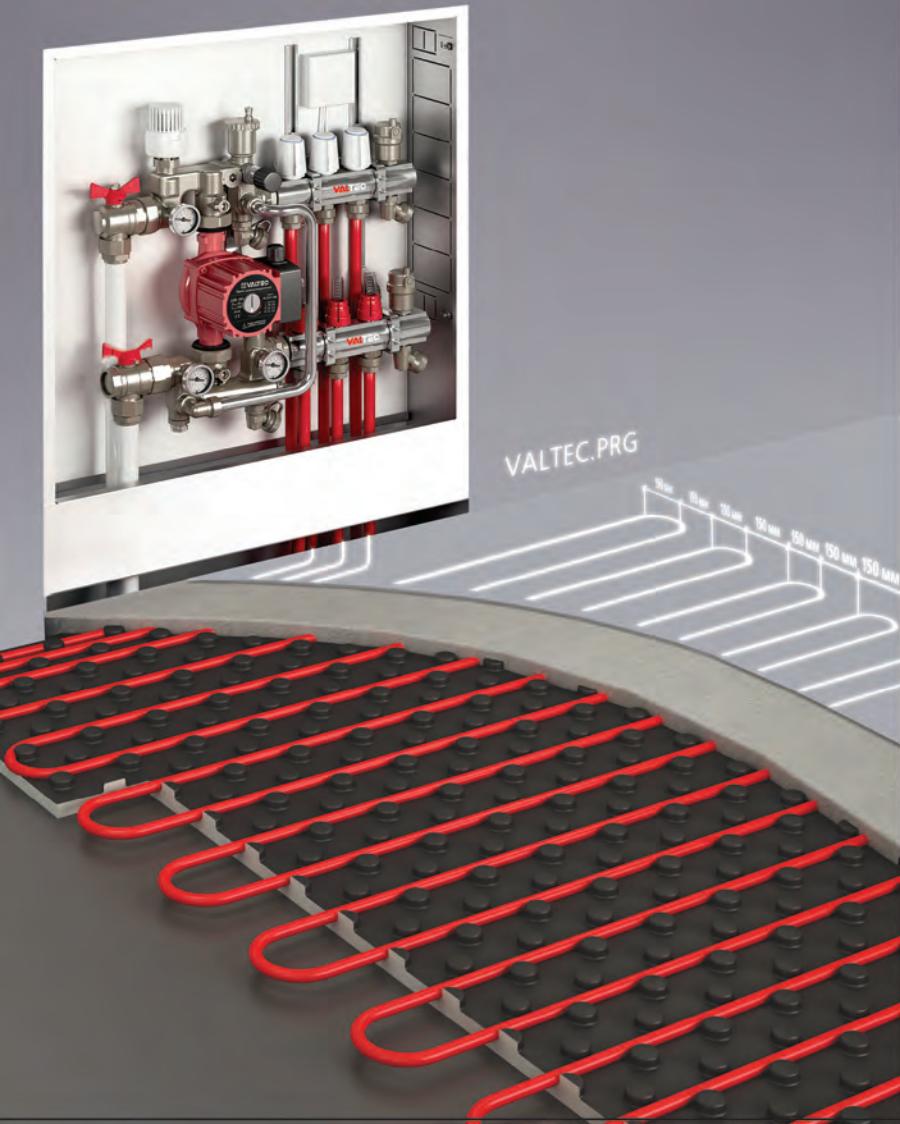




ВОДЯНОЙ ТЁПЛЫЙ ПОЛ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОНТАЖ, НАСТРОЙКА



www.valtec.ru



ВОДЯНОЙ ТЁПЛЫЙ ПОЛ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОНТАЖ, НАСТРОЙКА
(третья редакция)

2022

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения о тёплых полах

1.1. Преимущества и недостатки напольного отопления	4
1.2. Заблуждения, касающиеся тёплых полов	7
1.3. Возможности напольного отопления	9
1.4. Немного истории	12

2. Конструкции и материалы

2.1. Конструктивные решения водяных тёплых полов	13
2.1. Трубы для устройства тёплого пола	14
2.3. Способы раскладки петель тёплого пола	15
2.4. Устройство краевых зон	18
2.5. Требования к стяжке	19
2.6. Требования к утеплителю	20
2.7. Крепление труб	22
2.8. Армирование стяжки	24
2.9. Требования к чистовому покрытию пола	24
2.10. Паро – и гидроизоляция	25
2.11. Деформационные швы	26

