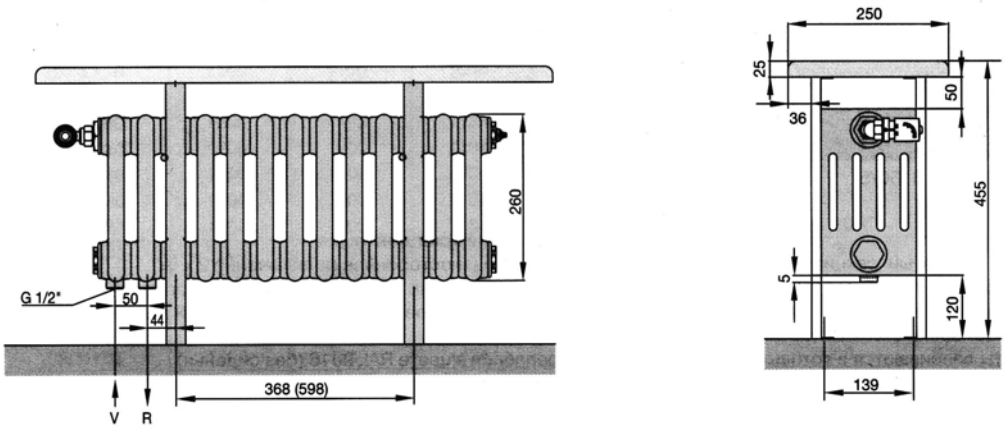



Рис. 1.7. Радиатор-скамейка «Zehnder Charleston Relax» модели CR 5026-13

1.18. Фирма «Zehnder GmbH» 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. Стальные секционные (блочно-секционные) радиаторы «Zehnder Charleston» 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 со стальными радиаторами «Zehnder Charleston».

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

2.3. Для повышения эксплуатационной надёжности стальные радиаторы «Zehnder Charleston» можно использовать только при ***независимой схеме подсоединения к системе теплоснабжения***. Системы отопления рекомендуется оснащать 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.**

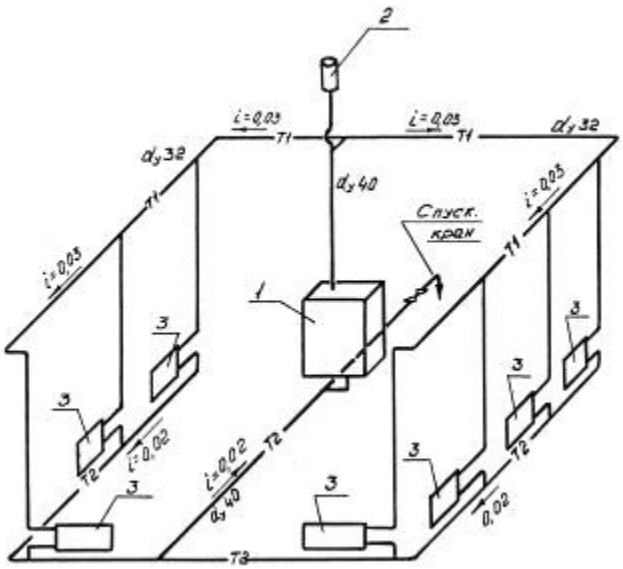



Рис. 2.1. Схема гравитационной проточной системы отопления одноэтажного дома: 1 – котёл, 2 – расширительный бачок, 3 – радиаторы

Качество теплоносителя (горячей воды) должно отвечать «Правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации» [4] с учётом требований, приведённых 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, причём при двухтрубной системе отопления (рис. 2.2 а) показаны два варианта размещения на подводках запорно-регулирующей арматуры: проходного термостата и циркуляционного тормоза в первом случае и только одного термостата во втором.

*а)* *б)*

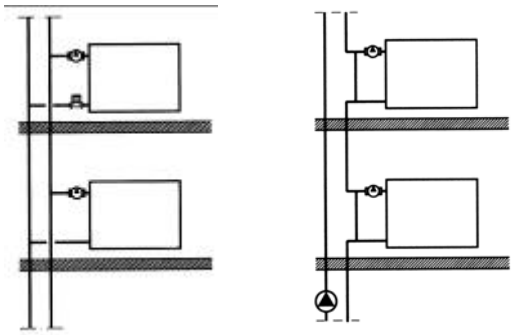


Рис. 2.2. Схемы вертикальных систем отопления с радиаторами «Zehnder Charleston»
а – двухтрубная,
б – однотрубная

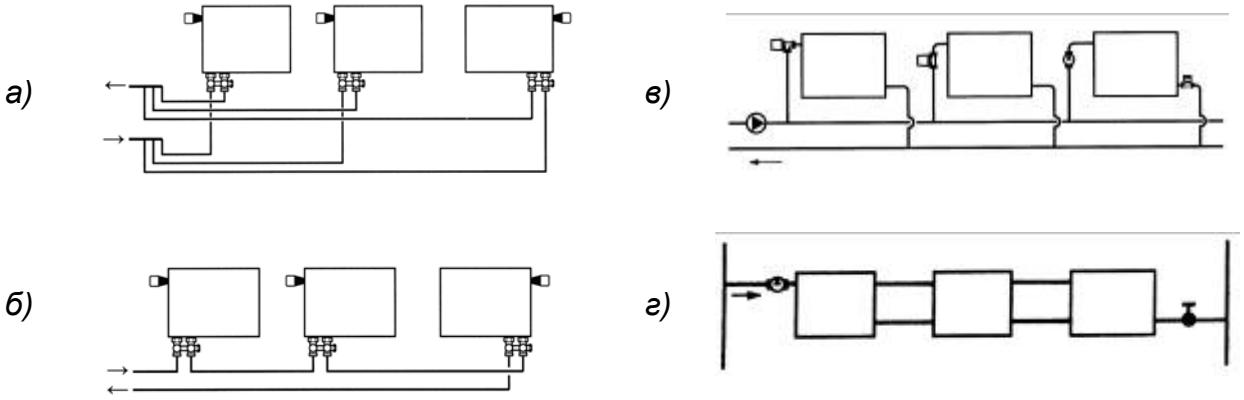



Рис. 2.3. Варианты присоединения секционных радиаторов «Zehnder Charleston» к теплопроводам при их горизонтальной разводке в системах отопления

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, причём размещать радиатор рекомендуется по его середине. Если эти рекомендации не выполняются, то микроклимат помещения и отопительный эффект радиаторов ухудшаются, поэтому при подборе радиаторов целесообразно начинать выбор с типоразмеров наименьших глубины и высоты.

2.6. Конструкция радиаторов «Zehnder Charleston» позволяет, как указывалось, осуществлять подключение к теплопроводам систем отопления по самым различным вариантам (табл. 1.4).

Для российского строительства наиболее характерно подключение радиаторов по схемам 120 или 340 (одностороннее боковое подключение), которые рекомендуется использовать в насосных системах отопления при длине радиатора до 1,6 м, т.е. при количестве секций не более 35. При большей длине прибора применяется диагональное подсоединение теплопроводов по схемам 140 или 320. Отметим, что в гравитационных системах одностороннее присоединение рекомендуется применять при количестве секций не более 24.

Для сохранения практически той же эффективности теплопередачи, что и при указанных выше схемах, в ряде особых случаев подвода теплоносителя конструкторами радиаторов «Zehnder Charleston» предусмотрена установка внутри радиатора специальных *разделительных шайб* двух типов: *стандартных - с отверстием* для прохождения в них ланцетных трубок и *глухих*. Места установки шайб показаны на схемах в табл. 1.4.

Стандартные разделительные шайбы вваривaются между головками двух

крайних секций.

Разделительная шайба достаточно плотно, но не наглухо, перекрывает проход теплоносителя во вторую секцию радиатора. При подводе теплоносителя по схеме «снизу-вниз» (см. схемы в табл. 1.4) при наличии стандартной шайбы теплоноситель поднимается вверх по первой секции, а затем попадает в верхний коллектор и далее проходит через радиатор так же, как при схеме «сверху-вниз», характеризующейся максимальной эффективностью теплоотдачи. В то же время при необходимости спустить воду из радиатора стандартная шайба, не являясь, как указывалось, герметичной, обеспечивает опорожнение прибора без необходимости применения компрессора.

Специальная модификация термостата типа «Рапира-S» позволяет обеспечивать одноузловое подключение через один присоединительный трубчатый штуцер, приваренный к низу одной из крайних секций прибора (табл. 1.4).

При необходимости второй штуцер (табл.1.4) может быть приварен к верху крайней секции или внизу к соседней с крайней секции. В последнем случае подключение к системе отопления удобно осуществлять через клапан «Multiflex» или аналогичный Н-образный клапан, что особенно целесообразно при однотрубной разводке теплопроводов при оснащении этих клапанов байпасом для регулирования коэффициента затекания теплоносителя в отопительный прибор.

Глухие шайбы вваривaются между головками секций в тех случаях, когда необходимо исключить полностью перетекание теплоносителя между соседними секциями.

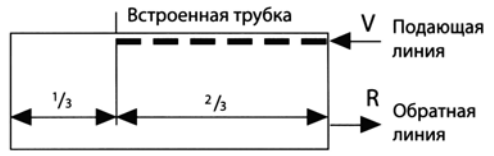



Рис. 2.4.Установка циркуляционной трубы в радиаторе

2.7. Чтобы обеспечить при боковом одностороннем (а не диагональном) подсоединении теплопроводов к радиаторам длиной более 1,6 м тепловой поток, близкий к номинальному, конструкторы предусмотрели возможность установки в приборе специальной «вставной» трубы для улучшения циркуляции воды в приборе по всей его длине. Через эту трубу теплоноситель подводится от верхней проходной пробки через верхний коллектор прибора на две трети его длины (рис. 2.4), позволяя эффективно работать как ближним, так и дальним секциям. Комплектация цельносварного блока радиатора такой вставной трубой оговаривается при заказе прибора за дополнительную плату, а установка трубы осуществляется на заводе (с учётом данных табл. 1.2).

2.8. При соединении длинных приборов на сцепках (с диаметром 1" или 1¼") рекомендуется применять разностороннюю схему присоединения теплопроводов.

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

Согласно СНиП [5] 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 [6] более жёстко требуют установку термостатов у отопительных приборов.

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). **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.

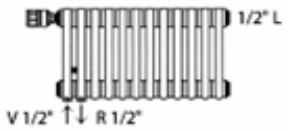
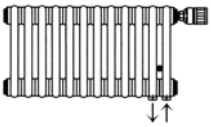
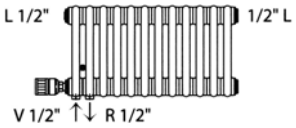
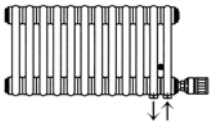
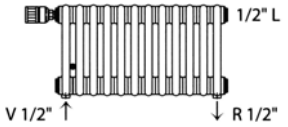
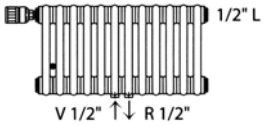
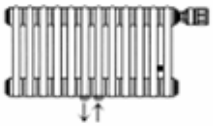
При установке группы радиаторов на горизонтальной проточной ветви (рис. 2.3 *г*) рекомендуется использовать один термостат при условии, что суммарная тепловая нагрузка на ветвь не должна превышать 5 кВт.

Подробные сведения о термостатах приведены в разделе 3.

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

2.11. Оптимальным образом оснащение системы отопления термостатами решается при использовании отопительных приборов со встроенными термостатами, в частности, радиаторов «Zehnder Charleston Completto». Термостат в этих приборах расположен слева или справа в верхней или нижней пробке радиатора, а нижние подводящие патрубки привариваются к крайним или средним секциям (см. табл. 1.4 и 2.1).

