

РЕКОМЕНДАЦИИ

(сокращенный вариант)

по применению алюминиевых секционных
радиаторов WARMA

УВАЖАЕМЫЕ ГОСПОДА!

Рекомендации составлены применительно к российским нормативным условиям, согласно СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование», содержат тепловые характеристики секционных радиаторов при их присоединении к теплопроводам системы отопления по схемам «сверху-вниз» «снизу-вверх» и «снизу-вниз».

Проведенные испытания показали высокую прочность и отличные эксплуатационные характеристики радиаторов WARMA.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ	4
2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СЕКЦИОННЫХ РАДИАТОРОВ WARMA	4
3. МОНТАЖ РАДИАТОРА	9
4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ	11
5. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ	13
6. ПРИМЕР РАСЧЁТА ЭТАЖЕСТОЯКА ОДНОТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ	17
УСЛОВИЯ ДЛЯ РАСЧЁТА	17
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ТЕПЛОВОГО РАСЧЁТА	18
7. УКАЗАНИЯ ПО МОНТАЖУ РАДИАТОРОВ WARMA И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ	19
8. КОМПЛЕКТУЮЩИЕ К РАДИАТОРАМ WARMA	22

1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Алюминиевые радиаторы получили широкое распространение в мире более 30 лет назад и зарекомендовали себя как надежные приборы отопления с великолепным дизайном. На европейский рынок изначально поставлялись радиаторы с рабочим давлением 0,6 МПа, что связано с большим объемом малоэтажного строительства в Европе. При адаптации алюминиевых радиаторов к российским условиям были разработаны радиаторы с теми же дизайнерскими решения-

ми, но на рабочее давление 1,6 МПа. Это позволило применять алюминиевые радиаторы, как для малоэтажной застройки, так и для высотного строительства. Радиаторы WARMA могут использоваться для отопления офисных и жилых помещений, производственных помещений различного назначения.

При составлении данных рекомендаций использовались данные завода производителя и нормативная документация, действующая на территории России.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СЕКЦИОННЫХ РАДИАТОРОВ WARMA

Алюминиевые секционные радиаторы WARMA — отопительные приборы современного дизайна с монтажной высотой 350, 500 мм с шагом 80 мм.

Секции радиатора изготавливаются из специального алюминиевого сплава методом литья под давлением 10 МПа при температуре 1200°C. Прочностные характеристики сплава указаны в таблице 2 и рис. 2.



Технология производства и литьевая форма позволяют получить один сварочный шов по дну секции, при выполнении которого используется автоматическая контактная сварка в среде инертного газа (TIG — сварка). Сварочный шов имеет равнопрочные с корпусом секции характеристики. Секция имеет пятирядное вертикальное ребрение, определяющее геометрию каналов и способствующее высокому теплообмену радиатора в конвективном потоке нагретого воздуха. Конвективная составляющая теплообмена радиатора преобладает над лучистой, обеспечивает тепловую завесу от проникновения холодного воздуха, движущегося от окна, и тем самым создает комфортные условия по всему объему отапливаемого помещения.

Соединение секций осуществляется через стальные ниппели с использованием графитовых прокладок. Радиаторы WARMA после предварительной физико-химической обработки подвергаются двойной окраске: первый слой наносится анафорезом, обеспечивая ан-

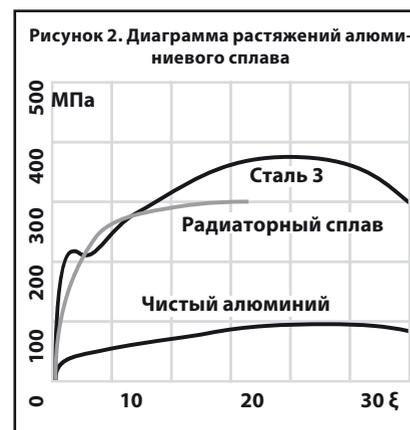
Таблица 2. Характеристики радиаторного сплава.

№	Наименование характеристики	Единицы измерения	Значение характеристики	Примечание
	Химический состав:			
1	Алюминий	%	85-88	
2	Кремний	%	9-10	
3	Марганец	%	0,2-0,5	
4	Железо	%	0,5-0,8	
5	Медь	%	1,5-2,5	
6	Цинк	%	0,5-1	

№	Механические характеристики:	Единицы измерения	Значение характеристики	Примечание
7	Предел прочности при растяжении	МПа	230	У чистого алюминия — 65 МПа (см. рис. 2)
8	Условный предел пластичности	МПа	180	У чистого алюминия — 71 МПа (см. рис. 2)
9	Относительное удлинение при разрыве	%	7	
10	Твердость по Бринелю	НВ	75	

тикоррозионную защиту как наружной, так и внутренней поверхности прибора; второй слой образуется порошковой эпоксидной краской, наносимой на наружные поверхности в электростатическом поле. Базовый цвет радиатора — белый RAL 9016. Наружное покры-

тие выполнено согласно европейским требованиям по экологии и безопасно для потребителей, не выделяет вредных веществ при работе отопительного прибора. Рекомендованная изготовителем максимальная температура теплоносителя 110°C. При использовании антифриза максимальная температура 90°C. Дополнительная защита от коррозии, в том числе внутренней, обеспечивается специальной обработкой используемого для литья алюминиевого сплава, в результате которой содержание цинка в нём понижается до минимума. Это позволяет применять радиаторы WARMA в водяных системах отопления со значением pH 6,5-9 (вместо 7-8 по евро-стандарту), что отвечает требованиям РД 36.20.501-95 к качеству теплоносителя в отечественных системах отопления. Утолщённые стенки вертикального канала по теплоносителю и горизонталь-





ных коллекторов секции, обеспечивают высокие прочностные качества радиатора WARMA.

