

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Санитарно-технические системы»

Утверждено на заседании кафедры
«Санитарно-технических систем»
«20» января 2023 г., протокол №5

Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению курсового проекта
по дисциплине (модулю)
«Проектирование систем отопления, вентиляции
и горячего водоснабжения»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы магистратуры

по направлению подготовки
08.04.01 – "Строительство"

с направленностью (профилем)
"Теплогазоснабжение и вентиляция"

Форма(ы) обучения: *очная, заочная*

Идентификационный номер образовательной программы: 080401-05-23

Тула 2023 год

Разработчик методических указаний

Вялкова Н.С. доцент, к.т.н.

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание) (подпись)

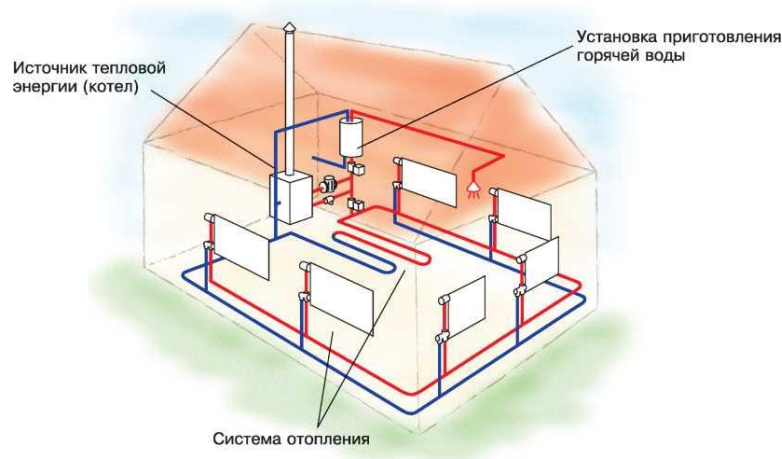


СОДЕРЖАНИЕ

1	Введение	4
2	Двухтрубные системы	8
3	Однотрубные системы	16
4	Конструирование систем напольного отопления	22
5	Последовательность теплового и гидравлического расчетов систем напольного отопления	25
6	Схемы подключения систем напольного отопления	26
7	Литература	28

1. ВВЕДЕНИЕ

Любое современное индивидуальное жилье оснащается системой теплоснабжения, которая включает в себя, как правило, три составляющие: система отопления; источник тепловой энергии; установки приготовления горячей воды.



Теплопотребителями в индивидуальных зданиях являются, как правило, системы отопления и горячего водоснабжения, возможна система приточной вентиляции с помощью приточных клапанов типа АЭРЕКО и механической вытяжной системы.

Система отопления может быть любой конфигурации: с вертикальными стояками при верхнем или нижнем расположении магистралей, с горизонтальными ветвями при периметральной или лучевой разводке трубопроводов от поэтажных распределительных коллекторов до радиаторов.

Трубопроводы горизонтальных ветвей обычно прокладываются в конструкции пола. Они, как правило, выполняются из полимерных, металлополимерных или медных труб.

В качестве отопительных приборов в индивидуальных зданиях чаще всего применяются радиаторы различных конструкций. При прокладке трубопроводов в полу целесообразно устанавливать радиаторы с «донными» патрубками или использовать специальные присоединительные гарнитуры для подключения к трубопроводам отопительных приборов с боковыми штуцерами.

Иногда помещения оснащаются системами напольного отопления со змеевиками из труб, укладываемыми в конструкцию пола.

Система ГВС индивидуального здания имеет традиционную тупиковую водораспределительную сеть. При значительной протяженности трубопроводов система может дополняться циркуляционной линией для исключения остывания воды в трубах в периоды отсутствия водоразбора.

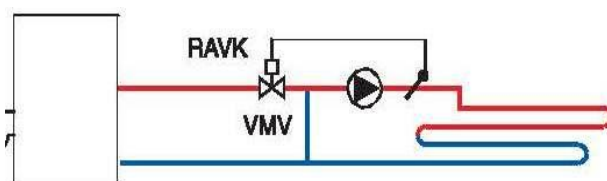
Источником тепловой энергии для теплоснабжения индивидуального здания в большинстве случаев служит собственный котел, работающий на газообразном или жидком топливе.

Реже эти здания подключаются к районной системе централизованного теплоснабжения через индивидуальный тепловой пункт, который принципиально не отличается от теплового пункта многоквартирного здания и поэтому должен проектироваться и монтироваться в соответствии с требованиями теплоснабжающей организации лицензированными специалистами. Этот случай теплоснабжения индивидуального здания в данной работе не освещается.

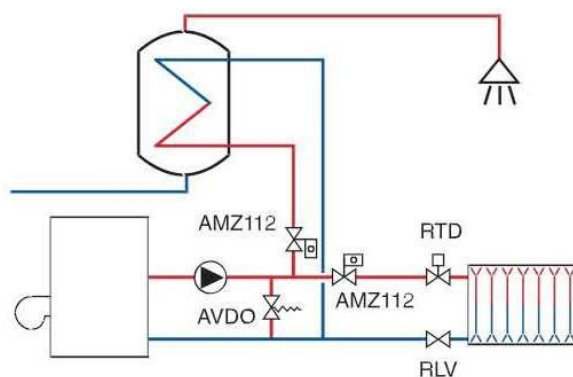
При теплоснабжении от индивидуального котла теплоноситель в систему отопления подается, как правило, напрямую без преобразования параметров с расчетной температурой от 80 до 90°C в зависимости от материала трубопроводов.

При необходимости снижения температуры теплоносителя (например, до 40°C для напольного отопления), а также ее регулирования пропорционально температуре наружного воздуха (в масштабных индивидуальных зданиях) рекомендуется предусматривать узел смешения теплоносителя, поступающего из котла и возвращаемого из систем отопления. Циркуляция теплоносителя через систему отопления осуществляется с помощью маломощных бесфундаментных насосов.

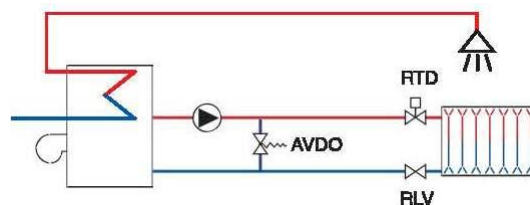
Для приготовления воды на горячее водоснабжение могут также применяться



котлы или индивидуальные газовые или электрические водонагреватели. При наличии котла вода обычно подогревается в емкостном водоподогревателе, использование которого позволяет снизить мощность котла из расчета покрытия наибольшей из двух тепловых нагрузок (отопление или горячее водоснабжение). В этом случае греющий теплоноситель от котла попеременно подается то в систему отопления, то в подогреватель ГВС.