**Таблица 2.1. Схемы подключения радиаторов «Zehnder Charleston Completto»**

| № схемы из табл. 1.4 | Эскиз радиатора «Zehnder Charleston Completto» | № схемы из табл. 1.4 | Эскиз радиатора «Zehnder Charleston Completto» |
|---|---|---|---|
| 223 |  | 443 |  |
| 223 |  | 443 |  |
| 243 |  | 423 | |
| 253 |  | 453 |  |

Прибор подсоединяется к системе отопления с помощью присоединительного клапана «Multiflex» фирмы «Овентроп» или аналогичного Н-образного клапана, которые применимы для однотрубных и двухтрубных систем отопления. На рисунках в табл. 2.1 стрелками показано направление движения теплоносителя (подвод всегда к крайней первой секции при боковом расположении обеих подводок). Оптимальная схема движения теплоносителя в самом радиаторе обеспечивается установкой разделительных шайб. По спецзаказу подводящие патрубки могут быть изготовлены диаметром G ¾" с наружной резьбой. При верхнем расположении термостата в противоположную верхнюю пробку устанавливается воздухоотводчик. При нижнем расположении встроенного термостата предусматривается установка двух воздухоотводчиков (в верхних пробках). При встраивании термостата в нижнюю пробку на заводе монтируется дополнительно вставная труба для транзита горячей воды от крайней секции с термостатом до противоположной крайней секции. По этой последней секции вода поднимается вверх и через верхний коллектор поступает во все остальные средние секции; при этом движение теплоносителя по большинству секций радиатора осуществляется по схеме «сверху-вниз».

2.12. По спецзаказу возможна поставка радиаторов для угловой установки или выполненных по дуге радиусом, заданным потребителем или предложенным заводом, общей длиной до 6 м (рис. 2.5 и 2.6).

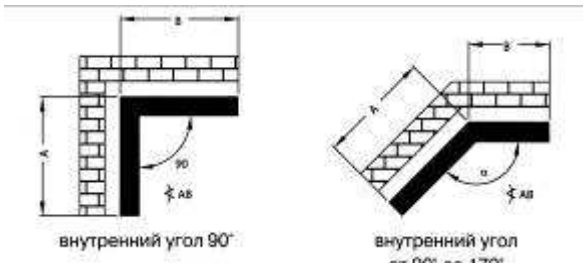
При нестандартном исполнении (угловом или полукруглом-радиусном) и встроенном термостате первые три секции не могут быть изогнуты. При данном исполнении термостат может быть расположен только вверху, т.к. при установке термостата внизу смонтировать вставную трубу необходимой длины не удаётся.

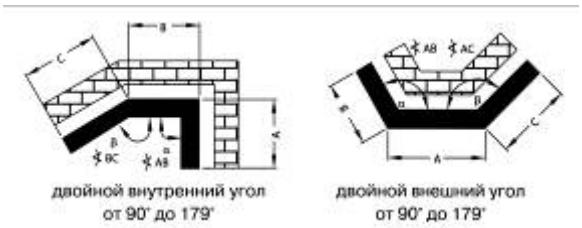
Возможность изготовления угловых моделей – от 90$^{o}$ до 179$^{o}$. При заказе данных моделей необходимо прилагать эскизы с указанием размеров А, В, С в мм, углы α, β в градусах.

При заказе изогнутых моделей необходимо представлять неизменяемые шаблоны. Для данного вида радиатора возможны следующие радиусы кривизны R (табл. 2.2):

Таблица 2.2

| Количество труб по глубине секции, шт. | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Радиус кривизны R, не менее, мм | 400 | 650 | 750 | 900 | 1000 |



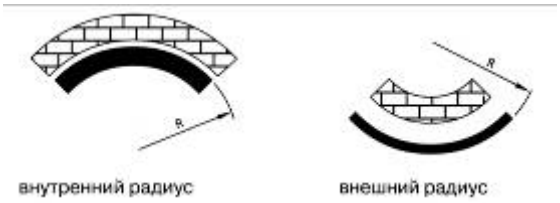



Рис. 2.5. Эскизы трубчатых радиаторов «Zehnder Charleston» и «Zehnder Charleston Completto» угловой и полукруглой конфигурации

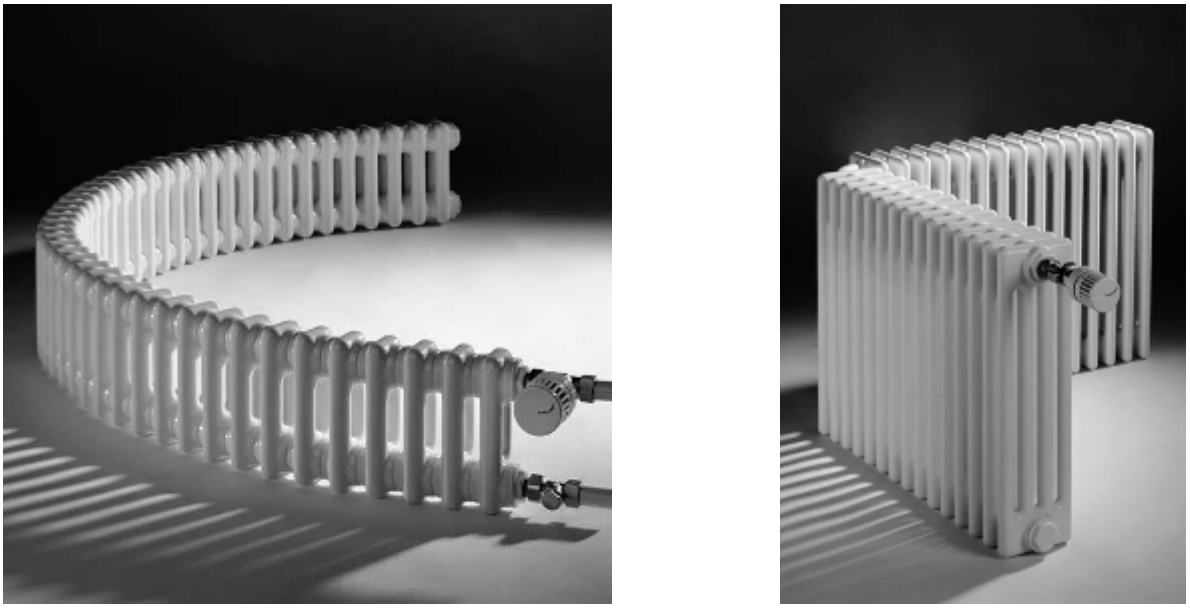


Рис. 2.6. Общий вид радиатора «Zehnder Charleston» полукруглой формы и радиатора «Zehnder Charleston Completto» угловой конфигурации

2.13. В последнее время в отечественной практике находят всё более широкое применение квартирные системы отопления со скрытой напольной или плинтусной разводкой теплопроводов и донным их присоединением к радиаторам с помощью специальной гарнитуры. В этом случае удобно использовать клапаны «Multiflex», Н-образные клапаны и клапаны одноузлового подключения («Рапира»). На рис. 2.7 показана схема поквартирной системы отопления с плинтусной (периметральной) двухтрубной разводкой теплопроводов, а на рис. 2.8 схема поквартирной системы с однотрубной разводкой.

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).

2.14. 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 запорные и балансировочные вентили.

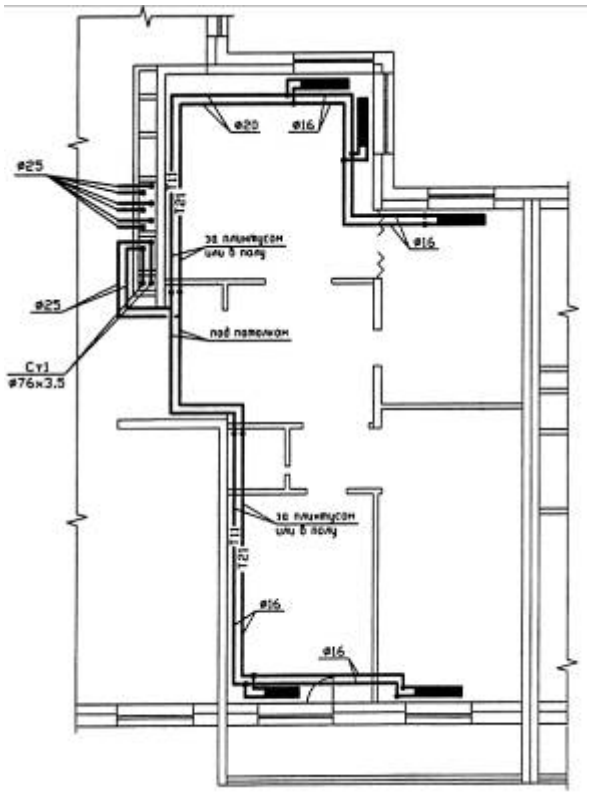



Рис. 2.7. Двухтрубная система отопления с периметральной разводкой теплопроводов по квартире

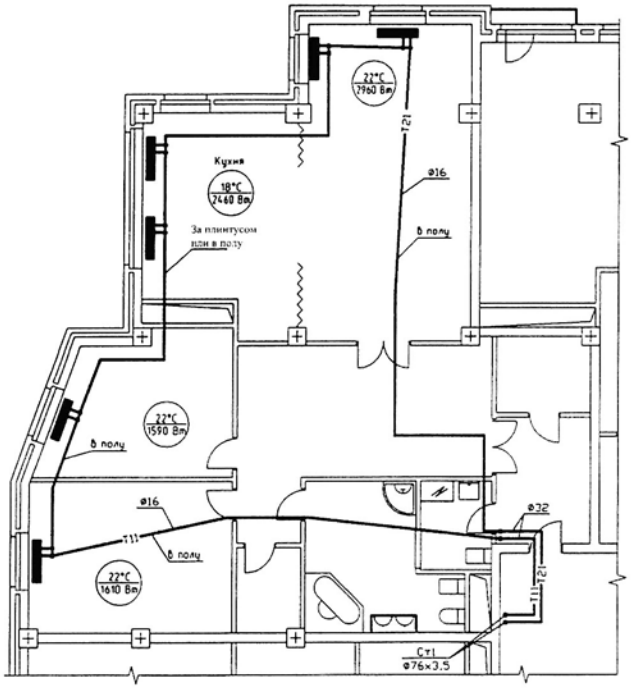



Рис. 2.8. Однотрубная поквартирная система отопления

2.15. Если загрязнения в теплоносителе превышают нормы [4], то для нормальной работы термостатов и регулирующей арматуры необходимо оснащать систему отопления фильтрами, в том числе и постояковыми, и обеспечить их нормальную эксплуатацию.

2.16. При использовании радиаторов «Zehnder Charleston» с глухими шайбами в нижних коллекторах система отопления должна быть оснащена компрессором для обеспечения надёжного удаления воды из системы (при необходимости).

# 3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

3.1. Гидравлический расчёт проводится по существующим методикам с применением основных расчётных зависимостей, изложенных в нормативной и справочно-информационной литературе [5] и [7], 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 ΔP - потери давления на трение и преодоление местных сопротивлений, Па;

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

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

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

λ - коэффициент трения;

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

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

L - длина рассчитываемого участка теплопровода, м;

Σζ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на рассчитываемом участке сети;

M - массный расход теплоносителя, кг/с;

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

Z - местные потери давления на участке, Па .

3.2. Гидравлические характеристики радиаторов получены по методике НИИсантехники [8], позволяющей определять приведённые коэффициенты сопротивления $\zeta_{ну}$ и характеристики сопротивления $S_{ну}$ при нормальных условиях (при $M_{пр}$=0,1 кг/с через прибор) после периода эксплуатации, в течение которого коэффициенты трения мерных участков стальных гладких (новых) труб на подводках к испытываемым приборам достигают значений, соответствующих эквивалентной шероховатости, равной 0,2 мм и принятой в качестве расчётной для стальных теплопроводов отечественных систем отопления.