Конструктивные особенности позволяют использовать радиаторы WARMA

при рабочем давлении теплоносителя до 1,6 МПа (16 кгс/м²) с учётом двойной заводской опрессовки радиатора (в сборе до и после окраски) избыточным давлением не менее 2,4 МПа (24 кгс/м²).

Плавный профиль оребрения радиатора и закруглённое оформление верхней части секции обеспечивают травмо-безопасность прибора, улучшают комфортные условия в отапливаемом помещении и, отводя нагретый воздух в сторону помещения, уменьшают опасность пылевых «зализов» на стене, у которой установлен радиатор.

Высокая теплопроводность алюминиевого сплава и небольшой объём теплоносителя в секции характеризуют малую инерционность радиатора WARMA, что весьма важно при регулировании теплового потока в отапливаемом помещении, особенно при оснащении системы отопления термостатами. Заметным преимуществом алюминиевых ра-

Таблица 2.1. Технические характеристики.

Параметры	Модель	
	WR 500	WR 350
Максимальное рабочее давление теплоносителя, атм	16	16
Испытательное давление, атм	24	24
Давление на разрыв, атм	48	48
Теплоотдача одной секции, Вт	185	150
Максимальная температура теплоносителя, °С	110	110
Содержание кислорода в теплоносителе, не более мг/л	0,02	0,02
Значение водородного показателя, рН	6,5-9	6,5-9
Емкость одной секции, л	0,320	0,2
Межсекое расстояние (b), мм	500	350
Присоединительная резьба входных и выходных отверстий, дюйм	1	1
Высота секции (a), мм	572	372
Глубина секции (c), мм	80	80
Ширина секции (d), мм	80	80
Цвет	RAL 9016	RAL 9016

Таблица 2.2. Основные технические характеристики алюминиевых радиаторов WARMA

WARMA WR500 Межсекое расстояние (A), 500 мм, высота (B) 577 мм, глубина (C) 85 мм											
Количество секций	1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ширина (D), мм	80	320	400	480	560	640	720	800	880	960	
Вес, кг	1,15	4,60	5,75	6,90	8,05	9,20	10,35	11,50	12,65	13,80	
Емкость, л	0,32	1,28	1,60	1,92	2,24	2,56	2,88	3,20	3,52	3,84	
Теплоотдача (при Q 70° C), Вт	185	740	925	1110	1295	1480	1665	1850	2035	2220	
Отапливаемая площадь, м ²	1,8	7,4	9,2	11,1	12,9	14,8	16,6	18,5	20,3	22,2	

WARMA WR350 Межсекое расстояние (A), 350 мм, высота (B) 372 мм, глубина (C) 80 мм											
Количество секций	1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ширина (D), мм	80	320	400	480	560	640	720	800	880	960	
Вес, кг	0,9	3,6	4,5	5,4	6,3	7,2	8,1	9,0	9,9	10,8	
Емкость, л	0,2	0,80	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	
Теплоотдача (при Q 70° C), Вт	150	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	
Отапливаемая площадь, м ²	1,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12	13,5	15	16,5	18,0	

диаторов является их низкая масса, существенно удешевляющая и упрощающая транспортировку и монтаж отопительных приборов.

Каждый радиатор WARMA тщательно упакован, что обеспечивает надежную защиту прибора от повреждений при транспортировке.

Радиатор WARMA герметично упаковывается в пленку и внешнюю коробку из плотного картона, усиленного по торцам и углам. Основные технические характеристики и размеры секции радиатора WARMA представлены в табл. 2.1, 2.2 и на рис. 2.1. Приведённые в табл. 2.2 тепловые характеристики радиаторов WARMA определены согласно российской методике тепловых испытаний отопительных приборов (теплоноситель – вода) при нормальных (нормативных) условиях: температурном напоре (разности среднearифмети-

ческой температуры горячей воды в радиаторе и температуры воздуха в испытательной камере) $\Theta=70^{\circ}\text{C}$, расходе теплоносителя через представительный типоразмер прибора $M_{np}=0,1 \text{ кг/с}$ (360 кг/ч) при его движении по схеме «сверху-вниз» и барометрическом давлении 1013,3 гПа (760 мм рт. ст.).

Гидравлические характеристики радиаторов WARMA получены при подводах условным диаметром 15 и 20 мм согласно методике «САНРОС», позволяющей определять приведённые коэффициенты сопротивления ζ_{ny} и характеристики сопротивления S_{ny} при нормальных условиях (при $M_{np}=0,1 \text{ кг/с}$ 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. Усреднённые гидравлические характеристики радиаторов приведены в разделе 4.