Реже используются котлы со встроенным змеевиком подогрева воды для ГВС.



Современные системы отопления должны работать на высоком качественном уровне, то есть количество теплоты, подаваемое в каждое помещение здания для поддержания комфортного температурного режима, должно определяться текущей потребностью в соответствии с пожеланиями потребителя. Эти требования могут обеспечить только автоматизированные системы отопления, оснащенные приборами учета теплоснабжения. Комплексная автоматизация системы отопления включает в себя местное регулирование параметров теплоносителя в тепловом пункте, индивидуальное управление подачей теплоты от отопительных приборов системы, а также автоматическое поддержание гидравлических режимов в трубопроводной сети системы. Индивидуальное регулирование располагает наибольшими технологическими возможностями и позволяет поддерживать комфортную температуру воздуха в отапливаемых помещениях на уровне, заданном потребителем, и экономить более 20 % тепловой энергии за счет максимального использования для отопления помещений «бесплатных» теплопритоков от людей, солнечной радиации, освещения, электробытовых приборов и др., а также путем снижения температуры воздуха в ночные часы и в периоды, когда здание не эксплуатируется. Средствами индивидуального регулирования в системах водяного отопления зданий являются автоматические радиаторные терморегуляторы, а управление гидравлическими режимами работы системы осуществляется, как правило, автоматическими

балансирующими клапанами, устанавливаемыми на стояках или горизонтальных ветвях системы. Эти клапаны обеспечивают расчетное потокораспределение по стоякам системы отопления вне зависимости от колебаний давлений в распределительных трубопроводах, работу радиаторных терморегуляторов в оптимальном режиме и исключают возможность шумообразования.

В данных методических указаниях приведены конструкции и технические характеристики радиаторных терморегуляторов и автоматических балансирующих клапанов для двухтрубных и однетрубных систем отопления, а также примеры гидравлического расчета этих систем. Для составления методических указаний использованы пособия фирмы «Данфосс».

Кроме этого, в настоящих методических указаниях рассмотрены вопросы конструирования, теплового и гидравлического расчетов систем напольного отопления, которые выполняются в соответствии с требованиями, изложенными в нормативной [1], справочной [3,9] и учебной литературе [2].

2. ДВУХТРУБНЫЕ СИСТЕМЫ.

Из всех известных систем для применения радиаторных терморегуляторов наилучшим образом подходят двухтрубные системы отопления. Двухтрубные системы с терморегуляторами могут быть вертикальными и горизонтальными. Из систем с вертикальными стояками следует отдавать предпочтение системам с нижним расположением подающей и обратной магистралей.

В системах отопления с традиционными вертикальными стояками присоединение отопительных приборов к стояку может быть как одностороннее, так и двухстороннее. Вне зависимости от расположения магистралей, теплоноситель следует подводить к верхнему патрубку (пробке) отопительного прибора с установкой клапана терморегулятора типа RTD-N на входе в прибор.



Рис. 1 – Клапаны терморегуляторов RTD-N

Клапан RTD-N повышенного гидравлического сопротивления с предварительной монтажной настройкой предельной пропускной способности. Клапаны бывают с условным диаметром от 10 до 25 мм, прямые и угловые, они могут сочетаться со всеми термостатическими элементами серии RTD. Клапаны RTD-N имеют никелевое покрытие и поставляются с красным защитным колпачком (рис.1). Диаметр клапана RTD-N принимается по диаметру патрубка отопительного прибора. Для радиаторов с проходными пробками, через которые они присоединяются к трубопроводам, рекомендуется использовать клапаны RTD-N, как правило, с условным проходом 15 мм. Характеристики клапанов RTD-N сведены в таблицу 1.

Таблица 1 -Характеристики регулирующих клапанов типа RTD-N

Тип	Пропускная способность K_v клапана с термоэлементом при различной предварительной настройке, $\text{м}^3/\text{ч}$								Раб. давл, бар	Макс. темпер. т/н, °С
	1	2	3	4	5	6	7	N		
RTD-N 10	0,04	0,08	0,12	0,18	0,23	0,3	0,34	0,5	10	120
RTD-N 15	0,04	0,08	0,12	0,2	0,27	0,36	0,45	0,6		
RTD-N 20	0,1	0,15	0,17	0,25	0,32	0,41	0,62	0,83		
RTD-N 25	0,1	0,15	0,17	0,25	0,32	0,41	0,62	0,83		

Допускается принимать среднюю величину между целыми значениями настроек, например 3,5; 5,5 и др. не рекомендуется принимать индексы настройки клапанов RTD-N менее трех из-за опасности их засорения (рис.2). при гарантированной чистоте теплоносителя можно применять любые значения настроек. Для обеспечения гидравлической устойчивости системы отопления потеря давления в клапане терморегулятора должна лежать в диапазоне от 10 кПа до 25 кПа. Нижняя граница обеспечивает минимальный уровень гидравлической устойчивости системы отопления и работу терморегулятора в оптимальном режиме, верхняя граница гарантирует бесшумную работу клапана терморегулятора при возможном увеличении гравитационного давления в системе отопления от среднего значения, учитываемого при расчете, до максимально возможной величины. В исключительных случаях нижний предел потери давления в клапане терморегулятора может быть уменьшен до 7кПа. При невозможности обеспечить указанное требование следует изменить расчетные параметры теплоносителя в системе отопления, увеличив, тем самым, его расход.