3.3. В табл. 3.1 приведены гидравлические характеристики радиаторов «Zehnder Charleston» при нормативном расходе горячей воды через прибор ($M_{пр}$=0,1 кг/с), характерном для однотрубных систем отопления, при условии прохода всего теплоносителя из стояка через прибор, а также при $M_{пр}$=0,017 кг/с, характерном для двухтрубных систем, которые усреднены для радиаторов с количеством секций от 6 и более. Представленные данные можно принимать для приборов с монтажной высотой до 900 мм как при движении теплоносителя по схеме «сверху-вниз», так и при схеме «снизу-вверх», а также при схеме «снизу-вниз» при количестве секций в радиаторе от 6 до 35. При других схемах обвязки радиаторов «Zehnder Charleston» коэффициент местного сопротивления в среднем можно принять равным 3,5.

**Таблица 3.1. Усреднённые гидравлические характеристики стальных секционных радиаторов «Zehnder Charleston»**

| Схема движения теплоносителя | Расход теплоносителя | | Коэффициент местного сопротивления **ζ** при условном диаметре подводок $\mathbf{d_y}$ и количестве труб **n** по глубине секции | | | | Характеристика сопротивления $\mathbf{S \cdot 10^{-4}}$, Па/(кг/с)$^2$, при условном диаметре подводок $\mathbf{d_y}$ и количестве труб **n** по глубине секции | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | кг/ч | кг/с | $d_y$=15 мм | | $d_y$=20 мм | | $d_y$=15 мм | | $d_y$=20 мм | |
| | | | n=2 | n=3-4 | n=2 | n=3-4 | n=2 | n=3-4 | n=2 | n=3-4 |
| «сверху-вниз» и «снизу-вверх» | 360 | 0,1 | 1,7 | 1,5 | 2,2 | 1,9 | 2,33 | 2,06 | 0,91 | 0,78 |
| | 60 | 0,017 | 2,9 | 2,2 | 4,6 | 4,0 | 3,97 | 3,01 | 1,9 | 1,65 |
| «снизу-вниз» | 360 | 0,1 | 1,8 | 1,6 | 2,6 | 2,2 | 2,47 | 2,19 | 1,07 | 0,91 |
| | 60 | 0,017 | 3,0 | 2,8 | 3,8 | 3,6 | 4,11 | 3,84 | 1,57 | 1,48 |

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

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

В табл. 3.2 приведены усреднённые значениё коэффициентов местного сопротивления полностью открытых вентилей для ручной регулировки RBM (Италия), определённые в ООО «Витатерм» при температуре воды 60-80$^o$С. При температуре воды 20-30$^o$С гидравлические характеристики возрастают в среднем на 5%.

**Таблица 3.2. Усреднённые значения коэффициентов местного сопротивления итальянских вентилей RBM для ручного регулирования**

| Условный диаметр, мм | Коэффициенты местного сопротивления ζ вентилей | |
|---|---|---|
| | прямых | угловых |
| 15 | 28 | 16 |
| 20 | 11,5 | 5 |

3.5. 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), **AV6** (рис. 3.3 а) фирмы «Овентроп», термостаты фирм RBM, «Комап», «Хаймайер», «Хоневелл» и др.

Наклонные линии (1,2,3...) на диаграммах рис. 3.1, 3.2 (а) и 3.3 (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.

3.6. Радиатор «Zehnder Charleston Completto» оснащён, как указывалось, встроенным термостатом **AV6** фирмы «Овентроп» (рис. 2.7). Этот термостат позволяет осуществлять предварительную монтажную настройку по 6 позициям. Ниже в табл. 3.3 приводятся усреднённые значения коэффициентов местного сопротивления **ζ** радиатора «Zehnder Charleston Completto» с нижним расположением подводящих патрубков $d_y$=15 мм и встроенным термостатом AV6, учитывающие также сопротивление транзитного теплопровода от подводок к корпусу термостата, в зависимости от позиций преднастройки при расходе теплоносителя через прибор 60 кг/ч и настройке термостата на режим 2К (открытие клапана на 0,44 мм). Представленные в таблице 3.3 значения **ζ** характерны для условий эксплуатации радиаторов со встроенными термостатами в двухтрубных системах отопления.

**Таблица 3.3. Усреднённые гидравлические характеристики радиаторов «Zehnder Charleston Completto»**

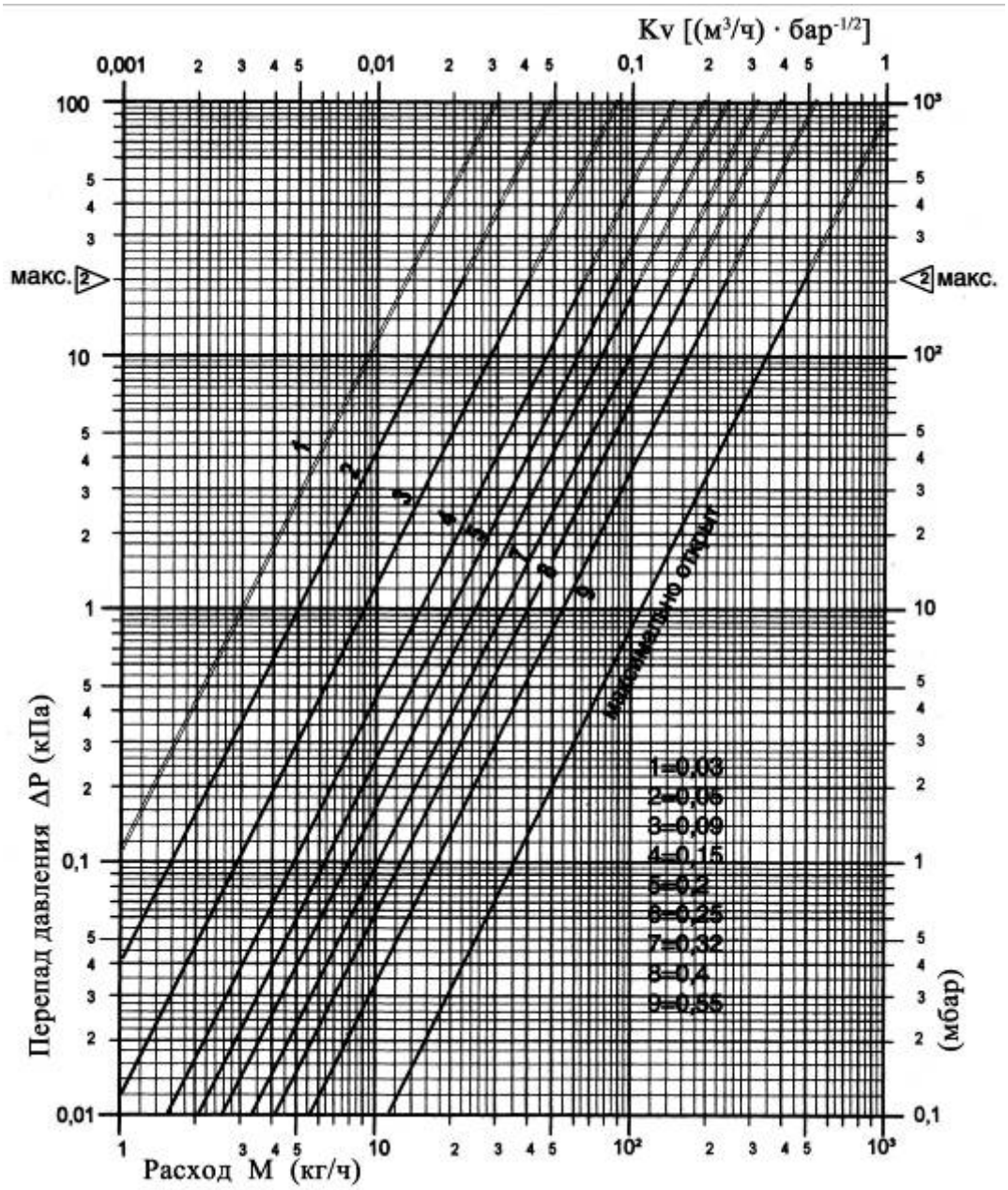
| Позиции монтажной настройки термостата | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | при полном открытии |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

| Значения **ζ** | 25000 | 8000 | 2500 | 2000 | 1600 | 1150 | 1000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

Расположение нижних патрубков (с межосевым расстоянием 50 мм) у крайних секций и в середине радиатора мало отражается на гидравлическом сопротивлении радиатора «Zehnder Charleston Completto».

Отметим, что по данным ООО «Витатерм» при условиях эксплуатации, характерных для отечественных систем отопления, настройку на позиции 1 и 2 производить не рекомендуется [9].

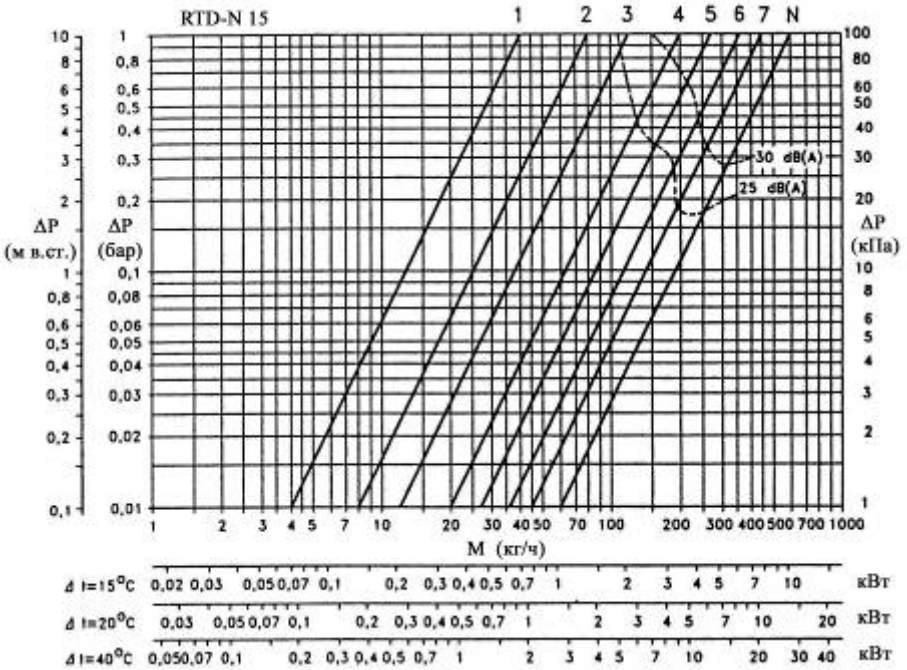
3.7. Для широко используемых в России однотрубных систем отопления можно рекомендовать специальные термостаты уменьшенного гидравлического сопротивления RTD-G (рис. 3.2, б), марки **М** фирмы «Овентроп» (рис. 3.3 б), «ГЕРЦ-TS-E» (рис. 3.4), типа **Н** фирмы «Хоневелл» и типа «Super» фирмы «Хаймайер».



