

Часть 5. Отопительные приборы систем водяного отопления. Тепловой расчет отопительных приборов

5.1. Выбор и размещение отопительных приборов

В курсовом проекте в качестве отопительных приборов рекомендуется применять, в первую очередь, отечественные приборы.

Следует придерживаться, как правило, одного типа отопительного прибора для всего здания кроме случаев, когда выбор типа для каких-то особых помещений, например, лестничной клетки, вестибюля, гаража, помещения с ленточным остеклением и т.п., достаточно обоснован.

Тип отопительного прибора принимается в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями к помещениям здания. В зданиях с повышенными требованиями (детские сады, лечебные учреждения, предприятия общественного питания) следует применять приборы с гладкой, хорошо очищаемой от пыли поверхностью, например, стальные панельные (типа РСВ, РСГ) или чугунные секционные (только типа МС) радиаторы.

В помещениях гражданских зданий, рассчитанных на постоянное или длительное пребывание людей (жилые и административные здания, гостиницы, учебные заведения, спортивные и зрелищные сооружения) могут устанавливаться отопительные приборы любого типа: радиаторы или конвекторы.

При выборе типа отопительного прибора следует иметь в виду, что его длина в зданиях с повышенными санитарно-гигиеническими требованиями должна быть, как правило, не менее 75 %, а в других зданиях - не менее 50 % длины светового проема. Предварительно проверить это возможно по величине номинального теплового потока выбранного типа прибора.

Отопительные приборы располагают преимущественно под световыми проемами (под витринами и витражами – по всей их длине). В жилых и административно-бытовых зданиях, гостиницах, общежитиях возможно смещение приборов от оси проемов с целью унификации приборных узлов.

Вертикальные приборы размещают, по возможности, ближе к полу помещения (зазор между низом прибора и чистым полом не менее 60 мм).

В лестничных клетках малоэтажных зданий (до трех этажей) отопительные приборы устанавливают, как правило, на первом этаже или в подвальной части, если таковая имеется. В случае невозможности разместить все приборы в одном месте, часть их (20 – 30 % от их общей расчетной площади) переносят на площадку между первым и вторым этажами.

В помещениях, не имеющих наружных ограждений (например, внутренние коридоры), приборы не устанавливают, а их теплотери относят к теплотериям смежных с ними помещений с наружными ограждениями.

Приборы наносят на плане этажей в виде прямоугольников в соответствии с требованиями ГОСТ 21.602-2016. Элементы санитарно-гигиенических систем – по ГОСТ 21.205-2016, трубы – по ГОСТ 21.206-2016.

Примеры размещение отопительных приборов

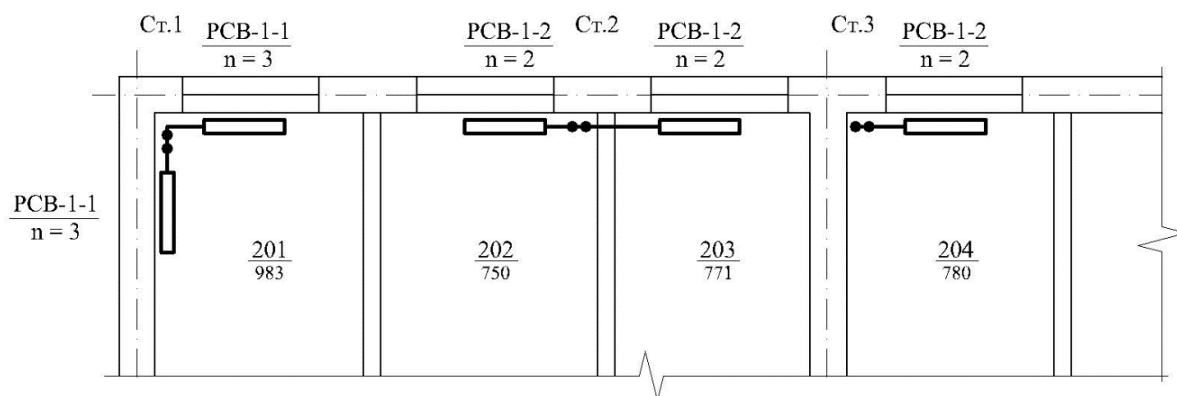


Рис. 5.1. Варианты размещения отопительного оборудования на поэтажных планах здания

5.2. Тепловой расчет отопительных приборов

Расчет приборов заключается в определении числа секций разборного радиатора или типа неразборного радиатора или конвектора, наружная теплоотдающая поверхность которых должна обеспечить передачу не менее требуемого теплового потока в помещение (рис. 5.2).