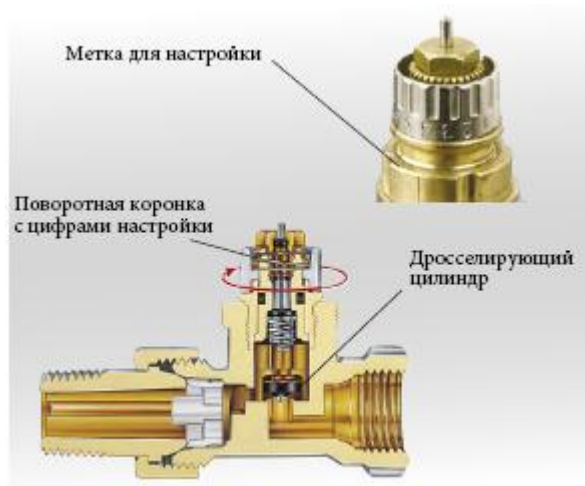


Рис. 2 – Устройство предварительной настройки клапана RTD-N

На выходе из отопительного прибора в современных двухтрубных системах принято устанавливать запорный радиаторный клапан типа RLV (рис.3) того же диаметра, что и клапан терморегулятора. Пропускная способность клапанов RLV в открытом положении:

- $K_v=1,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ – для клапана диаметром 10 мм;
- $K_v=2,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ – для клапана диаметром 15 мм;
- $K_v=3,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ – для клапана диаметром 20 мм;



Рис. 3 – Запорный радиаторный клапан RLV

Таблица 2 - Настройка ASV-PV

Количество оборотов шпинделя	ASV-PV, бар
0	0,25
1	0,24
2	0,23
3	0,22
4	0,21
5	0,20
6	0,19
7	0,18
8	0,17
9	0,16
10	0,15
11	0,14
12	0,13
13	0,12
14	0,11
15	0,10
16	0,09
17	0,08
18	0,07
19	0,06
20	0,05

На стояках вертикальных двухтрубных систем отопления следует устанавливать запорно-регулирующую арматуру, в качестве которой рекомендуется предусматривать, как правило, автоматические балансировочные клапаны ASV-P (PV) с ASV-M (рис.4). Клапан ASV-P (PV) представляет собой регулятор постоянства перепада давлений, к регулирующей мембране которого подводится положительный импульс через импульсную трубку длиной 1,5 м от подающего стояка системы и отрицательный импульс – от обратного стояка через внутренние каналы клапана. Импульсная трубка к подающему стояку присоединяется через запорный клапан ASV-M. Примеры размещения автоматических балансировочных клапанов приведены на рис. 5 и 6. Клапан ASV-P с фиксированной заводской настройкой поддерживает на стояке перепад давлений, равный 10 кПа, а ASV-PV – перенастраиваемый клапан с диапазоном настройки 5-25 кПа, предварительная настройка которого приведена в таблице 2. Клапаны ASV-P (PV) являются также запорными. Пропускная способность автоматических балансировочных клапанов серии ASV-P (PV) и запорных ASV-M в зависимости от диаметра приведена в таблице 3.



Рис. 4. Автоматические балансировочные клапаны ASV-P(PV) и запорный клапан ASV-M

Таблица 3 -Пропускная способность автоматических балансировочных клапанов серии ASV-P (PV) и запорных ASV-M

Тип клапана	Д _y , мм	Пропускная способность K _{vs} , м ³ /ч
ASV-P (PV), ASV-M	15	1,6
	20	2,5
	25	4
	32	6,3
	40	10

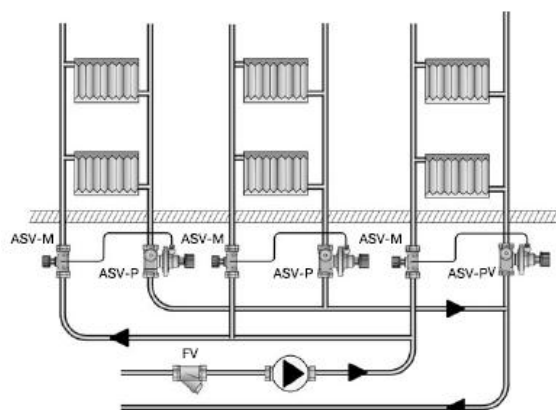


Рис. 5. Клапаны ASV-P (PV) и ASV-M на стояках вертикальной двухтрубной системы отопления

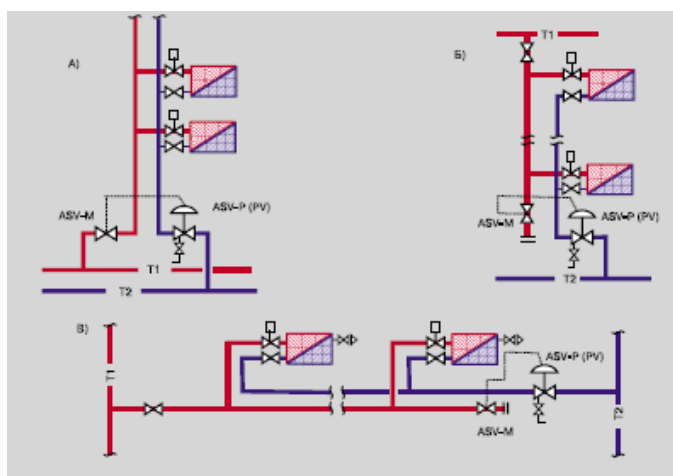


Рис. 6 – Примеры размещения автоматических балансировочных клапанов ASV-P (PV) и ASV-M: А) стояк при нижнем расположении магистралей; Б) стояк при верхнем расположении подающей магистрали; В) горизонтальная ветвь при разностороннем присоединении к магистралям

Если создаваемое циркуляционными насосами располагаемое давление в корне стояков превышает 30 кПа, установка автоматических балансировочных клапанов обязательна (для исключения шумообразования в клапанах радиаторных терморегуляторов).

2.1. ПРИМЕР РАСЧЕТА

Произведен гидравлический расчет стояка, изображенного на рисунке 7, расчет представлен в виде таблиц 4 и 5.

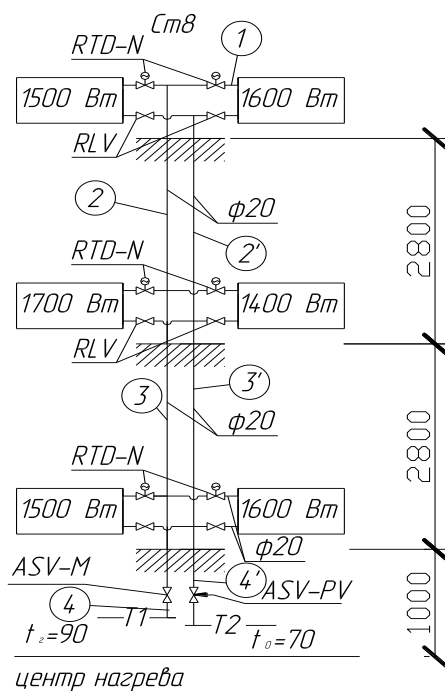


Рис. 7 – Стояк двухтрубной системы отопления

Определим количество теплоносителя в стояке по формуле:

$$G_{cm} = \frac{0,86 \cdot Q_{cm}}{t_z - t_o}, \quad (1)$$

$$G_{cm} = \frac{0,86 \cdot 9300}{90 - 70} = 399,9 \text{ кг/ч}$$

Таблица 4 - Местные сопротивления

№ участка	Наименование сопротивления	ζ	n	$\zeta \cdot n$
1	Радиатор	2	1	2
	Тройник на ответвление	1,5	2	3
2, 2'	Тройник на проход	1	1	1
3, 3'	Тройник на проход	1	1	1
4, 4'	Тройник на ответвление	1,5	1	1,5