2 - граница гарантированной бесшумной работы клапана

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.*

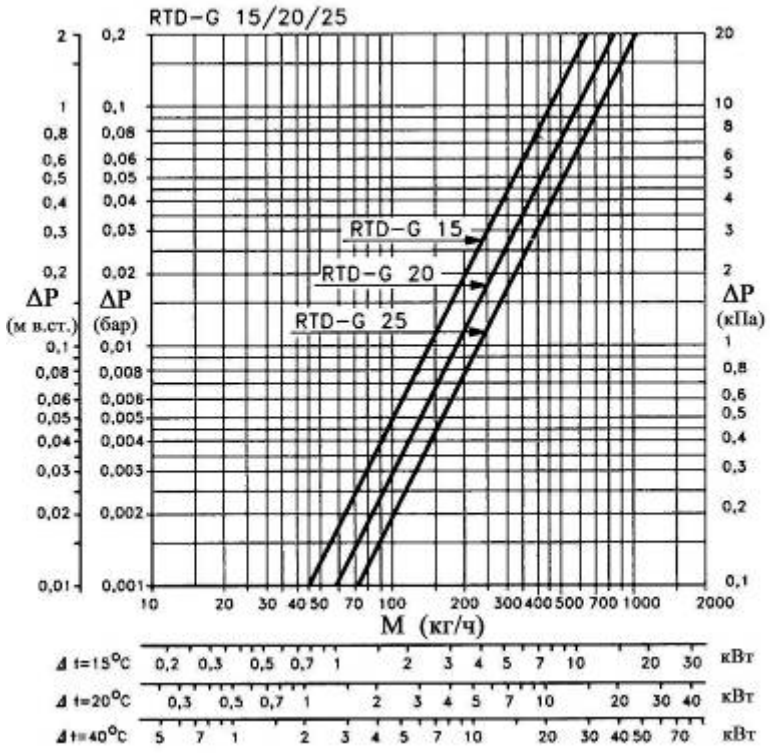
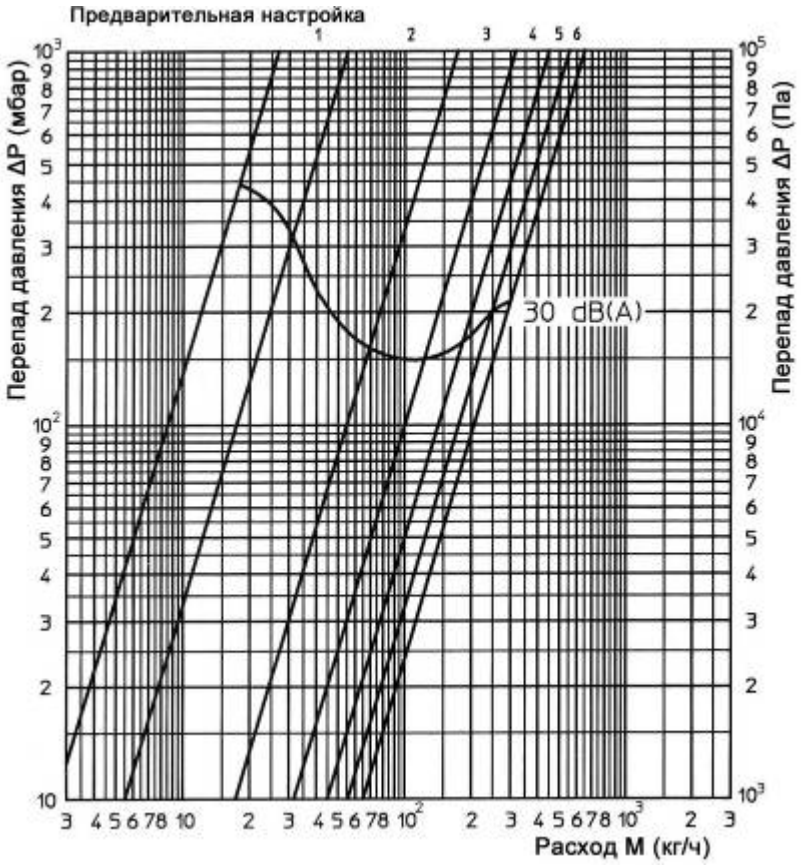



Рис. 3.2. Гидравлические характеристики термостатов «Данфосс»:
а – RTD-N 15 при различных уровнях монтажной настройки клапана для двухтрубных систем отопления с подводками $d_y$ 15 мм;
б – RTD-G для гравитационных и насосных однотрубных систем отопления с подводками $d_y$ 15, 20 и 25 мм
(при настройке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

*а.*




*б.*

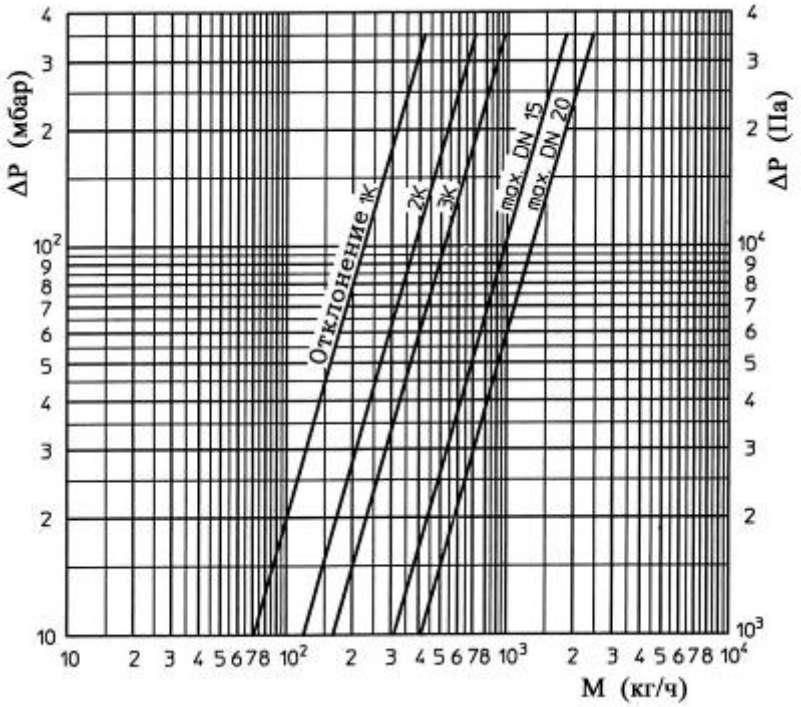
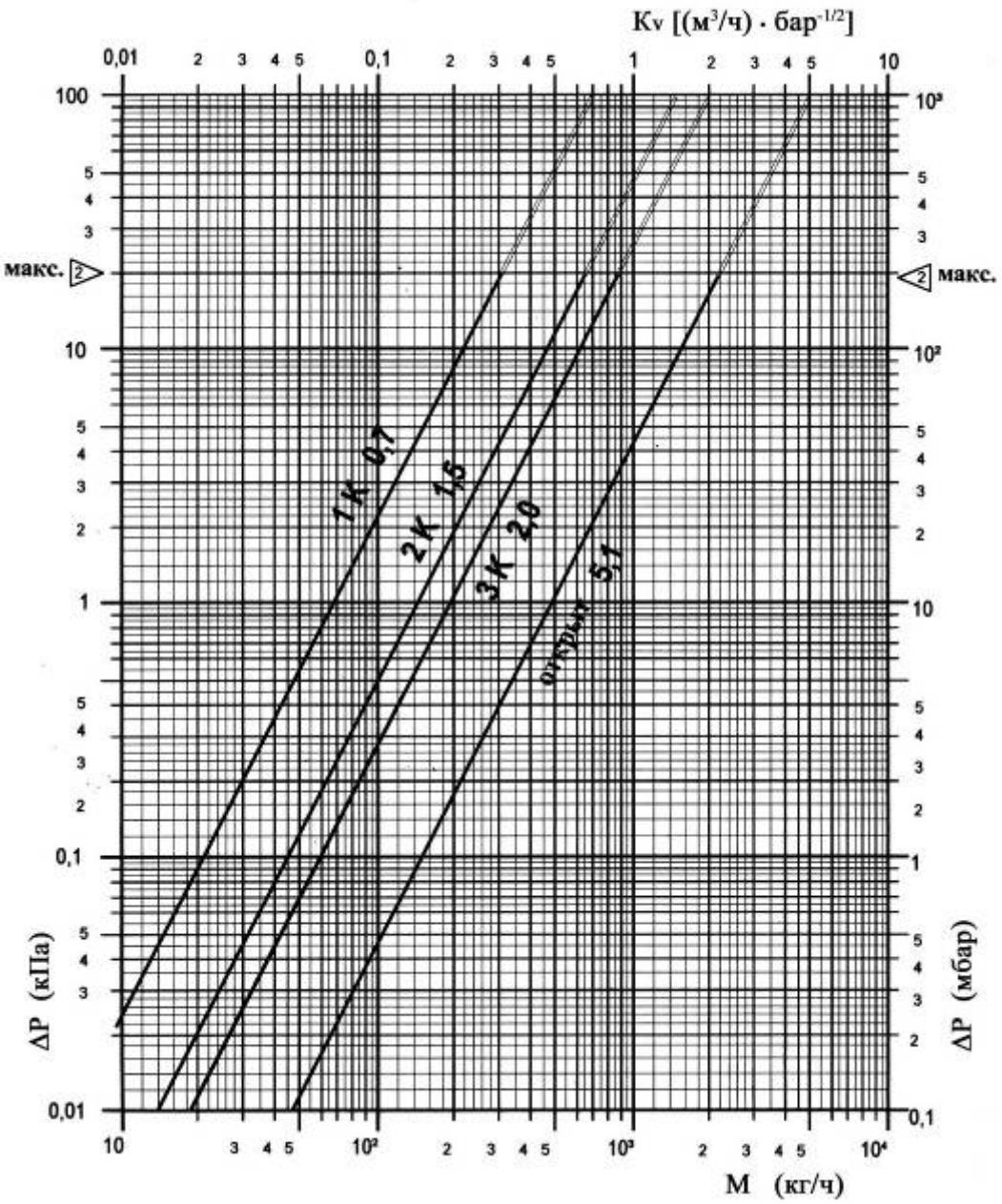



Рис. 3.3. Гидравлические характеристики термостатов фирмы «Овентроп»:
а – **AV6** для двухтрубных систем отопления;
б – **M** для однотрубных систем отопления




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

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

Представленные на рис. 3.2 (б) наклонные линии определяют 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).

На рис. 3.3 (б) представлены гидравлические характеристики термостатов **М** для однотрубных систем отопления при настройке на режимы 1К, 2К или 3К и установке на подводках условным диаметром 15 и 20 мм (эти характеристики для обоих диаметров при настройке на эти режимы практически совпадают), а также при полном открытии клапана (отдельно при условных диаметрах подводок 15 и 20 мм).

На рис. 3.4 наклонные линии определяют 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.

На рис. 3.1 и 3.4 на пересечении кривых, характеризующих зависимость гидравлического сопротивления термостатов от расхода воды, с линией ΔР=1 бар=100 кПа указаны значения расходных коэффициентов $K_v$ [(м$^3$/ч)·бар$^{-1/2}$]. Для однотрубных систем отопления могут применяться термостаты с $K_v \geq 1,2$ [9].

На рис. 3.2 (а) и 3.3 (а) показано, при каких расходах воды эквивалентный уровень шума термостатов 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 0,015-0,03 МПа (1,5-3 м вод. ст.) Отметим, что для обеспечения нормальной работы термостата перепад давления на нём должен быть не менее 0,003-0,005 МПа (0,3-0,5 м вод.ст.).

В однотрубных системах целесообразно применять трёхходовые термостаты, обеспечивающие удобные подключение к прибору и монтаж замыкающего участка. Среди них интересны 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.

Донное подключение радиаторов можно осуществить с помощью специальной гарнитуры, поставляемой изготовителями термостатов как для традиционного бокового подключения, так и одноузлового через нижние боковую пробку или штуцер с помощью вентилей «Рапира», а также клапанов «Multiflex» и Н-образных запорно-регулирующих клапанов.

3.8. Фирма «Zehnder GmbH» при оснащении радиаторов «Zehnder Charleston» и «Zehnder Charleston Completto» запорно-регулирующей арматурой обычно ориентируется на номенклатуру терморегуляторов фирмы «Овентроп». В таблице 3.4 указаны наиболее распространённые типы угловых и проходных вентилей этой фирмы, применяемых в отечественной практике. В таблице 3.5 представлена номенклатура специальных вентилей «Рапира», используемых для одноузлового бокового или нижнего подсоединения радиаторов «Zehnder Charleston» по схемам 20, 40, 23 и 43 (см. табл. 1.4).