3. Оборудование

3.1. Коллекторы и коллекторные блоки	27
3.2. Дополнительная арматура коллекторных блоков	28
3.3. Коллекторные (распределительные) шкафы	30
3.4. Насосно-смесительные узлы	32
3.4.1. Насосно-смесительные узлы VT.Combi и VT.Combi.S.180M	34
3.4.2. Насосно-смесительный узел VT.Dual	36
3.4.3. Насосно-смесительный узел VT.Valmix	37
3.4.4. Насосно-смесительный узел VT.Technomix	37
3.4.5. Сравнение насосно-смесительных узлов VALTEC	38
3.5. Безнасосные регулирующие узлы для тёплого пола	39
3.5.1. Монтажные комплекты VT.IC-BOX	39
3.5.2. Тёплый пол на базе регулятора RTL	42

4. Настройка оборудования

4.1. Балансировка петель тёплого пола	44
4.2. Настройка балансировочного клапана вторичного контура	51
4.3. Настройка балансировочного клапана первичного контура	54
4.4. Подбор насоса	56
4.5. Насосно-смесительные модули системы VT.Varimix	59
4.6. Насосно-смесительные узлы поэлементной сборки	62

5. Автоматическое регулирование напольного отопления

5.1. Задачи автоматического регулирования	64
5.2. Комнатные терmostаты	66
5.3. Зональный коммуникатор	82
5.4. Погодозависимое регулирование	85
5.5. Контроллер VT.K300	88

6. Расчёт тёплого пола

6.1. Задачи теплотехнического расчёта тёплого пола	94
6.2. Метод коэффициентов	95
6.3. Аналитический метод	98
6.4. Особенности расчёта при использовании краевых зон	101
6.5. Графический метод расчёта	102
6.6. Табличный метод расчёта	105

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Нормативные требования к тёплым полам	107
2. Гидравлические характеристики полимерных и металлополимерных труб ...	109
3. Коллекторы и коллекторные блоки VALTEC	110
4. Коллекторные шкафы VALTEC	115
5. Таблица подбора коллекторных шкафов VALTEC	116
6. Состав насосно-смесительного узла VT.Combi	117
7. Состав насосно-смесительного узла VT.Dual	120
8. Состав насосно-смесительного узла VT.Valmix	122
9. Состав насосно-смесительного узла VT.Technomix	123

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЁПЛЫХ ПОЛАХ

1.1 ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАКИ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Водяные тёплые полы прочно вошли в арсенал инженерного оборудования дома благодаря созданию ими максимально комфортного для человека и домашних животных температурного режима по сравнению с привычным радиаторным отоплением.

Радиаторное отопление, поддерживая требуемую среднюю температуру воздуха в помещении, даёт далеко не идеальное распределение температур по высоте, так как основная доля тепловой энергии радиатора передаётся в помещение с помощью конвекции. При этом основной восходящий конвективный поток сосредоточен в прирадиаторной зоне. Он перемещает воздух по потолку и затем неравномерно распределяет нагретый воздух по объёму помещения.

Зона комфортной температуры (20-21 °C) при радиаторном отоплении располагается на уровне груди стоящего человека (150 см). Ниже уровня 40 см от пола температура воздуха не превышает 16-17 °C, а припотолочный воздух прогревается до температуры 23-24 °C.

Применение напольного лучистого отопления приводит к вертикальному распределению температур, близкому к идеальному ([см. рис. 1.1.1](#)).

Напольное отопление не создаёт таких мощных конвективных потоков, как радиаторы, а тем более – конвекторы, так как температура нагревающей поверхности полов намного ниже, чем у традиционных нагревательных приборов. При этом циркуляция пыли в помещении существенно снижается.

С точки зрения интерьера, отсутствие в нём таких казалось бы неизбежных элементов, как стояки и нагревательные приборы, позволяет в полной мере использовать площадь комнаты для размещения элементов мебели и внутреннего убранства.