Таблица 5 - Гидравлический расчет

№	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	d, мм	v, м/с	R, Па/м	Rl, Па	Σh	Z, Па	Rl+z, Па
ОЦК через прибор верхнего этажа										
1	1600	68,8	1,15	15	0,093	14	16,1	5	21,2	37,3
терморегулирующий вентиль RTD-N с предварительной настройкой «4»									12551	
запорный вентиль RLV									80,3	
										12668,6
2	3100	133,3	2,8	15	0,18	42	117,6	1	16,7	134,3
2'	3100	133,3	2,8	15	0,18	42	117,6	1	16,7	134,3
3	6200	266,6	2,8	15	0,371	175	490	1	66,9	556,9
3'	6200	266,6	2,8	15	0,371	175	490	1	66,9	556,9
4	9300	399,9	1	15	0,542	390	390	1,5	213	603
запорный клапан ASV-M									6626	
										7228,59
4'	9300	399,9	1	15	0,542	390	390	1,5	213	603
автоматический балансировочный клапан ASV-PV									6626	
										7228,59
										28508,18

Потери давления на клапанах RTD-N, RLV, ASV-PV и ASV-M находятся по формуле:

$$\Delta P = \left(\frac{L}{K_v} \right)^2 \quad (2)$$

где $L=G/\rho$, расход теплоносителя, м³/ч;

ρ – плотность теплоносителя, кг/м³;

K_v – пропускная способность.

3.ОДНОТРУБНЫЕ СИСТЕМЫ.

Широко распространенные в России одноконтурные системы отопления также могут оснащаться радиаторными терморегуляторами с проходными регулирующими клапанами пониженного гидравлического сопротивления обычного исполнения RTD-G при наличии в узле обвязки отопительного прибора байпаса (закрывающего участка) между трубными подводками. При использовании терморегуляторов в одноконтурных схемах с обычными отопительными приборами диаметр RTD-G, как правило, принимается по диаметру присоединительных элементов прибора (патрубков или пробок), а диаметр закрывающего участка – на калибр меньше. Для обеспечения наибольшего затекания вода в отопительный прибор целесообразно принимать диаметр подводов к прибору и калибр клапана терморегулятора, равные 20 мм, при диаметре закрывающего участка 15 мм. Клапан RTD-G пониженного гидравлического сопротивления без устройства для ограничения пропускной способности. Производится условным диаметром от 15 до 25 мм, прямой и угловой. Клапаны RTD-G имеют никелевое покрытие и поставляются с серым защитным колпачком (рис.8). Клапаны RTD-G могут сочетаться со всеми термостатическими элементами серии RTD. Характеристики клапанов RTD-G представлены в таблице 6.



Рис.8 – Клапаны терморегуляторов RTD-G

Таблица 6 - Характеристики регулирующих клапанов типа RTD-G

Тип	Пропускная способность K_v клапана с термoeлементом				Макс. давление, бар		Макс. темпер. воды, °C
	0,5	1,0	1,5	2,0	рабочее	перепад давлений	
RTD-G 15	0,40	0,70	1,2	1,45	0,20	16	120
RTD-G 20	0,50	0,90	1,45	1,90			
RTD-G 25	0,55	1,15	1,70	2,25	0,16		



Рис. 9 - Кран шаровой из нержавеющей стали полнопроходной муфтовый типа X2777

В целях отключения и демонтажа отдельного отопительного прибора на его обратной подводке рекомендуется устанавливать полнопроходной шаровой кран (рис.9), применять клапан RLV не следует. Условная пропускная способность шарового крана X2777 представлена в таблице 7.

Таблица 7 - Кран шаровой из нержавеющей стали полнопроходной муфтовый типа X2777

Условный проход D_y , мм	Макс. темпер. перемещ. среды, °C	Условная пропускная способность K_v , м ³ /ч
8	230	11,3
10		13,2
15		18,9
20		47,1
25		66
32		86,7
40		150,8

На стояках однотрубных систем отопления должны предусматриваться автоматические регуляторы постоянства расхода типа АВ-QM (рис.10). Регуляторы АВ-QM могут устанавливаться как на обратной, так и на подающей части однотрубного

стояка или ветви, выполняя одновременно функцию запорной арматуры (рис.11). Для отключения стояка рекомендуется устанавливать полнопроходной шаровой кран в паре с регулятором АВ-QM.



Рис. 10 – Автоматический балансировочный клапан АВ-QM

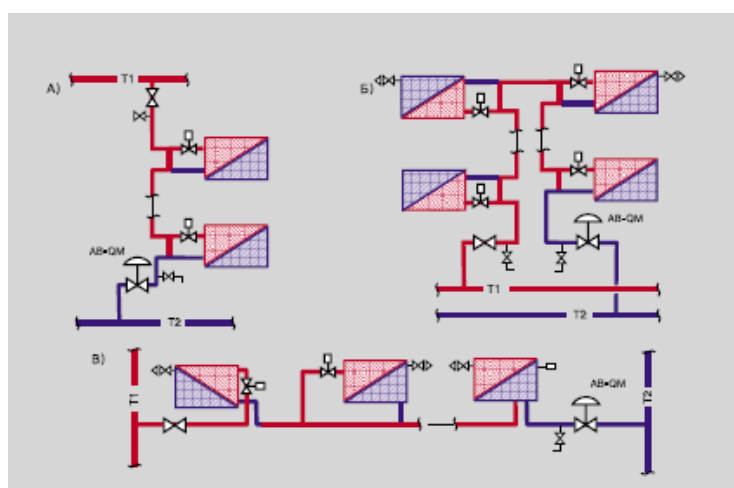


Рис. 11 - Примеры размещения автоматических балансировочных клапанов АВ-QM на стояках и ветвях одноконтурной системы отопления: А) стояк с верхним или нижним расположением подающей магистрали; Б) П-образный стояк при; В) горизонтальная ветвь.