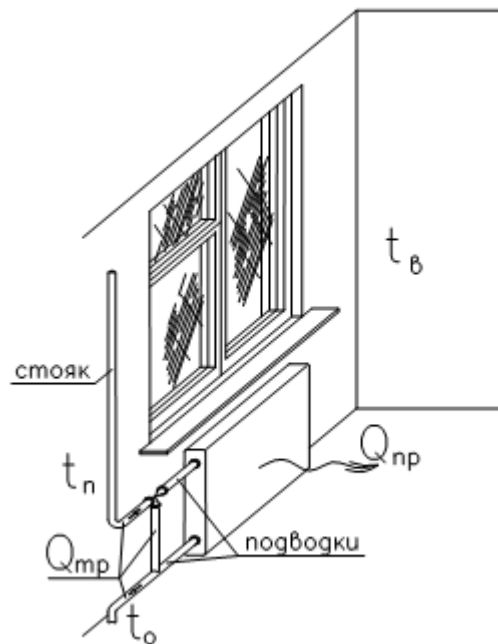


Рис. 5.2. Теплоотдача отопительного прибора $Q_{пр}$ и труб $Q_{тр}$ для компенсации теплотребности помещения

Расчет ведется при температуре теплоносителя перед и после отопительного прибора (в жилых и общественных зданиях используется, как правило, вода или незамерзающая жидкость), теплотребности помещения $Q_{пом}$, соответствующей расчетному дефициту теплоты в нем, отнесенному к одному отопительному прибору, при расчетной температуре наружного воздуха.

Расчетное число секций разборных радиаторов можно определить по следующей формуле:

$$N_{пр} = Q_{оп}^p / q_{секц}^p = (Q_{пом} - 0,9 Q_{тр}) \beta \beta_1 b / [q_{ном} (\Delta t_{ср} / 70)^{1+p} (G_{пр} / 360)^p]. \quad (5.1)$$

Тип, длину неразборных радиаторов и конвекторов следует определять из условия, что их номинальный тепловой поток $Q_{ном}$ должен быть не меньше расчетной теплоотдачи $Q_{оп}^p$:

$$Q_{ном} \geq Q_{оп}^p = (Q_{пом} - 0,9 Q_{тр}) \beta \beta_1 b / [(\Delta t_{ср} / 70)^{1+p} (G_{пр} / 360)^p] = (Q_{пом} - 0,9 Q_{тр}) \beta \beta_1 b / \kappa_{оп}^{отн}; \quad (5.2)$$

$$Q_{\text{тр}} = q_{\text{в}} l_{\text{в}} + q_{\text{г}} l_{\text{г}}, \quad (5.3)$$

где $Q_{\text{оп}}^{\text{р}}$ – расчетная тепловая мощность отопительного прибора, Вт;

$q_{\text{секц}}^{\text{р}}$ – расчетная плотность теплового потока одной секции прибора, Вт;

$Q_{\text{тр}}$ – суммарная теплоотдача относящихся к отопительному прибору труб стояка, подводок, проложенных в пределах помещения, Вт;

β – коэффициент, учитывающий способ установки, расположения отопительного прибора (при установке прибора, например, открыто у наружной стены $\beta=1$, при наличии перед приборами щита с щелями в верхней части $\beta=1,4$, а при расположении конвектора в конструкции пола значение коэффициента достигает 2);

β_1 – коэффициент, учитывающий изменение теплоотдачи радиатора в зависимости от числа секций или длины прибора, $\beta_1=0,95-1,05$;

b – коэффициент, учитывающий атмосферное давление, $b=0,95-1,015$;

$q_{\text{в}}$ и $q_{\text{г}}$ – теплоотдача 1 м вертикальных и горизонтальных открыто проложенных труб, Вт/м, принимаемая для неизолированных и изолированных труб;

$l_{\text{в}}$ и $l_{\text{г}}$ – длина вертикальных и горизонтальных труб в пределах помещения, м;