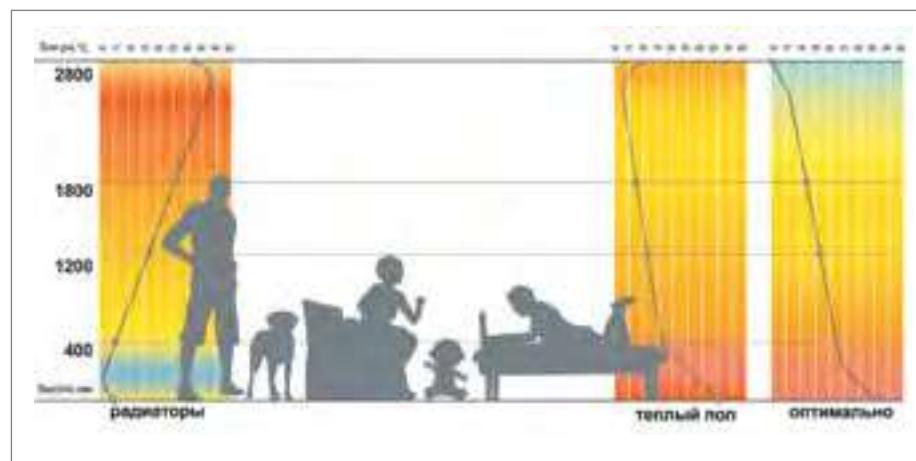


Рис. 1.1.1. Графики распределения температуры по высоте помещения

Кроме водяных тёплых полов в настоящее время достаточно широко применяются и электрические тёплые полы, которые, с точки зрения монтажа, менее трудоёмки. Однако следует иметь в виду, что отопление электричеством – одно из самых дорогих в эксплуатации ([см. таблицу 1.1.1](#)).

Таблица 1.1.1. Сравнительная стоимость 1 кВт тепловой энергии

Источник тепла	Цена на 01.12.2021 г. в Ленинградской области	Теплотворная способность	Стоимость 1 кВт
Газ природный	6,8 руб./м ³	9,3 кВт/м ³	0,91* руб./кВт
Дрова	3,4 руб./кг	4,2 кВт/кг	1,00* руб./кВт
Пеллеты	10,6 руб./кг	4,7 кВт/кг	2,82* руб./кВт
Уголь	6 руб./кг	7,5 кВт/кг	1,00* руб./кВт
Сжиженный газ	53 руб./кг	12,5 кВт/кг	5,3* руб./кВт
Солярка	53 руб./кг	11,9 кВт/кг	5,56* руб./кВт
Электроэнергия	4,7 руб./кВт·ч		4,7 руб./кВт
Центральное отопление	2600 руб./Гкал	(1648 кВт/Гкал)	1,58 руб./кВт

*Примечание: *КПД теплогенератора принят 80%.*

Пользуясь [таблицей 1.1.1](#) можно вычислить, что в условиях Санкт-Петербурга, где отопительный период продолжается 200 суток, водяные тёплые полы площадью 100 м² с удельным тепловым потоком 60 Вт/м², подключённые к котлу на природном газе, обойдутся дешевле электрических полов на:

$$200 \times (4,7 - 0,91) \times 24 \times 100 \times 0,06 = 109152 \text{ руб./сезон.}$$

Кроме всего прочего, электрические тёплые полы являются источником электромагнитного излучения, пусть даже достаточно слабого, но навряд ли полезного.

Достаточно важным преимуществом тёплого пола является его способность к саморегуляции. Именно относительно низкая температура поверхности пола позволяет данному эффекту проявлять себя в значительно большей степени, чем при радиаторном отоплении.

Эффект саморегуляции можно пояснить на простом примере.

Зависимость изменения теплового потока радиатора от температуры воздуха в помещении можно описать [формулой 1.1.1](#):

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{t_p - t_1}{t_p - t_2} \right)^{1,3} \quad (1.1.1)$$

где:

Q_1 и Q_2 – тепловые потоки от радиатора

при условиях соответственно 1 и 2, Вт;

t_p – средняя температура поверхности радиатора, °C;

t_1 и t_2 – температура воздуха при условиях соответственно 1 и 2, °C.

Если принять среднюю температуру радиатора 70 °C, то увеличение температуры воздуха на 1 °C уменьшит тепловой поток от радиатора всего на 2,7%.

Зависимость изменения теплового потока от тёплого пола выражается формулой 1.1.2:

$$\frac{q_1}{q_2} = \left(\frac{t_n - t_1}{t_n - t_2} \right)^{1,1} \quad (1.1.2),$$

где:

q_1 и q_2 – удельные тепловые потоки от тёплого пола при условиях соответственно 1 и 2, Вт/м²;

t_n – средняя температура поверхности пола, °C;

t_1 и t_2 – температура воздуха при условиях соответственно 1 и 2, °C.