Представленные в табл. 2.2 тепловые показатели несколько отличаются от зарубежных, полученных при движении теплоносителя по схеме «сверху-вниз». Различие определяется рядом причин, из которых отметим основные. Согласно новым европейским нормам EN 442-2, в целом отвечающим германским DIN 4704, испытания отопительных приборов проводятся в изотермической камере с пятью охлаждаемыми ограждениями без утепления зарадиаторного участка. Отечественные же нормы запрещают охлаждать пол и противоположную отопительному прибору стену и требуют утепления зарадиаторного участка, что ближе к реальным условиям эксплуатации приборов, но снижает лучистую составляющую теплоотдачи от прибора к ограждениям помещения. Зарубежные приборы испытываются обычно при перепаде температур теплоносителя 75-65°C (ранее при пе-

репаде 90-70°C), 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 расход горячей воды через прибор нормируется (360 кг/ч) и характерен для однотрубных систем отопления. При испытаниях представительных образцов приборов мощностью 1-1,5 кВт и особенно малых типоразмеров по отечественной методике перепад температур теплоносителя в приборе составляет 1-2°C, что приводит к изотермичности наружной поверхности нагрева по высоте прибора. При этом воздух, поднимаясь при нагреве, встречает теплоотдающую поверхность практически одной и той же температуры, что даёт несколько меньший эффект наружной теплоотдачи по сравнению со случаем омывания поверхности с возрастающей по высоте температурой (примерно от 65 до 75°C в расчётном режиме). С другой стороны, очевидно, что при большем расхо-



де воды и, соответственно, большей её скорости в каналах прибора, возрастает эффективность внутреннего теплообмена. Взаимосвязь этих и ряда других факторов и определяет различие тепловых показателей отопительных приборов, испытанных по отечественной и европейской (EN 442-2) методикам. С учётом изложенного не подтверждается обычно принимаемая в зарубежных каталогах, пропорциональность теплоотдачи радиаторов их длине. Особенности теплопередачи радиаторов при «нестандартных» схемах движения теплоносителя рассмотрены ниже.

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

Алюминиевые секционные радиаторы WARMA заводской сборки поставляются с количеством секций 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 и 12. Радиаторы необходимо доукомплектовать проходными пробками для присоединения теплопроводов диаметром 1/2", 3/4".

Каждый радиатор необходимо так же



доукомплектовать (см. рис. 3 и раздел 8 стр. 22):

1. проходная пробка (переходник «радиатор-труба») — 2 шт. ,
2. глухая пробка (заглушка) — 1 шт. ,
3. пробка с клапаном для выпуска воздуха (газа) — 1 шт. ,
4. кронштейн настенный — 2 шт. ,
5. прокладка паронитовая (под пробки) — 4 шт.

Переходники во избежание электрохимической коррозии покрыты специальным цинко-кадмиевым сплавом, что, наряду с высоким качеством алюминиевого сплава, используемого для литья секций, позволяет применять радиаторы WARMA при различных видах теплоносителя: горячей воде, паре низкого давления и антифризе.

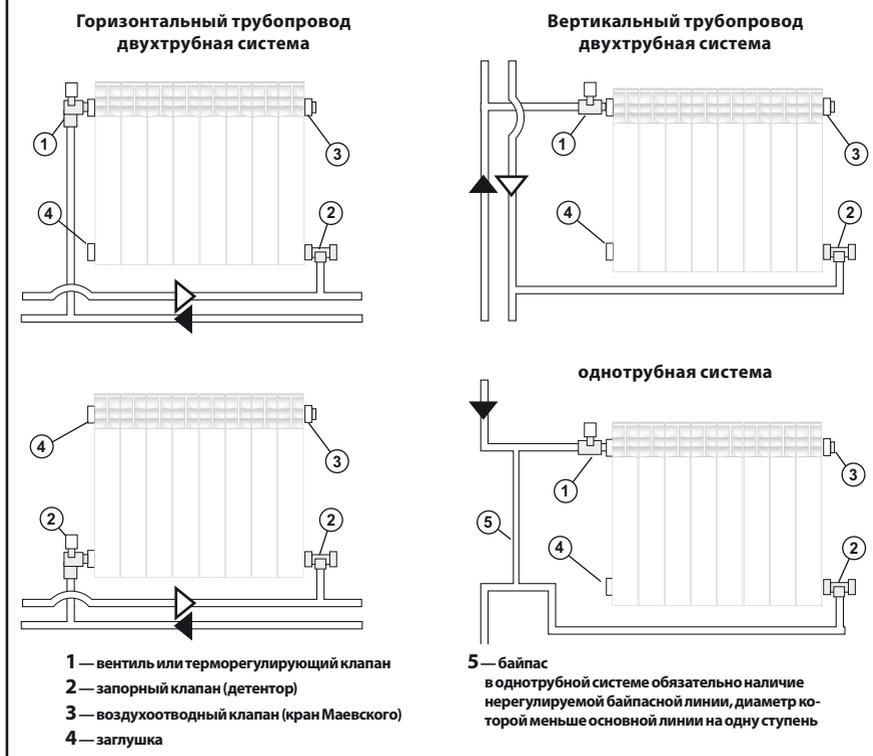
3. МОНТАЖ РАДИАТОРА

Алюминиевые секционные радиаторы WARMA применяются в двухтрубных и однотрубных системах отопления с вертикальным и горизонтальным расположением теплопроводов, объединяющих отопительные приборы.

Радиаторы могут применяться как в насосных или элеваторных, так и в гравитационных системах отопления. На рис. 3.1 дана схема гравитационной системы отопления жилого одноэтажного дома с радиаторами WARMA.