$q_{\text{ном1}}$ и $Q_{\text{ном}}$ – номинальная плотность теплового потока одной секции или соответствующего типа отопительного прибора, приведенная в Рекомендациях лаборатории отопительных приборов ОАО «НИИ сантехники» (НТФ ООО «Витатерм»), при разности температуры теплоносителя и воздуха в помещении $\Delta t_{\text{ср}}$, равной 70 °С, и при расходе теплоносителя воды в приборе 360 кг/ч;

$\Delta t_{\text{ср}}$ и $G_{\text{пр}}$ – действительная разность температуры $[0,5(t_{\text{г}} + t_{\text{о}}) - t_{\text{в}}]$ и расход теплоносителя, кг/ч, в приборе;

n и p – экспериментальные числовые показатели, учитывающие изменение коэффициента теплопередачи прибора при действительных значениях средней разности температуры и расхода теплоносителя, а также тип и схему

присоединения прибора к трубам системы отопления, принимаемые по Рекомендациям лаборатории отопительных приборов ОАО «НИИ сантехники»;

t_r , t_o и t_b – расчетные значения температуры, соответственно, теплоносителя до и после прибора и воздуха в данном помещении, °С.

Расчетный расход теплоносителя, кг/ч, проходящего через отопительный прибор, можно определить по формуле:

$$G_{пр} = 0,86 Q_{пом} / (t_r - t_o). \quad (5.4)$$

Величина $Q_{пом}$ здесь соответствует тепловой нагрузке, отнесенной к одному отопительному прибору (когда в помещении их два и более).

При применении в качестве отопительных приборов регистров или змеевиков из стальных гладких труб их общая длина l_r , м, определяется по следующей формуле:

$$l_r = Q_{пом} / q [(\Delta t_{cp}/70)^{1+p} (G_{пр}/360)^p], \quad (5.5)$$

где q – теплоотдача 1 м труб, Вт/п.м., принимаемая в зависимости от диаметра труб и числа их рядов по вертикали.

Примеры задач по тепловому расчету отопительных приборов

Задача 1. Определить число секций чугунного радиатора типа М-140А, устанавливаемого на верхнем этаже у наружной стены без ниши под подоконником (на расстоянии от него 40 мм) в помещении высотой 2,7 м при $Q_{п} = 1410$ Вт и $t_b = 18$ °С, если радиатор присоединяется к однотрубному проточно-регулируемому стояку D_y20 (с краном типа КРТ на подводке длиной 0,4 м) системы водяного отопления с верхней разводкой при $t_r = 105$ °С и расходе воды в стояке $G_{ст} = 300$ кг/ч. Вода в подающей магистрали охлаждается до рассматриваемого стояка на 2 °С.

Решение:

Средняя температура воды в приборе определяется по формуле:

$$t_{cp} = t_{bx} - 0,5Q_{пр}\beta_1\beta_2 / (cG_{пр}) = (105 - 2) - 0,5 \frac{1410 \cdot 1,06 \cdot 1,02 \cdot 3,6}{4,187 \cdot 300} = 100,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Плотность теплового потока радиатора при $\Delta t_{cp} = 100,8 - 18 = 82,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (изменение расхода воды в радиаторе от 360 до 300 кг/ч практически ни влияет на $q_{пр}$) по формуле:

$$q_{пр} = q_{ном} (\Delta t_n / 70)^{1+n} = 650 \left(\frac{82,8}{70} \right)^{1+0,3} = 809 \text{ Вт/м}^2.$$

Теплоотдача вертикальных ($l_v = 2,7 - 0,5 = 2,2 \text{ м}$) и горизонтальных ($l_g = 0,8 \text{ м}$) труб D_y20 по формуле:

$$Q_{тр} = q_v l_v + q_g l_g = 93 \cdot 2,2 + 115 \cdot 0,8 = 296 \text{ Вт}.$$

Расчетная площадь радиатора:

$$A_p = (Q_n - \beta_{тр} Q_{тр}) / q_{пр} = \frac{1410 - 0,9 \cdot 296}{809} = 1,41 \text{ м}^2.$$

Расчетное число секций радиатора М-140А при площади одной секции $0,254 \text{ м}^2$ ($\beta_4 = 1,05$, $\beta_3 = 0,97 + \frac{0,06}{A_p} = 0,97 + \frac{0,06}{1,41} = 1,01$) равно:

$$N = (A_p / a_1)(\beta_4 / \beta_3) = (1,41 / 0,254)(1,05 / 1,01) = 5,8 \text{ секций}.$$

Принимаем к установке 6 секций.