Приняв температуру пола 26 °C, можно отметить, что увеличение температуры воздуха на 1 °C снизит удельный тепловой поток от пола на 22%. Если же температура воздуха в помещении пола повысится до 26 °C, то никаких теплопоступлений от пола в помещение вообще не будет.

Основные достоинства и недостатки напольного отопления сведены в таблицу 1.1.2.

Таблица 1.1.2. Преимущества и недостатки напольного отопления

№	Преимущества по сравнению с радиаторным отоплением	Недостатки по сравнению с радиаторным отоплением
1	Распределение температур по высоте помещения близко к идеальному	Первоначальные затраты на устройство напольного отопления выше, чем на радиаторное
2	Отсутствие мощных конвективных потоков, вызывающих циркуляцию пыли в помещении	Тёплые полы несколько уменьшают внутренний объём помещения за счёт конструкции «пирога»
3	Не создают опасности термического ожога маленьких детей и людей в неадекватном состоянии	Существует опасность случайного повреждения скрытых в стяжке труб при проведении каких-либо ремонтных работ
4	Отопительные приборы отсутствуют, что позволяет использовать пространство стен для расстановки мебели. Отопительные приборы не «вмешиваются» в интерьер помещения	Часть тёплого пола работает со сниженной эффективностью, если над ним расположена мебель
5	Равномерный прогрев помещения без застойных зон	Не все материалы финишного покрытия пола годятся для использования с тёплыми полами
6	Снижается вероятность простудных заболеваний из-за соприкосновения участков тела с полами, которые имеют высокую теплопроводность (бетон, камень, плитка и т. п.)	Случайное превышение температуры теплоносителя сверх расчётного может повредить финишное покрытие пола
7	Температурная саморегуляция тёплых полов. С повышением температуры воздуха в помещении тепловой поток от пола снижается	–
8	Снижается вероятность аллергических заболеваний, так как снижается концентрация пыли в воздухе	–

1.2 ЗАБЛУЖДЕНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ ТЁПЛЫХ ПОЛОВ

Заблуждение 1. Тёплые полы сушат воздух.

При температуре +10 °C и влажности 40% один кубический метр воздуха весит 1,2466 кг и содержит 3,7 г влаги. При нагревании воздуха до 20 °C за счёт объёмного температурного расширения вес одного кубометра снижается до 1,2041 кг/м³, а влагосодержание уменьшается до 3,5 г/м³. При этом относительная влажность падает до 20%. То есть, воздух становится существенно суще. Однако это происходит при любом способе отопления, хоть радиаторами, хоть инфракрасными обогревателями, хоть тёплым полом. Просто воздух расширяется при нагревании, и в одном и том же объёме его становится меньше в весовом выражении. Так что тёплый пол сушит воздух ничуть не больше других источников тепла.

Заблуждение 2. Тёплые полы передают тепло только излучением.

Коэффициент теплоотдачи поверхности пола складывается из коэффициента теплоотдачи излучением α_u и коэффициента теплоотдачи конвекцией α_k . Оба этих коэффициента можно рассчитать по формулам 1.2.1 и 1.2.2:

$$\alpha_u = 5,3 \cdot \frac{\left(\frac{273 + t_m}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + t_e}{100} \right)^4}{t_m - t_e}, \text{ Вт/м}^2 \text{ К} \quad (1.2.1)$$

$$\alpha_k = 3,6(t_m - t_e)^{0,185}, \text{ Вт/м}^2 \text{ К} \quad (1.2.2),$$

где:

t_m – температура поверхности пола, °C;

t_e – температура воздуха в помещении, °C

График зависимости этих двух коэффициентов от разности температур $\Delta t = t_m - t_e$ представлен на рис. 1.2.1.



Рис. 1.2.1. Зависимость α_u и α_k от Δt

По этому графику видно, что радиационная составляющая при малой Δt действительно преобладает над конвекционной, но с ростом разницы температур конвекция растёт и примерно при $\Delta t=12^{\circ}\text{C}$ и конвекция, и излучение выравниваются. При большей разности температур конвекция начинает отвоёывать всё большую долю.

Таким образом, утверждение о том, что при тёплых полах отсутствует конвекция, неверно.

Заблуждение 3. Под мебелью петли тёплого пола укладывать не нужно.

Петли тёплого пола желательно укладывать по всей площади помещения, отступив от стен 15-20 см. Дело в том, что, если какой-то участок пола оставить «холодным», то на этом участке может образовываться конденсат, который приведёт к появлению плесени. Тем более, что под мебелью движение воздуха в помещении значительно ниже, чем на открытых участках.