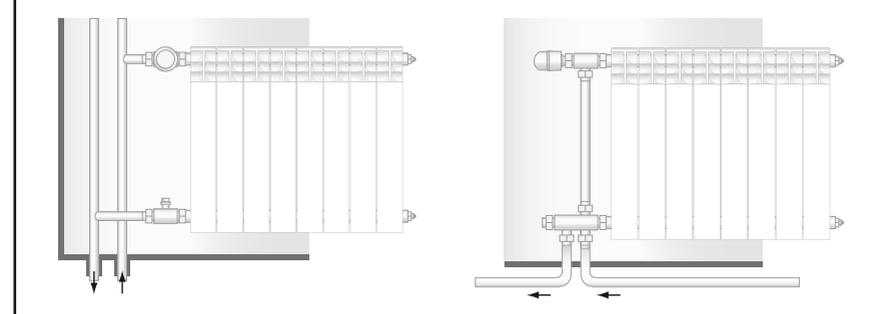
Котлы зарубежных производителей обычно оснащены встроенным в кожух закрытым расширительным сосудом. Для повышения надёжности и долговечности систем отопления закрытый расширительный сосуд рекомендуется ставить и при использовании отечественных котлов. Очевидно, при этом необходимость в открытом расширительном баке отпадает.

Для повышения эксплуатационной надёжности алюминиевые радиаторы

Рисунок 3.3. Рекомендуемые схемы подключения радиатора к системе отопления.


WARMA рекомендуется использовать в закрытых системах отопления, оборудованных, в частности, закрытыми расширительными сосудами. Согласно СНиП, отопительные приборы в жилых помещениях должны, как правило, оснащаться термостатами, т.е. при соответствующем обосновании возможно применение ручной регулирующей арматуры. Поэтому в настоящем разделе рассматриваются схемы систем отопления, как с автоматическими, так и с ручными регуляторами теплового потока. Отметим, что МГСН 2.01-99 более жёстко требует установку термостатов у отопительных приборов. Рекомендуемые схемы вертикальных

стояков систем отопления представлены на рис. 3.2. Радиаторы в помещении устанавливаются, как правило, под окном на стене (рис. 3). Длина радиатора должна составлять не менее 75% длины светового проёма. Присоединение теплопроводов к радиаторам может быть односторонним и разносторонним. При одностороннем присоединении труб не рекомендуется устанавливать радиаторы с большим количеством секций. Поэтому в системах отопления с искусственной циркуляцией при числе секций в радиаторах WARMA более 24, а в гравитационных системах — более 12, рекомендуется применять разносто-

Рисунок 3.4. Одностороннее подсоединение радиатора


ронную схему присоединения (рис. 3.3) В системах отопления с искусственной циркуляцией при числе секций в радиаторах WARMA менее 24, а в гравитационных системах — менее 12, можно применять одностороннюю схему присоединения (рис. 3.4).

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

Для ручной регулировки используют краны для ручной регулировки фирм ICMA Rubinetterie (Италия), «ГЕРЦ Арматурен» (Австрия), «Данфосс» (Дания), «Овентроп» (Германия), RVM (Италия) и др.

Для автоматического регулирования в системах отопления можно рекомендовать терморегуляторы (термостаты) типа «ICMA Rubinetterie».

4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

Значения располагаемого давления при непосредственном присоединении системы отопления к тепловой сети через элеватор следует принимать согласно указаниям, приведённым в СНиП 2.04.05-91. При гидравлическом расчёте

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

$$\Delta P = S M^2$$

или по методу «удельных линейных потерь давления»

$$\Delta P = R L + Z$$

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

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

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

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

λ — коэффициент трения;

d — внутренний диаметр теплопровода; L — длина рассчитываемого участка теплопровода, м;

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

M — массовый расход теплоносителя, кг/с;

R — удельная линейная потеря давления

на 1 м трубы, Па/м;
Z — местные потери давления на участке, Па.
 В табл. 4.1 приведены гидравлические характеристики радиаторов WARMA при расходах теплоносителя до 120 кг/ч и выше. В расчётах можно пользоваться усреднёнными значениями этих характеристик. При необходимости их можно интерполировать, исходя из того, что при малых расходах воды через прибор принимали $M_{np} = 60$ кг/ч, а при больших (согласно нормативным требованиям) $M_{np} = 360$ кг/ч. Первое значение соответствует условиям работы радиаторов в двухтрубных системах отопления и в однотрубных, оснащённых термоста-

тами и замыкающими участками. Второе значение отвечает условиям работы в однотрубных системах отопления при протекании всего теплоносителя через прибор.
 Гидравлические характеристики отопительного прибора и подводящих теплопроводов с регулирующей арматурой в однотрубных системах отопления с замыкающими участками определяют коэффициент затекания α_{np} , характеризующий долю теплоносителя, проходящего через прибор, от общего его расхода к подводке к радиаторному узлу. Таким образом, в однотрубных системах отопления расход воды через прибор M_{np} , кг/с, определяется зависимостью: $M_{np} =$

Таблица 4.1. Усреднённые гидравлические характеристики радиаторов WARMA

Схема движения теплоносителя	Количество секций в радиаторе	Коэффициент местного сопротивления ζ_{ny} при условном диаметре подводок		Характеристика сопротивления $S_{ny} \cdot 10^{-4}$, Па/(кг/с) ² , при условном диаметре подводок	
		$d_y = 15$ мм	$d_y = 20$ мм	$d_y = 15$ мм	$d_y = 20$ мм
при $M_{np} = 360$ кг/ч (0,1 кг/с)					
«Сверху-вниз» и «снизу-вверх»	2	1,6	2,0	2,19	0,82
	3	1,45	1,85	1,99	0,76
	4 и более	1,4	1,8	1,92	0,74
«Снизу-вниз»	5 и более	1,5	2,1	2,06	0,87
при $M_{np} = 60$ кг/ч (0,017 кг/с)					
«Сверху-вниз» и «снизу-вверх»	2	3	4	4,11	1,65
	3	2,7	3,7	3,7	1,52
	4 и более	2,6	3,6	3,56	1,48
«Снизу-вниз»	5 и более	2,8	4,1	3,84	1,69