3.9. При оснащении радиаторов термостатами целесообразно учитывать рекомендации по их использованию в системах водяного отопления [9].

**Таблица 3.4. Угловые и проходные вентили фирмы «Овентроп»,**

**устанавливаемые в насосных системах отопления**

| Тип системы | Тип вентиля | Назначение | Исполнение | Диаметр |
|---|---|---|---|---|
| Двухтрубная | **AV6** | Для термостата с предварительной настройкой | Угловой | $Д_у$10-$Д_у$32 $Д_у$15(НР3/4) |
| | | | Проходной | |
| | **ADV6** | Для термостата с предварительной настройкой и аварийным снижением расхода | Угловой | $Д_у$10-$Д_у$20 |
| | | | Проходной | |
| | **HRV** | С ручным приводом и предварительной настройкой | Угловой | $Д_у$10, $Д_у$15 |
| | | | Проходной | |
| Однотрубная и двухтрубная | **A** | Для термостата | Угловой | $Д_у$10-$Д_у$20 $Д_у$15(НР3/4) |
| | | | Проходной | |
| | **HA** | С ручным приводом | Угловой | $Д_у$10-$Д_у$25 |
| | | | Проходной | |
| Однотрубная | **AZ** | Для термостата | Угловой | $Д_у$10- $Д_у$32 |
| | | | Проходной | |
| | **M** | Для термостата | Проходной | $Д_у$15, $Д_у$20 |

Примечание: НР3/4 – наружная резьба ¾"

**Таблица 3.5. Вентили типа «Рапира» фирмы «Овентроп» (для радиаторов длиной не более 1,2 м)**

| Эскиз | Наименование и краткая характеристика |
|---|---|
| | Для однотрубных систем отопления с функцией отключения. Макс. температура 120°С, макс. раб. изб. давление 1 МПа. Для горизонтального нижнего присоединения к отопительному прибору G ½ (наружная резьба), для присоединения к подводкам G ¾ (наружная резьба). |
| | То же, для вертикального нижнего присоединения к отопительному прибору |
| | Для двухтрубных систем отопления с функцией отключения. Макс. температура 120°С, макс. раб. изб. давление 1МПа. Для вертикального нижнего присоединения к отопительному прибору G ½ (наружная резьба), для присоединения к подводкам G ¾ (наружная резьба). |

3.10. Поскольку при полном закрытии термостата, установленного на верхней боковой подводке, остаточная теплоотдача радиатора при условном диамет-

ре подводок 15 и 20 мм составляет 25-40% от расчётной, для её уменьшения рекомендуется применять простейшие термостаты без монтажной регулировки с установкой их на верхней подводке в комбинации с циркуляционным тормозом или со специальным вентилем для предварительной настройки и отключения на нижней подводке, например, вентилем «Combi» фирмы «Овентроп». Более подробные сведения о номенклатуре запорно-регулирующей арматуры фирмы «Овентроп» можно получить в представительстве фирмы (тел. (095) 362-94-24 и (095) 918-18-26).

3.11. При поставке радиаторов фирмы «Zehnder GmbH» с терморегулирующими вентилями термостатическая головка с жидкостным датчиком поставляется по заказу. Выбор определяет заказчик с учётом дизайна и стоимости головки. При отсутствии заказа изготовитель поставляет термостатический элемент «Uni LH» фирмы «Овентроп».

3.12. 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.

3.13. Значения коэффициентов затекания $\alpha_{пр}$ для радиаторов «Zehnder Charleston» 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 уменьшенного гидравлического сопротивления представлены в табл. 3.6.

**Таблица 3.6. Усреднённые значения коэффициентов затекания $\alpha_{пр}$ узлов однотрубных систем водяного отопления с радиаторами «Zehnder Charleston»**

| Тип регулирующей арматуры и фирма-изготовитель | Значения $\alpha_{пр}$ при сочетании диаметров труб радиаторного узла $d_{ст}$ x $d_{зу}$ x $d_{п}$ (мм) | | |
|---|---|---|---|
| | 15x15x15 | 20x15x15 | 20x15x20 |
| Термостат «М» («Овентроп») | 0,225 | 0,185 | 0,24 |
| Термостат AZ («Овентроп») | 0,21 | 0,175 | 0,22 |
| Термостат RTD-G («Данфосс») | 0,235 | 0,195 | 0,27 |
| Термостат «ГЕРЦ-TS-E» («ГЕРЦ») | 0,245 | 0,2 | 0,25 |

Значения коэффициентов затекания при установке термостатов определены, как указывалось, при их настройке на режим 2К (2°С), т.е. на положение час-

тично открытого клапана, из которого термостат полностью перекрывает движение воды при превышении заданной температуры воздуха в помещении на 2$^{o}$С (на 2К). Очевидно, при таком методе определения коэффициента затекания потребная площадь поверхности нагрева отопительного прибора будет больше, чем при расчёте, исходя из гидравлических характеристик полностью открытого клапана, характерном для отечественной практики инженерных расчётов в случае применения обычных кранов и вентилей [9].

3.14. При проведении гидравлических расчётов значения удельных скоростных давлений и приведённых коэффициентов гидравлического трения для стальных теплопроводов систем отопления принимаются по приложению 1, для медных – по приложению 2.

Гидравлические характеристики комбинированных полипропиленовых труб приведены в ТР 125-02 [10], для металлополимерных труб аналогичные данные имеются в ООО «Витатерм», а также в фирмах, поставляющих металлополимерные теплопроводы.

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

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

# 4. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ

4.1. Тепловой расчёт проводится по существующим методикам с применением основных расчётных зависимостей, изложенных в специальной литературе [5], [7], 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 $\beta_1$ зависит от номенклатурного шага радиатора и принимается в зависимости от количества труб в секции радиатора по табл. 4.1, а второй - $\beta_2$ – 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 $\beta_1$ и $\beta_2$ 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 $\beta_1$ и $\beta_2$**

| Число труб в секции, шт. | $\beta_1$ | $\beta_2$ при установке | |
|---|---|---|---|
| | | у наружной стены | у наружного остекления |
| 2 | 1,005 | 1,02 | 1,07 |
| 3 | 1,01 | 1,015 | 1,05 |
| 4 | 1,02 | 1,012 | 1,04 |
| 5 | 1,03 | 1,01 | 1,033 |
| 6 | 1,04 | 1,008 | 1,028 |

4.3. Тепловой поток $\boldsymbol{Q}$, Вт, радиаторов «Zehnder Charleston» 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 $q_{ну}$, Вт, (см. табл. 1.3), на количество секций в приборе $\boldsymbol{n}$, Вт;

$\Theta$ - 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 с учётом уменьшения доли лучистой составляющей по отношению к конвективной в общей теплопередаче радиатора с увеличением количества труб по глубине секции (принимается по табл. 4.3);

$\beta_3$ – 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, 4.7 и 4.8);

$\varphi_2 = c \cdot (M_{пр}/0{,}1)^m$ – 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. 4.9);

$K_{ну}$ – коэффициент теплопередачи прибора при нормальных условиях, определяемый по формуле или по табл. 4.10

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

где $F$ – площадь наружной теплоотдающей поверхности радиатора, равная произведению площади поверхности нагрева одной секции $\mathbf{f_c}$ (принимается по табл. 1.4) на количество секций в приборе $\mathbf{n_c}$, м$^2$.

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

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

4.5. Согласно результатам тепловых испытаний различных образцов радиаторов «Zehnder Charleston» с номинальной высотой от 260 до 900 мм значения

показателей степени ***n*** и ***m*** и коэффициента ***c*** зависят не только от исследованных диапазонов изменения $\Theta$ 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.

В частности, при составлении таблиц 4.6 значения (1+n) были усреднены для всех моделей номинальной высотой до 55 см, т.е. до модели 4055 включительно: (1+n)=1,25, а у остальных моделей с номинальной высотой 57 см и выше (1+n) =1,27.

Значения $\varphi_1$ в табл. 4.7 для случаев движения теплоносителя по схеме «снизу-вверх» в радиаторах всех моделей определены при усреднённых значениях (1+n) =1,3, а при движении теплоносителя по схеме «снизу-вниз» значения $\varphi_1$ принимаются по табл. 4.8.

Значения $\varphi_2$ в табл. 4.9 для случаев движения теплоносителя по схеме «снизу-вверх» для всех моделей определены при усреднённых значениях c=0,92 и m =0,04. Для всех моделей при движении теплоносителя по схеме «снизу-вниз» в среднем можно принимать $\varphi_2$ =0,98. Очевидно, что при стандартной схеме движения теплоносителя «сверху-вниз» $\varphi_2$ =1.

4.6. Номинальный тепловой поток радиаторов «Zehnder Charleston» и его зависимость от температурного напора при нестандартных схемах подключения можно с погрешностью не более 3% принимать с учётом рекомендаций п. 1.10.

Это замечание относится и к радиаторам «Zehnder Charleston Completto».

4.7. В случаях применения термостатов с вентилем «Рапира» тепловые показатели радиаторов необходимо впредь до уточнения снижать на 8%, а при использовании «Рапира-S» - на 15% (при длине радиаторов не более 1,2 м).

4.8. Тепловые показатели радиаторов «Zehnder Charleston» и «Zehnder Charleston Completto» при количестве труб по глубине секции от 5 и 6 и номинальной высоте до 900 мм при схеме движения теплоносителя «сверху-вниз» впредь до уточнения можно принимать по проспектным данным фирмы «Zehnder GmbH», полагая в среднем c=1 и (1+n)=1,27, а при высоте 1000 мм и более c=0,97 и (1+n)=1,3. Для остальных моделей с количеством труб по глубине секций от 2 до 4 при высоте 1000 мм и более можно принимать c=0,98 и (1+n)=1,3.

4.9. Значения коэффициента теплопередачи $K_{ну}$ испытанных образцов радиаторов при нормальных (нормативных) условиях представлены в табл. 4.10.

4.10. 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. Значения показателей степени *(1+n)* и *m* и коэффициента *c***