Клапан АВ-QM – регулирующий клапан со встроенным регулятором перепада давлений. Регулятор перепада давлений поддерживает постоянный перепад давлений на регулирующем клапане вне зависимости от изменения параметров в системе. Благодаря такой конструкции клапан обеспечивает стабильность регулирования во всем диапазоне нагрузок системы. Клапан настраивается на требуемый расход поворотом шкалы с

относительными значениями расхода. Кроме того АВ-QМ одновременно является запорным устройством. Технические характеристики клапана АВ-QМ представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Технические характеристики клапана АВ-QМ

Условный проход D_v , мм	10	15	20	25	32	40/50
Минимальный расход (20%), л/ч	55	90	180	340	640	2000
Максимальный расход (100%), л/ч	275	450	900	1700	3200	10000
Перепад давлений ΔP , кПа	16-400			20-400		30-400
Условное давление P_v , бар	16					
Диапазон температур регулируемой среды, °C	-10...+120					

Установка расчетного расхода легко производится без применения специального инструмента. Шкала настройки на клапане размечена от 100 % номинального расхода (полностью открытое состояние) до 0 % (закрытое состояние). Компания Danfoss рекомендует использовать настройки расхода от 20 до 100 %. Заводская настройка – 100% (рис. 12).

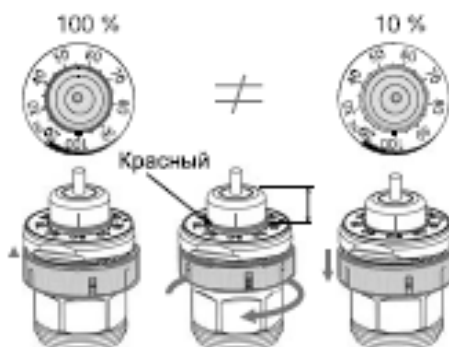


Рис. 12 – Пример настройки клапана АВ-QМ

3.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА ОДНОТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.

Гидравлический расчет трубопроводной системы отопления может производиться с использованием характеристик гидравлического сопротивления отдельных ее элементов ($S \cdot 10^4$). Эта величина соответствует потере давления (Па) при расходе воды через элемент сети, равном 100 кг/ч.

При фактическом расчетном расходе воды потеря давления в элементе трубопроводной сети с заданной характеристикой гидравлического сопротивления рассчитывается по формуле:

$$\Delta P = (S \cdot 10^4) \cdot \left(\frac{G}{100} \right)^2, \quad (3)$$

где ΔP – потеря давления, Па;

$(S \cdot 10^4)$ – характеристика гидравлического сопротивления, Па/(кг/ч)²;

G – расчетный расход воды, кг/ч.

При последовательном соединении N элементов сети ее общая характеристика гидравлического сопротивления $(S \cdot 10^4)$ равна:

$$(S \cdot 10^4) = (S \cdot 10^4)_1 + (S \cdot 10^4)_2 + \dots + (S \cdot 10^4)_N. \quad (4)$$

При параллельном соединении общая характеристика гидравлического сопротивления $(S \cdot 10^4)$ определяется по формуле:

$$\frac{1}{\sqrt{(S \cdot 10^4)}} = \frac{1}{\sqrt{(S \cdot 10^4)_1}} + \frac{1}{\sqrt{(S \cdot 10^4)_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{(S \cdot 10^4)_N}}. \quad (5)$$

Характеристики гидравлического сопротивления обычно берутся из справочной литературы, а также могут быть вычислены с использованием данных, приведенных в таблице 9.

Таблица 9 – Характеристика гидравлического сопротивления $(S \cdot 10^4)$, Па/(кг/ч)², для 1 м стальной трубы и местного сопротивления при $\zeta=1$

	Условный проход трубопроводов D_y , мм						
	10	15	20	25	32	40	50
$(S \cdot 10^4)_{1 \text{ м тр.}}$	95,04	30,71	7	1,75	0,46	0,24	0,06
$(S \cdot 10^4)_{\zeta=1}$	23,91	9,72	2,98	1,13	0,38	0,16	0,08

$(S \cdot 10^4)$ является средней величиной между значениями для легких и обыкновенных водогазопроводных труб по ГОСТу 3262-75*.

Гидравлические характеристики клапанов терморегуляторов влияют на коэффициент затекания воды в отопительный прибор системы отопления с замыкающими участками, а также определяют гидравлическое сопротивление трубного узла прибора.

Коэффициент затекания α без учета гравитационного давления в малом циркуляционном кольце может быть рассчитан по формулам:

а) Через характеристики гидравлического сопротивления:

$$\alpha = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{(S \cdot 10^4)_{оп}}{(S \cdot 10^4)_{зп}}}}, \quad (6)$$

где $(S \cdot 10^4)_{\text{оп}}$ - суммарная характеристика гидравлического сопротивления подводов, клапана терморегулятора и отопительного прибора, $\text{Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$;

$(S \cdot 10^4)_{\text{зз}}$ - то же, замыкающего участка, $\text{Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$;

б) Через пропускную способность:

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{K_{v \text{ зз}}}{K_{v \text{ оп}}}}, \quad (7)$$

где $K_{v \text{ оп}}$ - суммарная пропускная способность подводов, клапана терморегулятора и отопительного прибора, $\text{м}^3/\text{ч}$; $K_{v \text{ зз}}$ - то же, замыкающего участка, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Коэффициент затекания и общая характеристика гидравлического сопротивления узла отопительного прибора практически не зависят от типа отопительного прибора. Поэтому для стандартных сочетаний диаметров подводов к прибору и замыкающего участка (рис.13) значения α и характеристики гидравлического сопротивления всего этажестояка $(S \cdot 10^4)_{\text{э-ст}}$ при его высоте 3м представлены в таблице 10.

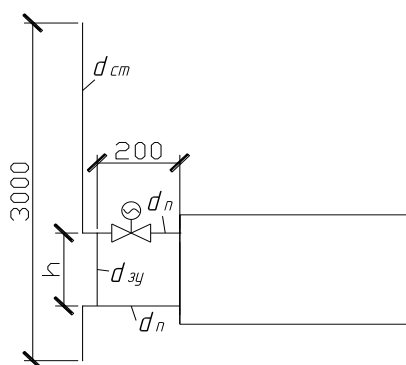


Рис. 13 – Эскиз этажестояка

Таблица 10 - Коэффициент затекания α и характеристики гидравлического сопротивления всего этажестояка $(S \cdot 10^4)_{\text{э-ст}}$ при его высоте 3м с терморегулятором RTD-G

Условный проход трубопроводов D_y , мм			Коэффициент α (в числителе) и $(S \cdot 10^4)_{\text{э-ст}}$ (в знаменателе), $\text{Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$, в зависимости от длины замыкающего участка h , м			
$d_{\text{ст}}$	$d_{\text{зз}}$	$d_{\text{п}}$ и RTD-G	0,08	0,15	0,3	0,5
15	10	15	-	-	0,28/179	0,3/179,8
	15	15	-	-	0,21/159,6	0,22/156,5
	15	20	0,23/148,8	0,24/147,6	0,25/144,8	0,26/141,2
20	15	15	-	-	0,21/66,9	0,22/68,5
	15	20	0,23/50,8	0,24/51,3	0,25/52,1	0,26/53,2
25	15	20	0,23/26,9	0,24/27,8	0,25/29,3	0,26/31,5

3.2 ПРИМЕР РАСЧЕТА

Произведен гидравлический расчет стояка, изображенного на рис. 14.