 Таблица 4.2. Усреднённые значения коэффициентов затекания α_{np} узлов однотрубных систем водяного отопления с радиаторами WARMA

Тип регулирующей арматуры	Значения α_{np} при сочетании диаметров труб радиаторного узла $d_{ct} \times d_{zy} \times d_n$ (мм)		
	15x15x15	20x15x15	20x15x20
Термостат RTD-G фирмы «Данфосс»	0,24	0,195	0,265
Термостат «ГЕРЦ-TS-E» фирмы «ГЕРЦ Арматурен»	0,25	0,2	0,252
Термостат MAX фирмы «Овентроп»	0,23	0,19	0,245

$\alpha_{np} \cdot M_{ct}$
 где α_{np} — коэффициент затекания воды в прибор;
 M_{ct} — расход теплоносителя по стояку однотрубной системы отопления при одностороннем подключении радиаторного узла, кг/с.
 В табл. 4.2 приведены усреднённые значения коэффициентов затекания α_{np} для радиаторов WARMA при одностороннем боковом присоединении теплопроводов и различных сочетаниях диаметров труб стояков (d_{ct}), смещённых замыкающих участков (d_{zy}) и подводок (d_n) в однотрубных системах отопления. Значения α_{np} при установке термостатов определены при настройке их на режим 2K (2°C).

5. ТЕПЛОВЫЙ РАСЧЁТ

Тепловой расчёт проводится по существующим методикам с применением основных расчётных зависимостей, изложенных в специальной справочно-информационной литературе, с учётом данных, приведённых в настоящих рекомендациях. Согласно табл. 1 приложения 12 в СНиП 2.04.05-91 при нахождении общего расхода воды в системе отопления её расход, определённый исходя из общих теплопотерь здания, увеличивается пропорционально поправочным коэффициентам. Первый из них β_1 зависит от номенклатурного шага радиатора и принимается в зависимости от модели радиатора по табл. 3, а второй — β_2 — от доли

 Таблица 5.1. Значения коэффициентов β_1 и β_2

Модель радиатора	β_1	β_2	
		У наружной стены	У наружного остекления
350	1,02	1,02	1,07
500	1,05		

увеличения теплопотерь через радиаторный участок и принимается в зависимости от типа наружного ограждения. Тепловой поток радиатора Q , Вт, при условиях, отличных от нормальных (нормированных), определяется по формуле:
 $Q = Q_{ny} \cdot (\Theta/70)^{1+n} \cdot c \cdot (M_{np}/0,1)^m \cdot b \cdot \beta_3 \cdot p = Q_{ny} \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot \beta_3 \cdot p = K_{ny} \cdot 70 \cdot F \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot \beta_3 \cdot p$
 где:
 Q_{ny} — номинальный тепловой поток радиатора при нормальных условиях, равный произведению номинального теплового потока, приходящегося на одну секцию q_{ny} (см. табл. 2.2), на количество секций в приборе N , Вт.
 Θ — фактический температурный напор, °C, определяемый по формуле:

$$\Theta = \frac{t_n + t_k}{2} - t_n = t_n - \frac{\Delta t_{np}}{2} - t_n,$$

здесь:

t_n и t_k — соответственно начальная и конечная температуры теплоносителя (на входе и выходе) в отопительном приборе, °C;
 t_n — расчётная температура помещения, принимаемая равной расчётной температуре воздуха в отапливаемом помещении t_b , °C;
 Δt_{np} — перепад температур теплоносителя между входом и выходом отопительного прибора, °C;
 70 — нормированный температурный напор, °C;
 c — 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. 5.2);
 n и m — эмпирические показатели сте-

пени соответственно при относительных температурном напоре и расходе теплоносителя (принимается по таб. 5.2); M_{np} — фактический массный расход теплоносителя через отопительный прибор, кг/с;

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

b — безразмерный поправочный коэффициент на расчётное атмосферное давление (принимается по табл. 5.3);

β_3 — безразмерный поправочный коэффициент, характеризующий зависимость теплопередачи радиатора от количества секций в нём при любых схемах движения теплоносителя (принимается по табл. 5.4);

p — безразмерный поправочный коэффициент, с помощью которого учитывается специфика зависимости теплового потока и коэффициента теплопередачи секционного радиатора от числа секций в нём при движении теплоносителя по схеме «снизу-вверх» (принимается по табл. 5.5); при движении теплоносителя по схемам «сверху-вниз» и «снизу-вниз» **p=1**;

$\varphi_1 = (\Theta/70)^{1+n}$ — безразмерный поправочный коэффициент, с помощью которого учитывается изменение теплового потока отопительных приборов при отличии расчётного температурного напора от нормального (принимается по таб. 5.6 – 5.8);

$\varphi_2 = c \cdot (M_{np}/0,1)^m$ — безразмерный поправочный коэффициент, с помощью которого учитывается изменение теплового потока отопительного прибора при отличии расчётного массного расхода теплоносителя от нормального с учётом схемы движения теплоносителя (принимается по табл. 5.9);

K_{ny} — коэффициент теплопередачи радиатора при нормальных условиях, определяемый по формуле:

$$K_{ny} = \frac{Q_{ny}}{F \cdot 70}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

F — площадь наружной теплоотдающей поверхности радиатора, равная произведению количества секций **N** на площадь поверхности нагрева одной секции **f**.