| Модель радиатора | Значения показателей при схеме движения теплоносителя | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *сверху-вниз* | | | *снизу-вверх* | | | *снизу-вниз* | | |
| | **1+n** | **m** | **c** | **1+n** | **m** | **c** | **1+n** | **m** | **c** |
| 2026 | 1,25 | 0 | 1 | 1,25 | 0,04 | 0,91 | 1,25 | 0 | 1 |
| 3026 | 1,25 | | | 1,25 | | 0,92 | 1,25 | | 0,99 |
| 4026 | 1,25 | | | 1,28 | | 0,92 | 1,25 | | 0,99 |
| 2030 | 1,25 | 0 | 1 | 1,25 | 0,04 | 0,91 | 1,25 | 0 | 1 |
| 3030 | 1,25 | | | 1,27 | | 0,92 | 1,25 | | 0,99 |
| 4030 | 1,25 | | | 1,28 | | 0,92 | 1,25 | | 0,99 |
| 2035 | 1,25 | 0 | 1 | 1,25 | 0,04 | 0,92 | 1,25 | 0 | 0,99 |
| 3035 | 1,25 | | | 1,27 | | 0,92 | 1,25 | | 0,99 |
| 4035 | 1,25 | | | 1,3 | | 0,93 | 1,27 | | 0,99 |
| 2037 | 1,25 | 0 | 1 | 1,27 | 0,04 | 0,92 | 1,27 | 0 | 0,99 |
| 3037 | 1,27 | | | 1,3 | | 0,93 | 1,27 | | 0,99 |
| 2040 | 1,25 | 0 | 1 | 1,27 | 0,04 | 0,92 | 1,27 | 0 | 0,99 |
| 3040 | 1,25 | | | 1,3 | | 0,92 | 1,27 | | 0,98 |
| 4040 | 1,25 | | | 1,3 | | 0,93 | 1,27 | | 0,98 |
| 2045 | 1,25 | 0 | 1 | 1,27 | 0,04 | 0,92 | 1,27 | 0 | 0,99 |
| 3045 | 1,25 | | | 1,3 | | 0,92 | 1,27 | | 0,98 |
| 4045 | 1,26 | | | 1,3 | | 0,93 | 1,27 | | 0,98 |
| 2050 | 1,25 | 0 | 1 | 1,27 | 0,04 | 0,92 | 1,27 | 0 | 0,99 |
| 3050 | 1,25 | | | 1,3 | | 0,92 | 1,27 | | 0,98 |
| 4050 | 1,26 | | | 1,3 | | 0,93 | 1,27 | | 0,98 |
| 2055 | 1,25 | 0 | 1 | 1,27 | 0,04 | 0,92 | 1,27 | 0 | 0,99 |
| 3055 | 1,26 | | | 1,3 | | 0,92 | 1,27 | | 0,98 |
| 4055 | 1,26 | | | 1,3 | | 0,93 | 1,27 | | 0,98 |
| 2057 | 1,27 | 0 | 1 | 1,27 | 0,04 | 0,92 | 1,27 | 0 | 0,99 |
| 3057 | 1,27 | | | 1,3 | | 0,92 | 1,27 | | 0,98 |
| 4057 | 1,27 | | | 1,3 | | 0,93 | 1,27 | | 0,98 |
| 2060 | 1,27 | 0 | 1 | 1,27 | 0,04 | 0,92 | 1,27 | 0 | 0,99 |
| 3060 | 1,27 | | | 1,3 | | 0,92 | 1,27 | | 0,98 |
| 4060 | 1,27 | | | 1,3 | | 0,93 | 1,27 | | 0,98 |
| 2075 | 1,27 | 0 | 1 | 1,27 | 0,04 | 0,92 | 1,27 | 0 | 0,99 |
| 3075 | 1,27 | | | 1,3 | | 0,93 | 1,27 | | 0,98 |
| 4075 | 1,27 | | | 1,3 | | 0,93 | 1,27 | | 0,98 |
| 2090 | 1,27 | 0 | 1 | 1,27 | 0,04 | 0,93 | 1,27 | 0 | 0,99 |
| 3090 | 1,27 | | | 1,3 | | 0,93 | 1,27 | | 0,98 |
| 4090 | 1,27 | | | 1,3 | | 0,93 | 1,27 | | 0,98 |

**Таблица 4.3. Усреднённый поправочный коэффициент *b***

| Атмосферное давление | | Значения ***b*** для радиаторов с количеством труб по глубине секции | | |
|---|---|---|---|---|
| гПа | мм рт. ст | 2 | 3 | 4 |
| 700 | 933 | 0,968 | 0,967 | 0,966 |
| 710 | 947 | 0,974 | 0,973 | 0,972 |
| 720 | 960 | 0,978 | 0,977 | 0,976 |
| 730 | 973 | 0,984 | 0,983 | 0,982 |
| 740 | 987 | 0,989 | 0,989 | 0,988 |
| 750 | 1000 | 0,995 | 0,994 | 0,994 |
| 760 | 1013,3 | 1 | 1 | 1 |
| 770 | 1025 | 1,005 | 1,005 | 1,005 |
| 780 | 1040 | 1,011 | 1,011 | 1,012 |

**Таблица 4.4. Усреднённые значения коэффициента $\beta_3$, учитывающего влияние количества секций в радиаторе на его тепловой поток при высоте радиаторов до 900 мм и количестве труб по глубине секции от 2 до 4**

| Количество секций в радиаторе, шт. | 2 – 4 | 5 – 8 | 9 – 16 | 17 – 24 | 25 – 34 | 35 – 60 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_3$ | 1,04 | 1,02 | 1 | 0,98 | 0,96 | 0,95 |

Примечание: данные таблицы относятся к радиаторам с обвязкой по любой схеме при количестве секций до 34 включительно. При большем количестве секций рекомендуется использовать диагональную схему обвязки радиатора, а при боковом подсоединении вводить дополнительно к указанному в табл. 4.4 понижающий коэффициент **(в среднем 0,96)** на значение теплового потока.

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

| Количество секций в радиаторе, шт. | 2 - 4 | 5 - 8 | 9 и более |
|---|---|---|---|
| ***p*** | 1,04 | 1,015 | 1 |

**Таблица 4.6. Значения поправочного коэффициента $\varphi_1$ для всех моделей радиаторов с количеством труб по глубине секции от 2 до 4 при движении теплоносителя по схеме «сверху-вниз»**

| Θ, °C | $\varphi_1$ для радиаторов высотой | |
|---|---|---|
| | от 26 до 55 см | от 57 до 90 см |
| 44 | 0,56 | 0,555 |
| 46 | 0,592 | 0,587 |
| 48 | 0,624 | 0,619 |
| 50 | 0,657 | 0,652 |
| 52 | 0,69 | 0,686 |
| 54 | 0,723 | 0,719 |
| 56 | 0,757 | 0,753 |
| 58 | 0,791 | 0,788 |
| 60 | 0,825 | 0,822 |
| 62 | 0,859 | 0,857 |
| 64 | 0,894 | 0,892 |
| 66 | 0,929 | 0,928 |
| 68 | 0,964 | 0,964 |
| 70 | 1 | 1 |
| 72 | 1,036 | 1,036 |
| 74 | 1,072 | 1,073 |
| 76 | 1,108 | 1,11 |

| Θ, °C | $\varphi_1$ для радиаторов высотой | |
|---|---|---|
| | от 26 до 55 см | от 57 до 90 см |
| 78 | 1,145 | 1,147 |
| 80 | 1,182 | 1,185 |
| 82 | 1,219 | 1,223 |
| 84 | 1,256 | 1,261 |
| 86 | 1,293 | 1,299 |
| 88 | 1,331 | 1,337 |
| 90 | 1,369 | 1,376 |
| 92 | 1,407 | 1,415 |
| 94 | 1,446 | 1,454 |
| 96 | 1,484 | 1,494 |
| 98 | 1,523 | 1,533 |
| 100 | 1,562 | 1,573 |
| 102 | 1,601 | 1,613 |
| 104 | 1,64 | 1,653 |
| 106 | 1,68 | 1,694 |
| 108 | 1,72 | 1,735 |
| 110 | 1,759 | 1,775 |

**Таблица 4.7. Значения поправочного коэффициента $\varphi_1$ для всех моделей радиаторов с количеством труб по глубине секции от 2 до 4 при движении теплоносителя по схеме «снизу-вверх»**

| Θ, °C | $\varphi_1$ |
|---|---|
| 44 | 0,547 |
| 46 | 0,579 |
| 48 | 0,612 |
| 50 | 0,646 |
| 52 | 0,679 |
| 54 | 0,714 |
| 56 | 0,748 |
| 58 | 0,783 |
| 60 | 0,818 |
| 62 | 0,854 |
| 64 | 0,89 |
| 66 | 0,926 |

| Θ, °C | $\varphi_1$ |
|---|---|
| 68 | 0,963 |
| 70 | 1 |
| 72 | 1,037 |
| 74 | 1,075 |
| 76 | 1,113 |
| 78 | 1,151 |
| 80 | 1,19 |
| 82 | 1,228 |
| 84 | 1,267 |
| 86 | 1,307 |
| 88 | 1,346 |
| 90 | 1,386 |

| Θ, °C | $\varphi_1$ |
|---|---|
| 92 | 1,427 |
| 94 | 1,467 |
| 96 | 1,508 |
| 98 | 1,549 |
| 100 | 1,59 |
| 102 | 1,631 |
| 104 | 1,673 |
| 106 | 1,715 |
| 108 | 1,757 |
| 110 | 1,8 |
| | |
| | |

**Таблица 4.8. Значения поправочного коэффициента $\varphi_1$ для всех моделей радиаторов с количеством труб по глубине секции от 2 до 4 при движении теплоносителя по схеме «снизу-вниз»**

| Θ, °C | $\varphi_1$ для радиаторов высотой | |
|---|---|---|
| | от 26 до 35 см кроме модели 4035 | от 37 до 90 см и для модели 4035 |
| 44 | 0,56 | 0,555 |
| 46 | 0,592 | 0,587 |
| 48 | 0,624 | 0,619 |
| 50 | 0,657 | 0,652 |
| 52 | 0,69 | 0,686 |
| 54 | 0,723 | 0,719 |
| 56 | 0,757 | 0,753 |
| 58 | 0,791 | 0,788 |
| 60 | 0,825 | 0,822 |
| 62 | 0,859 | 0,857 |
| 64 | 0,894 | 0,892 |
| 66 | 0,929 | 0,928 |
| 68 | 0,964 | 0,964 |
| 70 | 1 | 1 |
| 72 | 1,036 | 1,036 |
| 74 | 1,072 | 1,073 |
| 76 | 1,108 | 1,11 |

| Θ, °C | $\varphi_1$ для радиаторов высотой | |
|---|---|---|
| | от 26 до 35 см кроме модели 4035 | от 37 до 90 см и для модели 4035 |
| 78 | 1,145 | 1,147 |
| 80 | 1,182 | 1,185 |
| 82 | 1,219 | 1,223 |
| 84 | 1,256 | 1,261 |
| 86 | 1,293 | 1,299 |
| 88 | 1,331 | 1,337 |
| 90 | 1,369 | 1,376 |
| 92 | 1,407 | 1,415 |
| 94 | 1,446 | 1,454 |
| 96 | 1,484 | 1,494 |
| 98 | 1,523 | 1,533 |
| 100 | 1,562 | 1,573 |
| 102 | 1,601 | 1,613 |
| 104 | 1,64 | 1,653 |
| 106 | 1,68 | 1,694 |
| 108 | 1,72 | 1,735 |
| 110 | 1,759 | 1,775 |

**Таблица 4.9. Усреднённые значения поправочного коэффициента $\varphi_2$ для всех испытанных моделей при движении теплоносителя «снизу-вверх»**

| $M_{пр}$ | | $\varphi_2$ |
|---|---|---|
| кг/с | кг/ч | |
| 0,01 | 36 | 0,839 |
| 0,02 | 72 | 0,863 |
| 0,03 | 108 | 0,877 |
| 0,04 | 144 | 0,887 |
| 0,05 | 180 | 0,895 |
| 0,06 | 216 | 0,901 |

| $M_{пр}$ | | $\varphi_2$ |
|---|---|---|
| кг/с | кг/ч | |
| 0,07 | 252 | 0,907 |
| 0,08 | 288 | 0,912 |
| 0,09 | 324 | 0,916 |
| 0,1 | 360 | 0,92 |
| 0,125 | 450 | 0,928 |
| 0,15 | 540 | 0,935 |

Примечание: при движении теплоносителя по схеме «сверху-вниз» $\varphi_2$=1, при схеме «снизу-вниз» $\varphi_2$ = 0,98

**Таблица 4.10. Значения коэффициента теплопередачи $K_{ну}$, Вт/(м$^2$·$^o$С), при нормальных условиях (Θ=70 $^o$С)**

| Модель радиатора | Значения $K_{ну}$ |
|---|---|
| 2026 | 11,2 |
| 3026 | 10,6 |
| 4026 | 10,3 |
| 2030 | 10,9 |
| 3030 | 10,4 |
| 4030 | 10,2 |
| 2035 | 10,9 |
| 3035 | 10,3 |
| 4035 | 10 |
| 2037 | 10,8 |
| 3037 | 10,3 |
| 2040 | 10,7 |
| 3040 | 10,2 |
| 4040 | 10 |
| 2045 | 10,7 |
| 3045 | 10,1 |
| 4045 | 9,6 |
| 2050 | 10,6 |
| 3050 | 10 |
| 4050 | 9,5 |
| 2055 | 10,6 |
| 3055 | 9,8 |
| 4055 | 9,5 |
| 2057 | 10,5 |
| 3057 | 9,6 |
| 4057 | 9,5 |
| 2060 | 10,4 |
| 3060 | 9,3 |
| 4060 | 9,2 |
| 2075 | 10,4 |
| 3075 | 9,3 |
| 4075 | 9,1 |
| 2090 | 9,7 |
| 3090 | 9 |
| 4090 | 8,9 |

# 5. ПРИМЕР РАСЧЁТА ЭТАЖЕСТОЯКА ОДНОТРУБНОЙ

# СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

*Условия для расчёта*

Требуется выполнить тепловой расчёт этажестояка вертикальной однотрубной системы водяного отопления со стальным секционным трубчатым радиатором «Zehnder Charleston». Радиатор установлен на наружной стене под оконным проёмом без ниши (длиной 1200 мм) на 17 этаже 17-этажного здания, присоединён к стояку со смещённым замыкающим участком и оснащён термостатом «М» фирмы «Овентроп» на подводке к прибору. Движение теплоносителя в приборе по схеме «сверху-вниз».