Кроме того, мебель не всегда имеет неизменную «прописку» на одном и том же месте.

Заблуждение 4. Тёплый пол экономит энергию.

Если требуется нагреть жилое помещение, например до 20°C , а теплопотери помещения составляют 2000 Вт, то совершенно не важно, каким образом будет подаваться это количество тепла: радиаторами, тёплым полом, инфракрасным нагревателем или печкой. Обмануть физические законы пока никому не удавалось.

Сэкономить на обогреве можно либо увеличив термическое сопротивление ограждающих конструкций, либо использовать для получения тепловой энергии наиболее дешёвое в данный момент топливо (например: природный газ вместо электричества). А самый действенный способ экономии – это грамотная автоматизация отопительного процесса, при которой система будет чутко реагировать на любое изменение внешних и внутренних факторов, подавая в помещение именно то количество тепла, которое требуется в каждый определённый момент.

Заблуждение 5. В спальнях тёплый пол устанавливать нельзя.

Миф, придуманный приверженцами радиаторного отопления. Причем в качестве аргумента используется недостаток радиаторного отопления в неравномерном прогреве помещения, когда на высоте кровати (около 0,5 м) образуется зона пониженной температуры, которая якобы благоприятна для сна.

Простой комнатный хронотермостат с сервоприводом на петли тёплого пола позволит пользователю выбрать на период сна любую желаемую температуру. А вот прикроватные коврики уже не понадобятся.

Заблуждение 6. Тёплый пол вреден для здоровья.

Однако все мы в отпуске ходим по тёплому песочку на пляже и с удовольствием лежим на нём, хотя температура песка может достигать 50°C и выше. Температура же тёплого пола в помещениях обычно всего $25\text{--}26^{\circ}\text{C}$, а на дорожках бассейнов – 35°C .

Да и поговорка о том, где держать голову, а где ноги, тоже отрицает вредность тёплого пола.

1.3 ВОЗМОЖНОСТИ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

В ряде публикаций, посвященных теме напольного лучистого отопления, читателя упорно подталкивают к мысли, что в российских условиях тёплые полы могут быть лишь модным дополнением к традиционному радиаторному отоплению. А так ли это на самом деле, и как определить ту границу, до которой напольное отопление может полностью вытеснить радиаторное?

Чтобы получить ответы на эти вопросы для современных жилых зданий, необходимо обратиться к отечественным строительным нормативам.

В своде правил СП 50.13330.2016 введено понятие «удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания» (q_{ot}^{tp}). Эта характеристика численно равна расходу тепловой энергии на 1 m^3 отапливаемого объема здания в единицу времени при перепаде температуры в 1°C и имеет размерность $\text{Bt}/(\text{m}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$.

В этом же нормативном документе приведены таблицы нормируемой величины q_{ot}^{tp} (см. таблицу 1.3.1).

Таблица 1.3.1. Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий

Тип здания	Удельная характеристика, $\text{Bt}/(\text{m}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$, при количестве этажей							
	1	2	3	4,5	6,7	8,9	10,11	12 и выше
Жилые, многоквартирные, гостиницы, общежития	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,29
Поликлиники, интернаты, лечебные учреждения	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	0,311
Сервисного обслуживания, культурно-досуговые, технопарки, склады	0,266	0,255	0,243	0,232	0,232	–	–	–
Административные (офисы)	0,417	0,394	0,382	0,313	0,278	0,255	0,232	0,232

Определяющим фактором при оценке предельных значений удельного теплового потока от элементов системы панельного отопления является максимально допустимая температура поверхности пола (см. таблицу 1.3.2).

Таблица 1.3.2. Допустимые температуры поверхности пола

№	Наименование зоны	Допустимая температура, $^{\circ}\text{C}$	
		СП 60.13330.2020	DIN EN 4725-3
1	Постоянное пребывание людей	29	29
2	То же, во влажных помещениях	31	33
3	Временное пребывание людей	31	35
4	То же, во влажных помещениях	35	35
5	Максимальная температура по оси нагревательного элемента	35	–

Для определения максимального удельного теплового потока от тёплого пола (q), можно воспользоваться **формулой 1.3.1**, приведённой в европейском нормативе DIN EN 4725-3 для интервала температур внутреннего воздуха от 18 °C до 25 °C.

$$q = 8,92(t_n - t_e)^{1,1}, \text{ Вт}/\text{м}^2 \quad (1.3.1)$$

Где:

t_n – температура на поверхности пола, °C;

t_e – температура воздуха в обслуживаемом помещении, °C.