Задача 2. Определить требуемое число секций радиатора МС-140-М2, устанавливаемого без экрана под подоконником окна размером $1,5 \times 1,5 \text{ м}$, если известно: система отопления двухтрубная, вертикальная, прокладка труб открытая, условные диаметры вертикальных труб (стояков) в пределах помещения 20 мм, горизонтальных (подводки к радиатору) 15 мм, расчетное теплотребление $Q_{пом}$ помещения № 01 составляет 1000 Вт, расчетная температура воды подающей t_r и обратной t_o равна 95 и 70 $^{\circ}\text{C}$, температура воздуха в помещении $t_b = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, присоединение прибора по схеме «сверху - вниз», длина труб вертикальных l_v и горизонтальных l_g труб соответственно 6 и 3 м. Номинальный тепловой поток одной секции $q_{ном}$ составляет 160 Вт.

Решение:

1. Находим расход воды $G_{\text{пр}}$, проходящей через радиатор:

$$G_{\text{пр}} = 0,86 Q_{\text{ном}} / (t_{\text{г}} - t_{\text{o}}) = 0,86 \cdot 1000 / (95 - 70) = 34,4 \text{ кг/ч.}$$

Показатели n и p равны соответственно 0,3 и 0,02, $\beta = 1,02$, $\beta_1 = 1$ и $b = 1$.

2. Находим разность температур $\Delta t_{\text{ср}}$:

$$\Delta t_{\text{ср}} = 0,5 (t_{\text{г}} + t_{\text{o}}) - t_{\text{в}} = 0,5(95 + 70) - 20 = 62,5 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

3. Находим теплоотдачу труб $Q_{\text{тр}}$, пользуясь таблицами теплоотдачи открыто проложенных вертикальных и горизонтальных труб:

$$Q_{\text{тр}} = q_{\text{в}} l_{\text{в}} + q_{\text{г}} l_{\text{г}} = 81 \cdot 3 + 47 \cdot 3 + 84 \cdot 1,5 + 50 \cdot 1,5 = 585 \text{ Вт.}$$

4. Определяем число секций $N_{\text{пр}}$:

$$N_{\text{пр}} = (1000 - 0,9 \cdot 585) 1,02 / [160 (62,5/70)^{1+0,3} (34,4/360)^{0,02}] = 3,7 \text{ секции.}$$

Следует принять к установке 4 секции. Однако длина радиатора, равная 0,38 м, меньше половины размера окна. Поэтому правильнее установить конвектор, например, «Сантехпром АВТО». Показатели n и p для конвектора принимаем равными соответственно 0,3 и 0,18.

Расчетную теплоотдачу конвектора $Q_{\text{оп}}^{\text{р}}$ находим по формуле:

$$Q_{\text{оп}}^{\text{р}} = [(1000 - 0,9 \cdot 585) 1,02 / ((62,5/70)^{1+0,3} (34,4/360)^{0,18})] = 854 \text{ Вт.}$$

Принимаем конвектор «Сантехпром АВТО» типа КСК20-0,918кА с номинальным тепловым потоком $Q_{\text{ном}} = 918 \text{ Вт}$. Длина кожуха конвектора равна 0,818 м.

Результаты подбора отопительных приборов, в зависимости от типа прибора, заносят в форму табл. 5.1, 5.2.

Таблица 5.1.

Результаты теплового расчета секционных разборных радиаторов

№ пом.	$Q_{\text{пом}}$, Вт	$G_{\text{пр}}$, кг/ч	Температура, $^{\circ}\text{C}$		$\Delta t_{\text{ср}}$, $^{\circ}\text{C}$	Теплоотдача труб, Вт	$Q_{\text{оп}}^{\text{р}}$, Вт	$Q_{\text{ном}}$, Вт/секц	$K_{\text{отн}}^{\text{отн}}$	$q_{\text{секц}}^{\text{р}}$, Вт/секц	Число секций прибора	
			средняя теплоносителя	воздуха в помещении							расчетное	принятое
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
01	1000	34,4	82,5	20	62,5	526	483	160	0,82	131	3,7	4

Таблица 5.2.