Теплопотери помещения составляют 1400 Вт. Температура горячего теплоносителя на входе в стояк $t_н$ условно принимается равной 95°С (без учёта теплопотерь в магистрали), расчётный перепад температур по стояку $\Delta t_{ст}$=25°С, температура воздуха в отапливаемом помещении $t_в$=20°С, атмосферное давление воздуха 1013,3 гПа, т. е. b=1. Расход воды в стояке $M_{ст}$ =0,154 кг/с (554 кг/ч).

Условный диаметр стояка $d_у$=20 мм и диаметры труб подводок и замыкающего участка $d_у$=15 мм определены в результате предварительного гидравлического расчёта. Общая длина вертикально и горизонтально располагаемых труб в помещении составляет 3,8 м:

$L_{тр\ в}$ =2,3 м ($d_у$=20 мм), $L_{тр\ в}$ =0,4 м ($d_у$=15 мм), $L_{тр.\ г}$ =0,5 м ($d_у$=20 мм), $L_{тр.\ г}$ =0,6 м ($d_у$= 15 мм).

*Последовательность теплового расчёта*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Полезный тепловой поток от труб $Q_{тр.п}$ при движении теплоносителя «сверху-вниз» определён при температурном напоре $\Theta_{ср.тр} = t_н - t_в =$ 95 - 20 = 75°С (без учёта охлаждения воды в радиаторе), где $t_н$ - температура теплоносителя на входе в этажестояк, °С.

$$Q_{тр.п} = 0{,}9\ [78{,}5 \cdot 2{,}3 + 62{,}8 \cdot 0{,}4 + 1{,}28(78{,}5 \cdot 0{,}5 + 62{,}8 \cdot 0{,}6)] = 274 \text{ Вт.}$$

$$Q_{пр}^{расч} = Q_{пот} - Q_{тр.п} = 1400 - 274 = 1126 \text{ Вт.}$$

Предварительный расчёт ведём применительно к радиатору с наименьшими глубиной и высотой из предложенной номенклатуры (табл. 1.4). Исходя из этого положения, начинаем расчёт с радиатора с монтажной высотой N = 434 мм (модель 2050). По табл. 3.6 принимаем значение коэффициента затекания $\alpha_{пр}$

равным 0,185. Расход воды через прибор равен $M_{пр} = \alpha_{пр} \cdot M_{ст}$ =0,185·0,154= =0,0285 кг/с.

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

$$\Delta t_{пр} = \frac{Q_{пр}^{расч}}{C \cdot M_{пр}} = \frac{1126}{4186{,}8 \cdot 0{,}0285} = 9{,}4°C \ , \qquad (5.3)$$

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

Температурный напор Θ с допустимым приближением (без учёта охлаждения воды в стояке однотрубной системы отопления) определяется по формуле (4.2).

$$\Theta = t_н - \frac{\Delta t_{пр}}{2} - t_в = 95 - 4{,}7 - 20 = 70{,}3^o C.$$

Определяем предварительно, без учёта неизвестного нам пока значения коэффициента $\beta_3$, требуемый тепловой поток радиатора при нормальных условиях $Q_{ну}^{тр}$ по формуле

$$Q_{ну}^{тр} = \frac{Q_{пр}^{расч}}{\varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot b} = \frac{1126}{1{,}005 \cdot 1 \cdot 1} = 1120 Вт \ , \qquad (5.4)$$

где $\varphi_1$ и $\varphi_2$ - безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. 4.6 и 4.9.

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

$$n_c = \frac{Q_{ну}^{тр}}{q_{ну}} = \frac{1120}{58} = 19{,}3 \ шт. \qquad (5.5)$$

В дальнейшем, принимая по табл. 4.4 $\beta_3$, определяем предварительно принимаемое к установке количество секций $n_{уст.}^{пред.}$ по формуле

$$n_{уст.}^{пред.} = n : \beta_3 = 19{,}3 : 0{,}98 = 19{,}7 \text{ шт.} \qquad (5.6)$$

Принимаем к установке 20 секций.

Напомним, что с учётом рекомендаций [5] расхождение между тепловыми потоками от требуемой и устанавливаемой площадями 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

$$[(Q_{ну} - Q_{ну}^{тр}) : Q_{ну}^{тр}] \cdot 100\% = [(1160–1120):1120] \cdot 100 =+ 3{,}6\%. \qquad (5.7)$$

Таким образом, к установке принимаем радиатор **«Zehnder Charleston» модели 2050** с количеством секций 20 шт. ($Q_{ну}$=1160 Вт). При этом длина прибора **L** составляет 948 мм, что соответствует требованиям комфортного размещения радиатора под окном (не менее 75% длины подоконного пространства – 948:1200x100=79%).

# 6. УКАЗАНИЯ ПО МОНТАЖУ СТАЛЬНЫХ СЕКЦИОННЫХ РАДИАТОРОВ ФИРМЫ «ZEHNDER GmbH» И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

6.1. Монтаж стальных секционных радиаторов **«Zehnder Charleston»** и **«Zehnder Charleston Completto»** производится согласно требованиям СНиП 3.05.01-85 «Внутренние санитарно-технические системы» [11], настоящих рекомендаций, а также рекомендаций [12].

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

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

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

Минимальное количество кронштейнов в зависимости от модели радиатора и количества секций в нём принимается из расчёта 2 комплекта кронштейнов на радиатор до 20 секций включительно плюс один комплект кронштейнов на дополнительные секции до 20 включительно. Например, для радиаторов из 28 или 40 секций требуются три комплекта кронштейнов, для радиатора из 50 секций – четыре комплекта.

Варианты крепления радиаторов «Zehnder Charleston» представлены в табл. 1.4 и 1.5.

В комплект крепления входит деталь из пластмассы (прокладка на кронштейн), которая позволяет предохранять секции радиатора от повреждения в момент установки радиатора и в период его эксплуатации при изменении температуры и давления теплоносителя в системе отопления. Тем не менее разметка установки комплектов крепления должна предусматривать их размещение строго между секциями, исключая их установку в упор с трубами секции.

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

6.6. Монтаж настенных радиаторов необходимо производить в следующем порядке:

- разметить места установки кронштейнов;
- удалить упаковку только в необходимых для монтажа местах;
- закрепить кронштейны на стене дюбелями или заделкой крепёжных деталей цементным раствором (не допускается пристрелка к стене кронштейнов, на которых крепятся отопительные приборы и теплопроводы систем отопления);
- установить радиатор на кронштейнах так, чтобы условно горизонтальные части головок радиатора легли на крюки кронштейнов;
- соединить радиатор с подводящими теплопроводами системы отопления, оборудованными на нижней или верхней подводке краном, вентилем или термостатом;
- установить клапан (клапаны) для выпуска воздуха в верхней пробке (в верхних пробках);
- после окончания отделочных работ снять упаковочную плёнку.

Для исключения искривления радиатора при его транспортировке и монтаже непосредственно на строительном объекте целесообразно переносить радиатор при вертикальном расположении его секций.

6.7. При монтаже следует избегать неправильной установки радиатора:

- слишком низкого его размещения, т.к. при зазоре между полом и низом радиатора, меньшем 75% глубины прибора в установке, снижается эффективность теплообмена и затрудняется уборка под радиатором;

- установки радиатора вплотную к стене или с зазором, меньшим 25 мм, ухудшающей теплоотдачу прибора и вызывающей пылевые зализы (следы) над прибором;

- слишком высокой установки, т. к. при зазоре между полом и низом радиатора, большем 150% глубины прибора в установке, 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.

6.9. Длинные трубчатые радиаторы с количеством секций, превышающем значения, указанные в табл. 1.3, собираются из отдельных блоков заводского изготовления на ниппелях. Коллекторы отдельных блоков и ниппеля имеют правую и левую резьбу 1" у двухтрубных по глубине радиаторов и 1¼" у остальных. С внутренней стороны ниппеля имеются выступы для упора ниппельного ключа. Для достижения герметичности ниппельного соединения необходимо очистить места соединения от грязи и использовать только фирменные ниппеля, прокладки и ключи для сборки. Допустимый момент затяжки при использовании фирменных уплотнителей должен соответствовать данным табл. 6.1. До подключения к системе отопления блоки, собранные на ниппелях, должны быть опрессованы.

Таблица 6.1

| Диаметр резьбы втулки секции радиатора | Значения допустимого момента затяжки | |
|---|---|---|
| | Заглушка и линзовое уплотнение | Ниппель с уплотнителем |
| 1" | 30-35 Н·м | 45-55 Н·м |
| 1 ¼" | 50-70 Н·м | 70-80 Н·м |

6.10. Концевые секции трубчатых радиаторов оснащаются только фирменными заглушками и/или переходникми. В зависимости от необходимости переходники и заглушки заказывают с левой или правой резьбой. Внутренняя резьба переходников (проходных пробок) только правая. При их установке необходмо очистить от грязи места соединения и использовать только одну прокладку, не допуская её деформации. Перед закручиванием заглушки или переходника рекомендуется смазать прокладку силиконом или жидким герметиком. Заглушки и переходники скручиваются фирменным ключом не менее, чем на 4 нитки. Применение газовых ключей и аналогичных инструментов недопустимо.

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

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

6.13. При очистке радиаторов нельзя использовать абразивные материалы.

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

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

6.16. При использовании в качестве теплоносителя горячей воды её параметры, как указывалось, должны соответствовать требованиям, приведённым в «Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации» [4].

Содержание кислорода в воде систем отопления не должно превышать 0,02 мг/кг [13], а оптимальные значения pH находятся в пределах 8,3…9 (допустимые в пределах 8…9,5).

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

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 максимального рабочего давления. Минимальное давление при опрессовке системы отопления должно быть в 1.25 раза больше рабочего [4]. Заметим, что СНиП 3.05.01-85 допускает полуторное превышение рабочего давления при опрессовке, однако практика и анализ условий эксплуатации отопительных приборов в отечественных системах отопления, проведённый ООО «Витатерм», показывают, что это превышение должно находиться в пределах 25%.

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

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

Очень высокая эффективность удаления воздуха и шлама из теплоносителя системы отопления, подключённой по независимой схеме, достигается при использовании универсального сепаратора Spirovent Air & Dirt (на базе использования трубок Spiro с проволочным медным оребрением).

6.21. Защитный колпачок с корпуса термостата снимается после окончания отделочных работ и обязательно перед заполнением системы отопления тепло-

носителем и её опрессовкой. Это необходимо для обеспечения надёжного удаления воздуха из радиаторов и всей системы отопления и предотвращения опасности «размораживания» отопительного прибора.

6.22. Термостатическая головка терморегулирующего вентиля монтируется после окончания отделочных работ и опрессовки системы отопления.

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

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

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

Среди используемых в России марок антифриза заслуживают внимания «DIXIS 30» (на основе этиленгликоля) и «DIXIS TOP» (на основе пропиленгликоля), изготавливаемые ООО «ГЕЛИС-ИНТ».