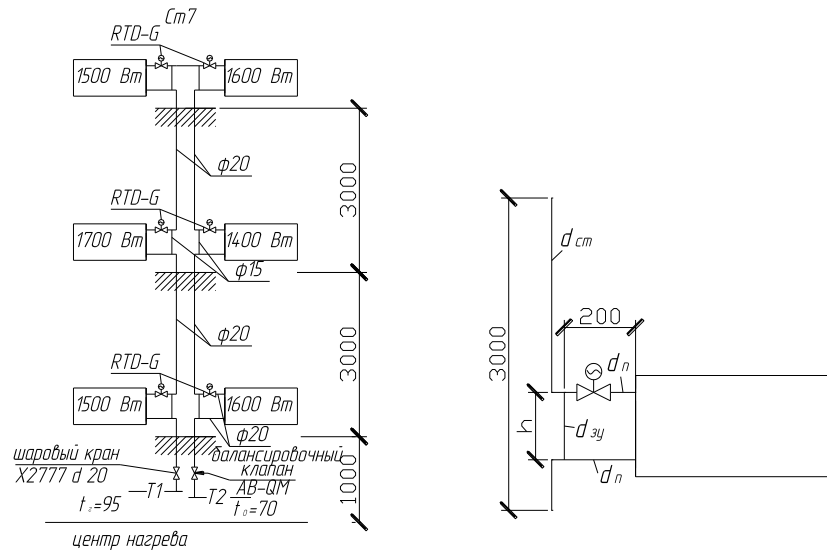


Рис. 14 – Стояк однотрубной системы отопления

Располагаемое давление в стояке $\Delta P_{\text{ст}7}=25$ кПа.

Определим количество теплоносителя в стояке по формуле 1:

$$G_{\text{ст}} = \frac{0,86 \cdot 9300}{95 - 70} = 319,9 \text{ кг/ч}$$

По таблице 10, зная что $d_{\text{zy}}=15$ мм, $d_{\text{ст}}=d_{\text{п}}=20$ мм, определяем коэффициент затекания α равен 0,26, а характеристика гидравлического сопротивления всего этажестояка $(S \cdot 10^4)_{\text{э-ст}} - 53,2 \cdot 10^4 \text{ Па/(кг/ч)}^2$.

Определим гидравлическое сопротивление всего стояка по формуле 4:

$$(S \cdot 10^4)_{\text{ст}} = 53,2 \cdot 10^4 \cdot 4 + (53,2 \cdot 10^4 \cdot 2 - 7 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 2) + 7 \cdot 10^4 \cdot 2 = 305,2 \cdot 10^4 \text{ Па/(кг/ч)}^2$$

Потери давления в стояке определим по формуле 3:

$$\Delta P_{\text{ст}} = (305,2 \cdot 10^4) \cdot \left(\frac{319,9}{100} \right)^2 = 3,1 \text{ кПа}$$

Клапан АВ-QM $D_y=20$ мм имеет максимальный расход 900 л/ч при настройке на 100 %. Для того чтобы получить расход 320 л/ч необходимо установить настройку: $320/900=0,355$ (35,5%). Так как минимально необходимый перепад давлений на клапане АВ-QM должен быть не менее 16 кПа, то определяем потери давления на клапане АВ-QM:

$$\Delta P_{\text{AB-QM}} = \Delta P_p - \Delta P_{\text{ст}} = 25 - 3,1 = 21,9 \text{ кПа},$$

что удовлетворяет условию его работы.

4. КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Напольное отопление – это система обогрева, в которой преобладающее количество тепла передается путем излучения. Тепловой поток проходит через трубы, затем слой стяжки, представляющую собой греющую плиту, а также через покрытие пола и передается в окружающую среду.

При проектировании и организации трудовых процессов производства работ по устройству обогреваемых полов особое внимание должно быть уделено созданию условий, соответствующих требованиям нормативных документов и получению высокого качества обогреваемых полов как одному из важнейших видов отопления зданий.

При выборе конструкции обогреваемых полов и системы их отопления необходимо в первую очередь решить следующие вопросы:

- является ли такое отопление основным или это дополнительное отопление;
- какой при этом будет использован теплоноситель (горячая вода, электрообогрев, воздушное отопление или др.);
- в каких помещениях планируют выполнять такие полы (жилые комнаты или подсобные помещения, бассейны или ванные комнаты, открытая площадка).

Конструирование систем напольного отопления ведут в следующей последовательности:

- выбирают конфигурацию укладки труб в греющем контуре;
- размещают запорную и регулирующую арматуру;
- вычерчивают схему системы напольного отопления с учетом конструктивных особенностей помещений здания.

При конструировании напольного отопления должно выполняться условие - обогревающая бетонная панель отделяется от конструкции здания разделительным швом, заполненным мягким материалом. Для этого вдоль боковых стен необходимо уложить краевую ленту. Затем на ровную бетонную конструкцию укладывают гидро- и теплоизолирующий слой, в качестве которого чаще всего выступает пенопласт с подклеенной фольгой с напечатанной сеткой, облегчающей монтаж спиралей труб с определенным в проекте шагом. Трубы для подачи горячей воды раскладывают непосредственно на пенопласте и крепятся при помощи клипс, вбитых в пенопласт. Их заливают бетонной стяжкой с пластификатором, поверх которого настилают покрытие чистого пола. Требуемая толщина бетонной отливки над трубами составляет 5 см, что

сводится к толщине совокупного слоя бетона около 6,5 см, отчитываемого от поверхности пенопласта. Толщина тепловой изоляции зависит от назначения перекрытия:

- для перекрытия над обогреваемыми помещениями необходимо принимать толщину пенопласта 3 см;
- для перекрытия над неотапливаемыми помещениями или полов на грунте необходимо принимать толщину пенопласта 5 см (рис.15).