Приняв температуру внутреннего воздуха +20 °C и используя данные **таблицы 1.3.2**, можно получить значения удельного теплового потока от тёплого пола (без краевых зон) для различных типов помещений (**таблица 1.3.3**).

Таблица 1.3.3. Максимальный удельный тепловой поток от тёплого пола

№	Наименование зоны	Удельный тепловой поток, Вт/м ²	
		по СП 60.13330.2020	по DIN EN 4725-3
1	Постоянное пребывание людей	100	100
2	То же, во влажных помещениях	125	150
3	Временное пребывание людей	125	175
4	То же, во влажных помещениях	175	175

Для внутренней температуры воздуха +20 °C и высоте помещения 2,8 м требуемый удельный тепловой поток для помещений с постоянным пребыванием людей в жилых зданиях, гостиницах и общежитиях приведён в **таблице 1.3.4**.

Таблица 1.3.4. Требуемый удельный тепловой поток для жилых зданий, гостиниц и общежитий

Расчётная зимняя температура, °C	Требуемый удельный тепловой поток (Вт/м ²) при количестве этажей							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
0	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,29
-15	44,6	40,6	36,5	35,2	32,9	31,3	29,5	28,4
-16	45,9	41,7	37,5	36,2	33,9	32,2	30,3	29,2
-17	47,1	42,9	38,5	37,2	34,8	33	31,2	30
-18	48,4	44	39,6	38,2	35,8	33,9	32	30,9
-19	49,7	45,2	40,6	39,2	36,7	34,8	32,9	31,7
-20	51	46,4	41,7	40,2	37,6	35,7	33,7	32,5
-21	52,2	47,5	42,7	41,2	38,6	36,6	34,6	33,3
-22	53,5	48,7	43,7	42,2	39,5	37,5	35,4	34,1
-23	54,8	49,8	44,8	43,2	40,5	38,4	36,2	34,9
-24	56,1	51	45,8	44,2	41,4	39,3	37,1	35,7
-25	57,3	52,2	46,9	45,2	42,3	40,2	37,9	36,5
-26	58,6	53,3	47,9	46,2	43,3	41,1	38,8	37,4
-27	59,9	54,5	49	47,2	44,2	42	39,6	38,2
-28	61,2	55,6	50	48,2	45,2	42,9	40,5	39
-29	62,4	56,8	51	49,3	46,1	43,8	41,3	39,8

-30	63,7	58	52,1	50,3	47	44,7	42,1	40,6
-31	65	59,1	53,1	51,3	48	45,6	43	41,4
-32	66,2	60,3	54,2	52,3	48,9	46,4	43,8	42,2
-33	67,5	61,4	55,2	53,3	49,9	47,3	44,7	43
-34	68,8	62,6	56,2	54,3	50,8	48,2	45,5	43,8
-35	70,1	63,8	57,3	55,3	51,7	49,1	46,4	44,7

Как видно из таблицы 1.3.4. теплый пол в российских климатических условиях при соблюдении нормативных требований по тепловой защите способен возместить теплопотери через ограждающие конструкции в помещениях с высотой от пола до потолка 2,8 м.

Кроме того, при реальном проектировании должны учитываться следующие факторы:

- повысить средний удельный тепловой поток можно с помощью использования краевых зон с уменьшенным шагом труб или с повышенной температурой теплоносителя;
- планируя отопление помещений с помощью систем встроенного обогрева можно заложить в проект конструкцию ограждающих конструкций, удовлетворяющую возможностям проектной системы отопления. То есть, можно несколько увеличить сопротивление теплопередаче конструкций, тем самым снизив трансмиссионные теплопотери;
- сам человек тоже является своеобразным «теплогенератором», развивая даже в состоянии покоя «тепловую мощность» в 80-100 Вт (в зависимости от массы тела), что добавляет к теплопоступлениям в 5-8 Вт/м² с человека;
- в дополнение к тёплому полу можно использовать фрагментарное «настенное» отопление, при котором температура поверхности стены может достигать 40 °C (п.14.18. СП 60.13330.2020);
- в конце концов, пять суток в году, при которых (по статистическим данным) наблюдается расчётная зимняя температура, можно либо поступиться проветриванием, либо использовать какой-либо дополнительный источник тепла (например, тепловентилятор). Ведь в случае, когда температура наружного воздуха будет ниже расчётной, радиаторное отопление тоже не сможет обеспечить требуемую теплопотребность.