Коэффициент теплопередачи радиатора **K**, Вт/(м² · °C), при условиях, отличных от нормальных, определяется по формуле:

$$K = K_{ny} \cdot (\Theta/70)^n \cdot c \cdot (M_{np}/0,1)^m \cdot b \cdot \beta_3 \cdot p$$

$$p = K_{ny} \cdot (\Theta/70)^n \cdot \varphi_2 \cdot b \cdot \beta_3 \cdot p$$

Согласно результатам тепловых испытаний образцов радиаторов WARMA с монтажной высотой 350 и 500 мм значения показателей степени **n** и **m** и коэффициента **c** зависят не только от исследованных диапазонов изменения Θ и M_{np} , но также от высоты и даже длины прибора. Для упрощения инженерных расчётов без внесения заметной погрешности значения этих показателей, по возможности, были усреднены.

Таблица 5.2 Усреднённые значения показателей степени **n** и **m** и коэффициента **c** при различных схемах движения теплоносителя в радиаторах

Схема движения теплоносителя	Модель радиатора	n	m	c
Сверху-вниз	350	0,3	0	1
	500	0,33	0	1
Снизу-вверх	350	0,33	0,08	0,93
	500	0,35	0,1	0,92
Снизу-вниз	350	0,3	0	0,98
	500	0,3	0	0,95

Таблица 5.3. Усреднённый поправочный коэффициент **b**, с помощью которого учитывается влияние расчётного атмосферного давления воздуха на тепловой поток радиатора

Атмосферное давление	гПа	920	933	947	960	973	987	1000	1013,3	1040
	мм рт. ст.	690	700	710	720	730	740	750	760	780
b		0,957	0,963	0,968	0,975	0,981	0,987	0,993	1	1,012

Таблица 5.4. Значения коэффициента β_3 , учитывающего влияние числа колонок в радиаторе на его тепловой поток

Число колонок в радиаторе, шт.	Монтажная высота, мм	3	4	5-6	7-10	11-13	14 и более
β_3	350	1,02	1,01	1,005	1	0,99	0,98
	500	1,03	1,015	1	0,995	0,99	0,98

Таблица 5.5. Значение поправочного коэффициента **p** при схеме движения теплоносителя «снизу-вверх»

Модель Радиатора (H)	Значения p при числе секций в радиаторе				
	2	3	4	5	6 и более
350	1,015	1,01	1	1	1
500	1,035	1,025	1,02	1,01	1

Таблица 5.6. Значения поправочного коэффициента φ_1 в зависимости от среднеарифметического температурного напора Θ между средней температурой теплоносителя в радиаторе и температурой воздуха в отапливаемом помещении при движении теплоносителя по схеме «сверху-вниз»

$\Theta, \text{°C}$	φ_1 для модели радиатора		$\Theta, \text{°C}$	φ_1 для модели радиатора	
	350	500		350	500
44	0,547	0,539	68	0,963	0,962
46	0,579	0,572	70	1,0	1,0
48	0,612	0,605	72	1,037	1,038
50	0,646	0,639	74	1,075	1,077
52	0,679	0,673	76	1,113	1,115
54	0,714	0,708	78	1,151	1,155
56	0,748	0,743	80	1,189	1,194
58	0,783	0,779	82	1,228	1,234
60	0,818	0,815	84	1,267	1,274
62	0,854	0,851	86	1,307	1,315
64	0,89	0,888	88	1,346	1,356
66	0,926	0,925	90	1,386	1,397

Таблица 5.7. Значения поправочного коэффициента φ , в зависимости от среднеарифметического температурного напора Θ между средней температурой теплоносителя в радиаторе и температурой воздуха в отапливаемом помещении при движении теплоносителя по схеме «снизу-вверх»

Θ , °C	φ , для модели радиатора		Θ , °C	φ , для модели радиатора	
	300,	500,		350,	500,
44	0,539	0,534	68	0,962	0,962
46	0,572	0,567	70	1,0	1,0
48	0,605	0,6	72	1,038	1,038
50	0,639	0,635	74	1,077	1,078
52	0,673	0,669	76	1,115	1,117
54	0,708	0,704	78	1,155	1,157
56	0,743	0,74	80	1,194	1,197
58	0,779	0,776	82	1,234	1,238
60	0,815	0,812	84	1,274	1,279
62	0,851	0,849	86	1,315	1,32
64	0,888	0,886	88	1,356	1,362
66	0,925	0,924	90	1,397	1,404

 Таблица 5.8. Значения поправочного коэффициента φ , в зависимости от среднеарифметического температурного напора Θ между средней температурой теплоносителя в радиаторе и температурой воздуха в отапливаемом помещении при движении теплоносителя по схеме «снизу-вниз»

Θ , °C	44	46	48	50	52	54	56	58
φ_1	0,547	0,579	0,612	0,646	0,679	0,714	0,748	0,783
Θ , °C	60	62	64	66	68	70	72	74
φ_1	0,818	0,854	0,89	0,926	0,963	1,0	1,037	1,075
Θ , °C	76	78	80	82	84	86	88	90
φ_1	1,113	1,151	1,189	1,228	1,267	1,307	1,346	1,386

 Таблица 5.9. Значения поправочного коэффициента φ_2 в зависимости от расхода теплоносителя M_{np} через радиатор при движении теплоносителя по схеме «снизу-вверх»