Рис.15 Устройство конструкции пола с мастичным покрытием с системой отопления горячей водой, встроенной в стяжку

В качестве покрытия можно выделить четыре основных типа:

- керамика, глазурь, камень;
- синтетический материал;
- паркет, ковер средней толщины;
- толстый паркет, толстый ковер.

Различают два способа укладки труб в греющем контуре: зигзагообразный (мандрическая спираль) и с двойной подводкой (обратная магистраль укладывается с “поворотом” между витками приточной трубы) (рис.16).

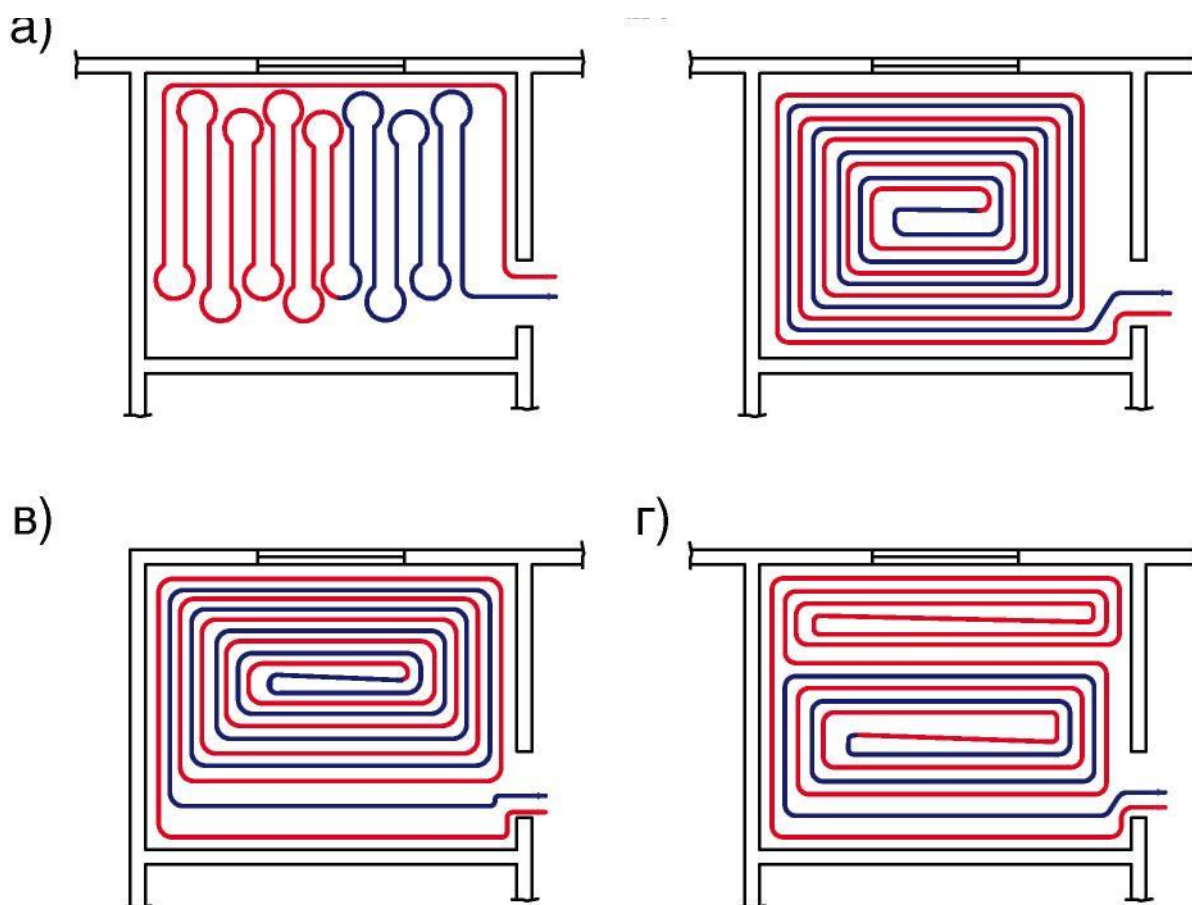


Рис.16 Способы укладки труб в греющем контуре напольного отопления

Расстояние между соседними трубами греющего контура (шаг укладки труб) следует принимать равным от 0,1 до 0,35 м. Расстояние от наружных стен до труб греющего контура должно быть равно шагу укладки труб. С целью увеличения температуры пола и тепловой производительности рекомендуется “сгущение” шага труб у наружных стен.

Допустимые значения температуры поверхности обогреваемых полов следует принимать:

- для поверхностей полов с нормальными условиями эксплуатации не более 28 °С;
- для бань, плавательных бассейнов и ванных комнат не более 33 °С;
- для редко используемых зон помещений вдоль стен и в районе окон не более 38 °С.

Рекомендуемые температуры теплоносителя составляют: 55-45°С; 50-40°С; 45-35°С; 40-30°С.

Для водообогреваемых полов применяются металлопластиковые или полипропиленовые трубы.

В контуре допускаются потери давления до 20 кПа. Общая длина контура не должна превышать 100 м; одним контуром обогревают не более 20-40 м² площади пола с максимальным размером стороны 8 м. Для отопления больших помещений используют несколько контуров.

5. Последовательность теплового и гидравлического расчетов систем напольного отопления

Расчет выполняют в следующей последовательности и сводят в табл.11, 12.

1. Выбирается тип пологового покрытия.
2. Удельная теплоотдача контура, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ определяется по затратам тепла помещения и площади по формуле:

$$q = \frac{Q}{A_{\text{п}}}, \quad (8)$$

где Q – тепловая нагрузка на контур, Вт;

$A_{\text{п}}$ – площадь, занимаемая контуром напольного отопления, м².

3. По средней температуре теплоносителя в спирали и температуре воздуха в помещении, пользуясь табл. 28-31 [9] для соответствующего покрытия пола помещения, выбирают шаг укладки трубопроводов контура b , м, для которого эффективность тепла близка к определенной по формуле (8). При этом температура поверхности пола не должна превышать допустимое значение.
4. Расход теплоносителя G , кг/ч в расчетном контуре напольного отопления определяют по формуле:

$$G = \frac{3.6 \cdot Q}{c \cdot \Delta t}, \quad (9)$$

где c – удельная теплоемкость воды, $c=4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

Δt – расчетная разность температур подающего и обратного теплоносителя, °C, определяется по формуле

$$\Delta t = (t_{\text{г}} - t_{\text{о}}), \quad (10)$$

где $t_{\text{г}}, t_{\text{о}}$ - соответственно температуры теплоносителя на входе и выходе его из контура напольного отопления.