Приведёнными расчётами хотелось бы поколебать бытующее заблуждение, что «севернее Ростова тёплый пол не может конкурировать с радиаторным отоплением». Может и успешно конкурирует. В скандинавских странах более 45% жилых домов отапливаются с помощью различных безрадиаторных систем лучистого обогрева.

1.4 НЕМНОГО ИСТОРИИ

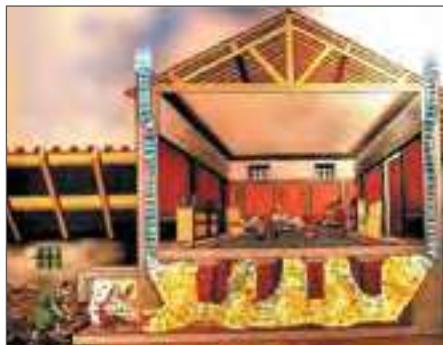


Рис. 1.4.1. Гипокаустум Древнего Рима



Рис. 1.4.2. «Тёплые полы» древних скандинавов

ния замка Мальброк (Пруссия). Дымоходы от подвальных печей этого замка пронизывали стены и перекрытия всего здания, а камни, из которых были выложены печи, помогали долго сохранять тепло.

Ещё одним доказательством древности использования человеком тёплых полов является устройство турецких бань (хамамов), где полы и лежанки подогревались горячим паром.

Начало XX века ознаменовалось изобретением циркуляционного насоса, который дал новую жизнь тёплым полам на основе водяного теплоносителя, трубы которого прокладывались в конструкции пола. До тех пор, пока для обогрева полов использовались медные и стальные трубы и существовала опасность их быстрой коррозии, водяные тёплые полы широкой популярностью не пользовались. В Советском Союзе их применяли в основном в групповых помещениях детских дошкольных учреждений.

С появлением лёгких и долговечных пластиковых и металлополимерных труб сфера применения водяных тёплых полов существенно расширилась.

2. КОНСТРУКЦИИ И МАТЕРИАЛЫ

2.1 КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ВОДЯНЫХ ТЁПЛЫХ ПОЛОВ

При устройстве водяных тёплых полов применяются два варианта конструктивных решений:

– «мокрый» способ, при котором нагревательным элементом становится монолитная плита из бетона или цементно-песчаного раствора с встроенными греющими трубопроводами ([см. рис. 2.1.1](#));

– «сухой» способ. В этом случае монолитная плита отсутствует, а равномерное распределение тепла от трубопроводов обеспечивается алюминиевыми или стальными оцинкованными теплораспределющими пластинами ([см. рис. 2.1.2](#)). Такая конструкция, как правило, используется при деревянных перекрытиях для облегчения общей нагрузки на балки перекрытия.

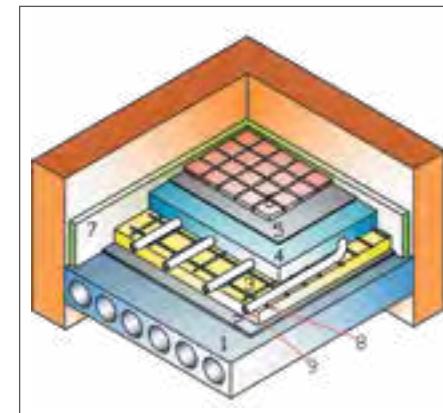


Рис. 2.1.1. Конструкция «мокрого» тёплого пола (пример)

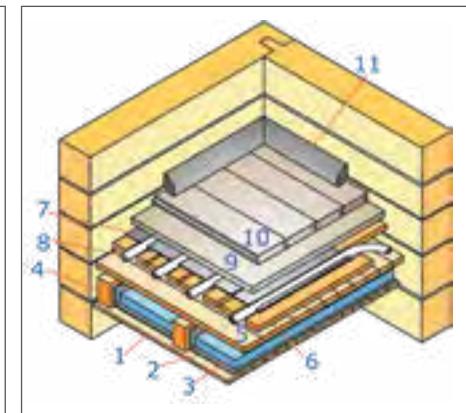


Рис. 2.1.2. Конструкция «сухого» тёплого пола (пример)

- 1 – основание (плита перекрытия);
- 2 – пароизоляция;
- 3 – слой утеплителя (пенополистирол);
- 4 – цементно-песчаная или бетонная стяжка;
- 5 – клеевой слой;
- 6 – чистовое напольное покрытие;
- 7 – демпферная лента;
- 8 – арматурная сетка;
- 9 – трубы тёплого пола.
- 1 – подшивка по лагам;
- 2 – пароизоляция;
- 3 – слой утеплителя (пенополистирол);
- 4 – лаги;
- 5 – чёрный пол;
- 6 – опорные бруски;
- 7 – теплораспределительная пластина;
- 8 – трубы тёплого пола;
- 9 – слой ГВЛ;
- 10 – дощатый пол;
- 11 – плинтус.