## 7. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по применению конвекторов без кожуха «Аккорд» и «Север»/ В.И.Сасин, Т.Н.Прокопенко, Б.В.Швецов, Л.А.Богацкая.- М.: НИИсантехники, 1990.

2. Рекомендации по применению конвекторов с кожухом типа «Универсал» и чугунных радиаторов/ В.И.Сасин, Б.В.Швецов, Т.Н.Прокопенко, Л.А.Богацкая, Г.А.Бершидский.- М.: НИИсантехники, ТК «Витатерм», 1992.

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

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

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

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

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

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

9. Сасин В. И. Термостаты в российских системах отопления // АВОК. 2004. № 5, с. 64-68.

10. 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.

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

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

13. 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 $d_у$ | Наружный $d$ | Внутренний $d_{вн}$ | $\frac{кг/ч}{м/с}$ | $\frac{кг/с}{м/с}$ | $A \cdot 10^4$, $\frac{Па}{(кг/ч)^2}$ | $A \cdot 10^{-4}$, $\frac{Па}{(кг/с)^2}$ | | $S \cdot 10^4$, $\frac{Па}{(кг/ч)^2}$ | $S \cdot 10^{-4}$, $\frac{Па}{(кг/с)^2}$ |
| 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 $\varphi_4$ , 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 $S_т$, $\zeta'_4$ и $\zeta_4$ - характеристики, принятые в качестве табличных при скоростях воды в трубах 1 м/с (см. , в частности, табл. П 1.1 настоящего приложения).

Значения $\varphi_4$ определяются по таблице П 1.2 в зависимости от диаметра условного прохода стальной трубы $d_у$ , мм , и расхода горячей воды M со средней температурой от 80 до 90°С .

3) При средних температурах теплоносителя от 45 до 55°С значения $\varphi_4$ 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;

$\varphi_4$ - поправочный коэффициент при средней температуре теплоносителя 85°С, принимаемый по табл. П 1.2 .

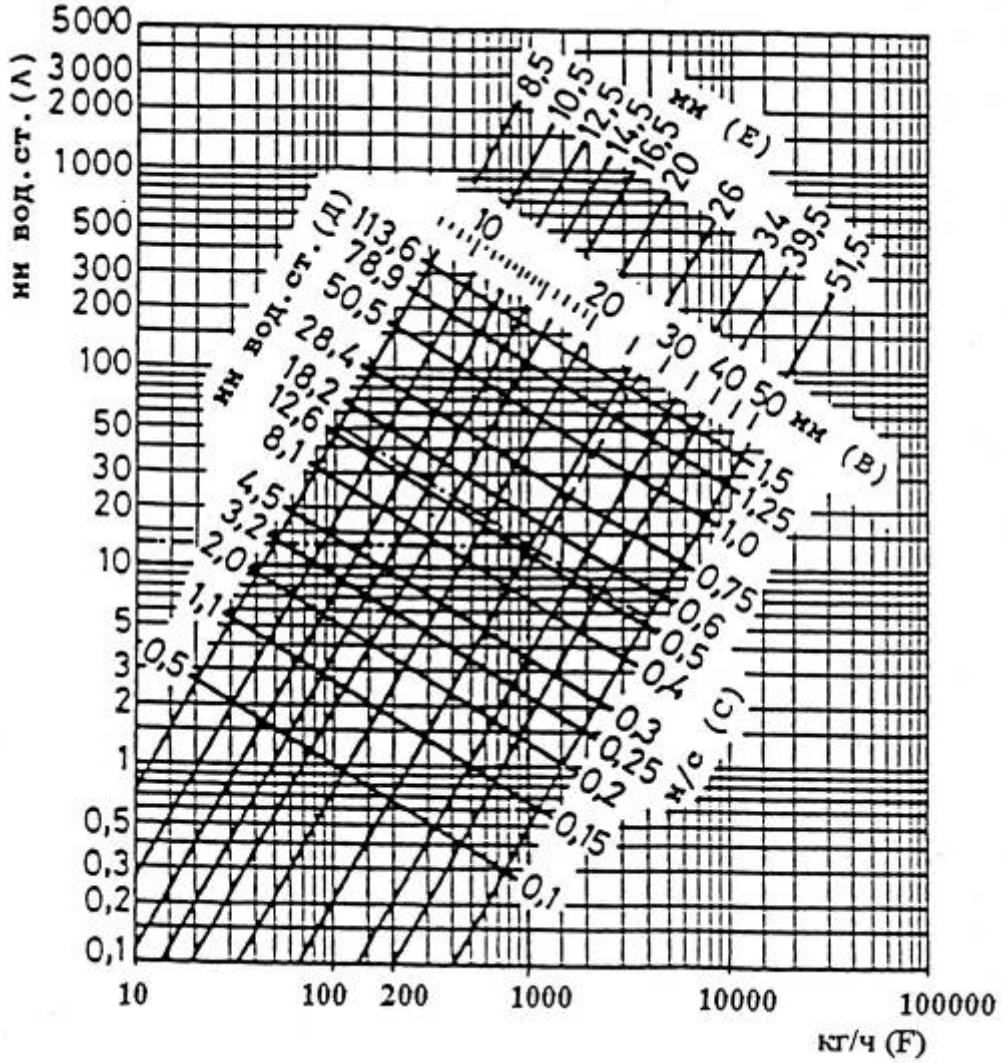
*Продолжение приложения 1*

**Таблица П 1.2. Значения поправочного коэффициента $\varphi_4$**

| $\varphi_4$ | М | Расход горячей воды М в кг/с (верхняя строка) и в кг/ч (нижняя строка) при диаметре условного прохода труб $d_y$, мм | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 10 | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 |
| 1,02 | кг/с | 0,1724 | 0,2676 | 0,4879 | 0,7973 | 1,3991 | 1,8249 | 3,0495 |
| | кг/ч | 620,6 | 963,4 | 1754,4 | 2870,3 | 5036,8 | 6569,6 | 10978,2 |
| 1,04 | кг/с | 0,0836 | 0,1299 | 0,2368 | 0,3869 | 0,6790 | 0,8856 | 1,4799 |
| | кг/ч | 301,0 | 467,0 | 852,5 | 1392,8 | 2444,4 | 3188,2 | 5327,6 |
| 1,06 | кг/с | 0,0541 | 0,0840 | 0,1532 | 0,2504 | 0,4394 | 0,5731 | 0,9577 |
| | кг/ч | 194,8 | 302,4 | 551,5 | 901,4 | 1581,8 | 2063,2 | 3447,7 |
| 1,08 | кг/с | 0,0394 | 0,0612 | 0,1116 | 0,1823 | 0,3199 | 0,4173 | 0,6973 |
| | кг/ч | 141,8 | 220,3 | 401,8 | 656,3 | 1151,6 | 1502,3 | 2510,3 |
| 1,1 | кг/с | 0,0306 | 0,0475 | 0,0867 | 0,1416 | 0,2485 | 0,3241 | 0,5416 |
| | кг/ч | 110,2 | 171,0 | 312,1 | 509,8 | 894,6 | 1166,8 | 1949,8 |
| 1,12 | кг/с | 0,0248 | 0,0385 | 0,0701 | 0,1146 | 0,2011 | 0,2623 | 0,4383 |
| | кг/ч | 89,3 | 138,6 | 252,4 | 412,6 | 724,0 | 994,3 | 1577,9 |
| 1,14 | кг/с | 0,0206 | 0,0320 | 0,0584 | 0,0954 | 0,1674 | 0,2183 | 0,3649 |
| | кг/ч | 74,2 | 115,2 | 210,2 | 343,4 | 602,6 | 785,9 | 1313,6 |
| 1,16 | кг/с | 0,0175 | 0,0272 | 0,0496 | 0,0810 | 0,1423 | 0,1856 | 0,3101 |
| | кг/ч | 63,0 | 97,9 | 178,6 | 292,0 | 512,3 | 668,2 | 1116,4 |
| 1,18 | кг/с | 0,0151 | 0,0235 | 0,0428 | 0,0700 | 0,1229 | 0,1602 | 0,2678 |
| | кг/ч | 54,4 | 84,6 | 154,1 | 252,0 | 442,4 | 576,7 | 964,1 |
| 1,2 | кг/с | 0,0132 | 0,0205 | 0,0375 | 0,0612 | 0,1074 | 0,1401 | 0,2341 |
| | кг/ч | 47,5 | 73,8 | 135,0 | 220,3 | 386,6 | 504,4 | 842,8 |
| 1,22 | кг/с | 0,0117 | 0,0182 | 0,0331 | 0,0541 | 0,0949 | 0,1238 | 0,2068 |
| | кг/ч | 42,1 | 65,5 | 119,2 | 194,8 | 341,6 | 445,7 | 744,5 |
| 1,24 | кг/с | 0,0104 | 0,0162 | 0,0295 | 0,0482 | 0,0845 | 0,1103 | 0,1843 |
| | кг/ч | 37,4 | 58,3 | 106,2 | 173,5 | 304,2 | 397,1 | 663,5 |
| 1,26 | кг/с | 0,0093 | 0,0145 | 0,0625 | 0,0432 | 0,0759 | 0,0989 | 0,1653 |
| | кг/ч | 33,5 | 52,2 | 95,4 | 155,5 | 273,2 | 356,0 | 595,1 |
| 1,28 | кг/с | 0,0084 | 0,0131 | 0,0239 | 0,0390 | 0,0685 | 0,0893 | 0,1492 |
| | кг/ч | 30,2 | 47,2 | 86,0 | 140,4 | 246,6 | 321,5 | 537,1 |
| 1,3 | кг/с | 0,0077 | 0,0119 | 0,0217 | 0,0354 | 0,0621 | 0,0810 | 0,1354 |
| | кг/ч | 27,7 | 42,8 | 78,1 | 127,4 | 241,6 | 291,6 | 487,4 |
| 1,32 | кг/с | 0,0070 | 0,0108 | 0,0198 | 0,0323 | 0,0566 | 0,0739 | 0,1235 |
| | кг/ч | 25,2 | 38,9 | 71,3 | 116,3 | 203,8 | 266,0 | 444,6 |
| 1,34 | кг/с | 0,0064 | 0,0099 | 0,0181 | 0,0295 | 0,0519 | 0,0676 | 0,1130 |
| | кг/ч | 23,0 | 35,6 | 65,2 | 106,2 | 186,8 | 243,4 | 406,8 |
| 1,36 | кг/с | 0,0059 | 0,0091 | 0,0166 | 0,0271 | 0,0476 | 0,0621 | 0,1038 |
| | кг/ч | 21,2 | 32,8 | 59,8 | 97,6 | 171,4 | 223,6 | 373,4 |
| 1,38 | кг/с | 0,0054 | 0,0084 | 0,0153 | 0,0250 | 0,0439 | 0,0573 | 0,0957 |
| | кг/ч | 19,4 | 30,2 | 55,1 | 90,0 | 158,0 | 260,3 | 344,5 |
| 1,4 | кг/с | 0,0050 | 0,0078 | 0,0142 | 0,0231 | 0,0406 | 0,0529 | 0,0885 |
| | кг/ч | 18,0 | 28,1 | 51,1 | 83,1 | 146,2 | 290,4 | 318,6 |

*Приложение 2*

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




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

**В** – внутренние диаметры медных труб, мм;

**С** – скорость воды в трубах, м/с;

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

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

**F**- расход воды через трубу, кг/ч.

При средней температуре воды 80°С на значения потери давления, найденные по настоящей номограмме, вводить поправочный множитель 0,88; при средней температуре 10°С – поправочный множитель 1,25.

***Приложение 3***

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

| $d_y$ , мм | Θ , °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 3*

1. Тепловой поток открыто проложенных горизонтальных труб, расположенных в нижней части помещения, принимается в среднем в 1,28 раза больше, чем вертикальных.

2. Полезный тепловой поток открыто проложенных труб учитывается в пределах 50-100% 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.