M_{np}		φ_2 для моделей радиаторов	
кг/с	кг/ч	350	500
0,015	54	0,8	0,761
0,02	72	0,818	0,783
0,025	90	0,832	0,801
0,03	108	0,845	0,816
0,035	126	0,855	0,828
0,04	144	0,864	0,839
0,05	180	0,88	0,858
0,06	216	0,893	0,874
0,07	252	0,904	0,888
0,08	288	0,913	0,9
0,09	324	0,922	0,91
0,1	360	0,93	0,92
0,125	450	0,947	0,941
0,15	540	0,961	0,958

Примечания. 1. При схеме движения теплоносителя «сверху-вниз» $\varphi_2 = 1$.
 При схеме движения «снизу-вниз» для моделей радиатора: 350 $\varphi_2 = 0,98$, 500 $\varphi_2 = 0,95$

6. ПРИМЕР РАСЧЁТА ЭТАЖЕСТОЯКА ОДНОТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

УСЛОВИЯ ДЛЯ РАСЧЁТА

Требуется выполнить тепловой расчёт этажестояка вертикальной однотрубной системы водяного отопления с алюминиевым секционным радиатором WARMA монтажной высотой 500 мм. Радиатор установлен под окном на наружной стене без ниши на пятом этаже пятиэтажного здания, присоединён к стояку со смещённым замыкающим участком и термостатом фирмы «ICMA» на подводке к прибору. Схема движения теплоносителя «сверху-вниз». Теплотери помещения составляют 1200 Вт. Температура горячего теплоносителя на входе в стояк t_n условно принимается

равной 105°C (без учёта теплотерь в магистрали), расчётный перепад температур по стояку $\Delta t_{ct} = 35^\circ\text{C}$, температура воздуха в отапливаемом помещении $t_b = 20^\circ\text{C}$, атмосферное давление воздуха 1013,3 гПа, т. е. $b=1$. Средний расход воды в стояке $M_{ст} = 138$ кг/ч (0,038 кг/с). Диаметры труб стояка, подводок и замыкающего участка определены в результате предварительного гидравлического расчёта и равны 15 мм, общая длина вертикально и горизонтально располагаемых труб в помещении составляет 3,5 м ($L_{тр. В} = 2,7$ м, $L_{тр. Г} = 0,8$ м).

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ТЕПЛООВОГО РАСЧЁТА

Тепловой поток прибора в расчётных условиях $Q_{\text{пр}}^{\text{расч}}$ определяется по формуле:

$$Q_{\text{пр}}^{\text{расч}} = Q_{\text{пот}} - Q_{\text{тр.п}},$$

где: $Q_{\text{пот}}$ — теплотери помещения при расчётных условиях, Вт;

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

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

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

где: $Q_{\text{тр}} = q_{\text{тр.в}} \cdot L_{\text{тр.в}} + q_{\text{тр.г}} \cdot L_{\text{тр.г}}$,

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

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

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

Полезный тепловой поток от труб $Q_{\text{тр.п}}$ определён при температурном напоре $\Theta_{\text{ср.тр}} = t_{\text{н}} - t_{\text{в}} = 105 - 20 = 85^\circ\text{C}$, где $t_{\text{н}}$ — температура теплоносителя на входе в радиаторный узел, $^\circ\text{C}$.

Принимаем значение коэффициента затекания $\alpha_{\text{пр}}$ равным **0,24**. Расход воды через прибор равен:

$M_{\text{пр}} = \alpha_{\text{пр}} \cdot M_{\text{ст}} = 0,24 \cdot 0,038 = 0,0091 \text{ кг/с}$. Перепад температур теплоносителя между входом в отопительный прибор и выходом из него $\Delta t_{\text{пр}}$ определяется по формуле:

$$\Delta t_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{пр}}^{\text{расч}}}{C \cdot M_{\text{пр}}} = \frac{952}{4186,8 \cdot 0,0091} = 25^\circ\text{C}$$

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

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

Температурный напор Θ определяется по формуле.

$$\Theta = t_{\text{н}} - \frac{\Delta t_{\text{пр}}}{2} = 105 - \frac{25}{2} = 72,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

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

$$Q_{\text{пр}}^{\text{норм.пред}} = \frac{Q_{\text{пр}}^{\text{расч}}}{\varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot b} = \frac{952}{1,048 \cdot 1 \cdot 1} = 908 \text{ Вт}$$

где φ_1 и φ_2 — безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. 5.6 — 5.9.

Исходя из полученного значения $Q_{\text{пр}}^{\text{норм.пред}}$, определяем количество секций в приборе N по формуле:

$$N = 908 \text{ Вт} / 185 \text{ Вт/секция} = 4,90 \text{ секции}$$

В дальнейшем, принимая по табл. 5.4 β_3 , определяем предварительно принимаемое к установке количество колонок $N_{\text{уст.}}^{\text{пред}}$ по формуле:

$$N_{\text{уст.}}^{\text{пред}} = N : \beta_3 = 4,9 : 1 = 4,9 \text{ шт.}$$

С учётом рекомендаций расхождение между тепловыми потоками от требуемой и устанавливаемой площадью поверхности нагрева радиатора допускается в пределах: в сторону уменьшения — до 5%, но не более, чем на 50 Вт (при нормальных условиях), в сторону увеличения — до ближайшего типоразмера. Поэтому принимаем $N_{\text{уст.}} = 5$ **секций**. Поскольку при этом числе секций β_3 не меняется, дополнительные коррективы не вносятся. Окончательно принимаем к установке радиатор WARMA, состоящий из 5 секций (500/5).