Результаты теплового расчета неразборных радиаторов, конвекторов

№ пом.	Q _{пом} , Вт	G _{пр} кг/ч	Температура, °С		Δt _{ср} , °С	Теплоотдача труб, Вт	K ^{отн} _{оп}	Q ^p _{оп} , Вт	Q _{ном} , Вт	Марка отопительного прибора
			средняя теплоносителя	воздуха в помещении						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
01	1000	34,4	82,5	20	62,5	526	0,565	856	918	«Сантехпром АВТО» типа КСК20-0,918кА

Задача 3. Определить требуемое число секций радиатора MC-140-M2, устанавливаемого под подоконниками без экрана двух окон размером 1,5 x 1,5 м с простенком, если известно: система отопления двухтрубная, вертикальная, прокладка труб открытая, условные диаметры вертикальных труб в пределах помещения 20 мм, горизонтальных (подводки до и после радиатора) 15 мм, расчетное теплотребление помещения Q_{пом} составляет 3000 Вт, расчетная температура воды подающей t_г и обратной t_о равна, соответственно, 95 и 70 °С, температура воздуха в помещении t_в - 20°С, присоединение прибора по схеме «сверху - вниз», длина труб вертикальных l_в и горизонтальных l_г труб соответственно 6 и 4 м.

Номинальный тепловой поток одной секции q_{ном1} составляет 0,16 кВт (160 Вт).

Решение:

1. Находим расход воды G_{пр}, проходящей через два радиатора:

$G_{пр} = 0,86 \cdot Q_{пом} / (t_g - t_o) = 0,86 \cdot 3000 / (95 - 70) = 103,2 \text{ кг/ч}$ (через один радиатор - 51,6 кг/ч).

Показатели n и p равны соответственно 0,3 и 0,02, β = 1,02, β₁=1 и b =1.

2. Находим разность температуры Δt_{ср}:

$\Delta t_{ср} = 0,5 (t_g + t_o) - t_v = 0,5(95 + 70) - 20 = 62,5 \text{ °С}$.

3. Находим теплоотдачу труб Q_{тр}, пользуясь таблицами теплоотдачи открыто проложенных вертикальных и горизонтальных труб:

$Q_{тр} = q_v l_v + q_g l_g = 81 \cdot 3 + 47 \cdot 3 + 84 \cdot 2 + 50 \cdot 2 = 652 \text{ Вт}$.

4. Определяем общее число секций N_{пр}:

$$N_{\text{пр}} = (3000 - 0,9 \cdot 652) \cdot 1,02 / [160 (62,5/70)^{1+0,3} (51,6/360)^{0,02}] = 18,5 \text{ секций.}$$

Принимается к установке два радиатора по 9 и 10 секций.

Задача 4. Определить тип конвектора при расчетной температуре воды подающей $t_{\text{п}}$ и обратной $t_{\text{о}}$, равной 85 и 60 °С, и расчетном теплопотреблении помещения $Q_{\text{пом}}$, равном 2000 Вт. Остальные исходные данные приведены в примере 3. $n = 0,3$; $p = 0,18$.

В этом случае:

$$- \Delta t_{\text{ср}} = 52,5 \text{ °С};$$

$$- \text{теплоотдача труб } Q_{\text{тр}} = 66 \cdot 3 + 36 \cdot 3 + 70 \cdot 2 + 38 \cdot 2 = 522 \text{ Вт};$$

$$- G_{\text{оп}} = 0,86 Q_{\text{пом}} / (t_{\text{п}} - t_{\text{о}}) = 0,86 \cdot 2000 / (85 - 60) = 68,8 \text{ кг/ч.}$$

$$\text{Тогда } Q^{\text{р}}_{\text{оп}} = (2000 - 0,9 \times 522) \times 1,02 / (52,5/70)^{1+0,3} \times (68,8/360)^{0,18} = 3000 \text{ Вт.}$$

Можно принять к установке один настенный конвектор «Сантехпром Супер Авто» с номинальным тепловым потоком 3070 Вт. Конвектор КСК 20-3070к средней глубины, как пример, с угловым стальным корпусом клапана КТК-У1 и с замыкающим участком. Длина кожуха конвектора 1273 мм, общая высота – 419 мм.

Можно установить и конвектор КС20- 3030 ООО «НББК» с номинальным тепловым потоком 3030 Вт и длиной кожуха 1327 мм.