5. Длина трубопровода в контуре L , м, определяется по формуле:

$$L = \frac{A_{\text{п}}}{b}, \quad (11)$$

6. Гидравлическое сопротивление контура ΔP_t , Па, определяется по формуле:

$$\Delta P_t = 1,3 \cdot L \cdot R \quad (12)$$

где R – удельные потери давления на трение вследствие трения о стенки трубы в контуре напольного отопления, Па/м. Определяются по табл.32 [9]. Исходные данные для расчета контуров напольного отопления сведены в таблицу 11.

Таблица 1- Исходные данные для расчета контуров напольного отопления

№ помещения	Расчетные теплопотери помещения	Площадь пола, выделенная для контура напольного отопления, $A_{\text{п}}, \text{м}^2$	Обозначение контура	Материал покрытия пола
101	3420	40	«А»	Керамическая плитка
...

Таблица 2 - Результаты расчета контуров напольного отопления

№ помещения	Обозначение контура	Материал покрытия пола	Площадь контура $A_{\text{п}}, \text{м}^2$	Тепловой поток контура $Q, \text{Вт}$	Расход $G, \text{кг/ч}$	Диаметр труб, $d, \text{мм}$	Шаг $b, \text{м}$	Длина труб $L, \text{п.м.}$	Потери давления $\Delta p_t, \text{кПа}$
101	«А»	керамическая плитка	18	1115	96,3	16x2	0,3	54	5,41
...

Расчетные формулы (8)-(12) применяются совместно при разнообразных вариантах расчетов контуров напольного отопления.

Контуры напольного отопления, подключенные параллельно к распределителю, должны иметь одинаковую температуру на входе.

Площадь пола $A_{\text{п}}$, занимаемую контуром напольного отопления, необходимо заполнить спиралью с шагом b .

Из-за значительной тепловой инерционности напольное отопление рекомендуется применять комплексно с конвективным, разделяя между ними тепловую нагрузку помещения. При этом применяются различные варианты автоматизации системы.

4. Схемы подключения систем напольного отопления

В случае функционирования совместно с радиаторным отоплением, работающим с более высокими параметрами, применяются смесительные системы, понижающие температуру теплоносителя на подаче напольного отопления.

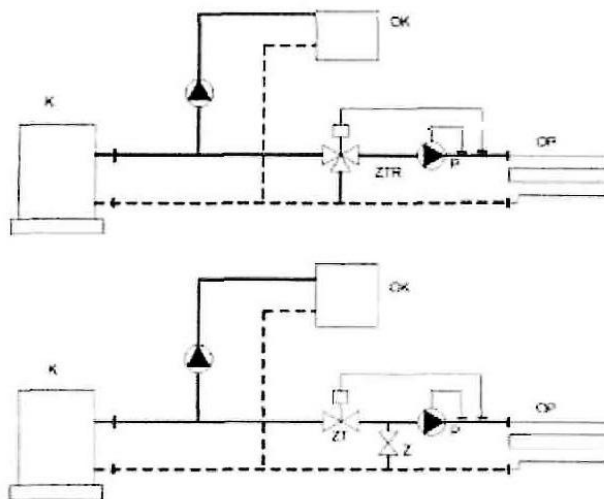


Рис.17 Центральные смесительные системы

ОК –отопление конвективное; ОР – напольное отопление; Р - насос; ZT – вентиль термостатический; ZRT – вентиль термостатический трехходовой; Z – вентиль обходной.

Систему отопления возможно полностью проектировать на температуру $t_r=55^{\circ}\text{C}$ только в том случае, если напольное отопление обслуживает все здание, а конвективные отопительные приборы включаются время от времени. В этом случае отопительные приборы необходимо подключать параллельно либо в ряд с контурами напольного отопления.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Отопление [Электронный ресурс] : Учеб. для вузов / Махов Л.М. - М. : Издательство АСВ, 2019. - <https://www.studentlibrary.ru/ru/pages/catalogue.html/> Авторы Махов Л.М. Издательство АСВ Год издания 2019 Прототип: Электронное издание на основе: Отопление. Учеб. для вузов: - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2019. - 400 с. - ISBN 978-5-93093-961-3.
2. Вентиляция [Электронный ресурс] : Учебное издание / Под общей ред. проф. В.Н. Посохина. - М. : Издательство АСВ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN89785432301024.html> Авторы Посохин В.Н., Сафиуллин Р.Г., Бройда В.А. Издательство АСВ Год издания 2015 Прототип: Электронное издание на основе: Вентиляция: Учебное издание / Под общей ред. Проф. В.Н. Посохина. - М.: Издательство АСВ, 2015. - 624 с. - ISBN --.
3. Тиатор, И. Отопительные системы / И. Тиатор ; пер. с нем. Т. Н. Зазаевой ; под ред. Н. Д. Маловой .— М. : Техносфера:Евроклимат : Евроклимат, 2006 .— 272 с. : ил. — (Библиотека климатехника) .— Библиогр. в конце кн. — Предм. указ.: с. 270-271 .— ISBN 5-94836-078-4 (в пер.) : 227,30 .— ISBN 3-8023-1880-3 (нем.)
4. Свистунов, В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропро-мышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства : учебник для вузов / В.М.Свистунов, Н.К.Пушняков .— 2-е изд. — СПб. : Политехника, 2007 .— 423с. : ил. — (Учебник для вузов) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-7325-0349-8 /в пер./ : 355.90.
5. Свод правил СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. Введ. 17.06.2017. М. : АО "Кодекс", 2016. 80 с.
6. Справочник проектировщика: Внутренние санитарно-технические устройства.— в 3-х частях/ Под ред. И.Г.Староверова. Ч.1. Отопление – М.: Стройиздат, 1990 – 343 с.
7. Применение средств автоматизации «Данфосс» в системах водяного отопления многоэтажных зданий, пособие ООО «Данфосс», Москва, 2007 г.
8. Балансировочные клапаны, каталог ООО «Данфосс», Москва, 2008 г.

9. Радиаторные терморегуляторы и запорно-присоединительная арматура, каталог ЗАО «Данфосс», Москва, 2006 г.
8. Трубопроводная арматура, каталог ООО «Данфосс», Москва, 2007 г.
9. Типовая технологическая карта по устройству обогреваемых полов с эпоксидным мастичным покрытием/- М.:АОЗТ ЦНИИОМТП,2002.- 15с.