7. УКАЗАНИЯ ПО МОНТАЖУ РАДИАТОРОВ WARMA И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

7.1. Монтаж алюминиевых литых секционных радиаторов WARMA производится согласно требованиям СНиП 3.05.01-85 «Внутренние санитарно-технические системы».

7.2. Радиаторы поставляются окрашенными, упакованными в воздушно-пузырьковую пленку и картонную коробку.

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

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

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

7.6. Монтаж радиаторов необходимо производить в следующем порядке:

- разметить места установки кронштейнов;
- закрепить кронштейны на стене дюбелями или заделкой крепёжных деталей цементным раствором (не допускается пристрелка к стене кронштейнов, на которых крепятся отопительные приборы и теплопроводы систем отопления);
- не снимая упаковки, освободить от неё радиаторы в местах их навески на кронштейны;
- установить радиатор на кронштейнах (2 сверху и 1 снизу) так, чтобы нижние грани коллекторов радиатора легли на крюки кронштейнов;
- соединить радиатор с подводящими теплопроводами системы отопления, оборудованными на нижней или верхней подводке краном, вентилем или термостатом;

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

- после окончания отделочных работ снять упаковку.

7.7. При монтаже следует избегать неправильной установки радиатора:

- слишком низкого его размещения, т.к. при зазоре между полом и низом радиатора, меньшем 80 мм, уменьшается эффективность теплообмена и затрудняется уборка под радиатором;
 - установки радиатора вплотную к стене или с зазором, меньшим 25 мм, ухудшающей теплоотдачу прибора и вызывающей пылевые следы над прибором;
 - слишком высокой установки, т.к. при зазоре между полом и низом радиатора, большим 150 мм, увеличивается градиент температур воздуха по высоте помещения, особенно в нижней его части;
 - слишком малого зазора между верхом радиатора и низом подоконника (менее 75 % глубины радиатора в установке), т.к. при этом уменьшается тепловой поток радиатора;
 - не вертикального положения секций, т.к. это ухудшает теплотехнику и внешний вид радиатора;
 - установки перед радиатором декоративных экранов или закрытия его штоками, т.к. это также приводит к ухудшению теплоотдачи и гигиенических характеристик прибора и искажает работу термостата с автономным датчиком.
- 7.8. Целесообразно использовать радиаторы заводской сборки. При перегруппировке, выполняемой со всеми мерами предосторожности против срыва резьбы головок алюминиевых секций стальными ниппелями и пробками, необхо-

дима дополнительная проверка радиатора на герметичность.

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

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

7.11. При очистке радиаторов нельзя использовать абразивные материалы.

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

7.13. При использовании в качестве теплоносителя горячей воды, её параметры должны удовлетворять требованиям, приведённым в «Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации» РД 34.20.501-95.

7.14. Содержание кислорода в воде систем отопления не должно превышать 20 мкг/дм^3 , а значение pH для алюминиевых радиаторов должно быть в пределах 6,5-9 (оптимально в пределах 7-8). С целью выполнения требования о содержании кислорода и значении pH алюминиевые радиаторы WARMA рекомендуются

применять в закрытых системах отопления с закрытыми расширительными сосудами и герметичными циркуляционными насосами, а также с устройствами для подпитки деаэрированной водой из водопровода или непосредственно из тепловой сети.

Не допускается промывка системы отопления с алюминиевыми радиаторами щелочными растворами.

7.15. Содержание в воде соединений железа (до $0,5 \text{ мг/дм}^3$) и других примесей.

7.16. Для уменьшения опасности подшламовой коррозии целесообразна установка дополнительных грязевиков, а в случае применения термостатов ещё и фильтров, в том числе и постоянных.

В общем случае количество взвешенных веществ не должно превышать 7 мг/дм^3 .

7.17. Избыточное давление теплоносителя, равное сумме максимально возможного напора насоса или давления в магистральных тепловых сетях (при электродных вводах) и гидростатического давления, не должно в рабочем режиме системы отопления превышать в любом радиаторе 16 атм. Минимальное давление при опрессовке системы отопления должно быть в 1,5 раза больше рабочего.

7.18. Каждый радиатор независимо от схемы его обвязки теплопроводами сле-

дует оснащать газо-воздухоотводчиком, устанавливаемым в одной из верхних пробок радиатора.

7.19. При обслуживании газозухоотводчиков в системах отопления с отопительными приборами из алюминиевых сплавов категорически запрещается освещать газоотводчик спичками, фонарями с открытым огнём и курение в период выпуска из него воздуха (газа), особенно в первые 2-3 года эксплуатации системы отопления.

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

7.21. Не рекомендуется допускать полного перекрытия подвода теплоносителя к радиатору из системы отопления, особенно в летний период. Возможно полное отключение радиаторов только на период опрессовки системы отопления. При этом следует обязательно открыть ручной воздухоотводчик.

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

дует избегать среза резьбы в коллекторах радиаторов во избежание трудноустраняемой в этом случае течи. При использовании медных труб рекомендуется применять бронзовые переходники, не допуская непосредственного контакта алюминиевых радиаторов с медными теплопроводами.

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

7.24. Во избежание замерзания воды в радиаторах, приводящего к их разрыву, не допускается обдув радиатора струями воздуха с отрицательной температурой (например, при постоянно открытой форточке или боковой створке окна).

7.25. В системах, заполняемых антифризом, не допускается применение масляной краски для герметизации резьбовых соединений льном. 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.