2.2 ТРУБЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ТЁПЛОГО ПОЛА

Для устройства водяного тёплого пола в квартирах и коттеджах наиболее распространёнными являются трубы на основе структурированного (сшитого) полиэтилена PE-X. В этом материале длинные цепочки макромолекул обычного полиэтилена «сшиты» между собой поперечными связями, что придаёт пластику повышенную прочность и термостойкость. В зависимости от метода сшивки трубы подразделяются на PE-Xa (пероксидный метод), PE-Xb (органосиланидный метод) и PE-Xc (радиационный метод).

Наиболее удобны в монтаже металлополимерные трубы композиции PE-X/AL/PE-X, в которых между слоями сшитого полиэтилена заключён слой алюминиевой фольги. Благодаря алюминию труба сохраняет приданную ей форму, меньше подвержена температурным деформациям и на 100% защищена от диффузии кислорода в теплоноситель. Напомним, что наличие кислорода в теплоносителе приводит к коррозии металлических деталей системы.

Не меньшей популярностью при устройстве тёплых полов пользуются также трубы PE-X/EVOH, в которых роль барьераного слоя от проникновения кислорода выполняет тонкий слой этиленвинилгликоля (EVOH).

Трубы из полиэтилена повышенной термостойкости PE-RT дешевле труб PE-X/AL/PE-X и PE-X/EVOH, однако, термостойкость таких труб ниже, так как этот материал занимает промежуточное положение между обычным и сшитым полиэтиленом. Физических поперечных связей между макромолекулами полимера в нём нет, а их взаимное сцепление обеспечивается наличием боковых октеновых ветвей (эффект липучки).

Трубы из PE-X/EVOH и PE-RT не сохраняют приданную им форму, поэтому при раскладке петель тёплого пола их надо немедленно надёжно фиксировать.

В номенклатуре VALTEC присутствуют все перечисленные типы труб ([см. таблицу 2.2.1](#)).

Таблица 2.2.1. Трубы VALTEC для устройства тёплых полов

№	Эскиз, материал трубы	Длина бухты, м	Наружный диаметр х толщина стенки, мм
1		40; 60; 80; 100; 200	16x2,0
		40; 60; 80; 100	20x2,0
2		100; 200; 600	16x2,0
		100; 200	20x2,0

3		200; 100; 50	16x2,2
		200	20x2,8
4		200	16x2,0
		200	20x2,0

2.3 СПОСОБЫ РАСКЛАДКИ ПЕТЕЛЬ ТЁПЛОГО ПОЛА

Шаг петель тёплого пола и диаметр труб должны определяться теплотехническими и гидравлическими расчётами.

Для облегчения задачи выбора шага петель можно воспользоваться практической [таблицей 2.3.1](#).

Таблица 2.3.1. Рекомендуемый шаг труб тёплого пола

Удельные тепловые потоки, Вт/м ²	Рекомендуемый шаг петель, мм
До 50	200
От 50 до 100	150
Свыше 100	100

Следует учесть, что шаг петель менее 100 мм трудно осуществить на практике из-за маленького радиуса изгиба трубы, а шаг более 250 мм не рекомендуется, так как возникает ощутимая неравномерность прогрева тёплого пола.

Существует несколько способов раскладки петель тёплого пола по помещению ([рис. 2.3.1](#)). Наиболее предпочтительным вариантом является укладка двойным меандром («улиткой»). По сравнению с раскладкой «змейкой» этот вариант имеет следующие преимущества:

- количество труб на 10-12% меньше;
- гидравлические потери ниже на 13-15%. Это объясняется тем, что при двойном меандре значительно меньше «калачей» (элементов поворота трубы на 180°);
- прогрев пола идёт более равномерно по всей площади из-за чередования подающей и обратной труб. Однако из-за этого же при такой раскладке не следует задавать расчётный перепад температур теплоносителя выше 5 °C.

Трубы тёплого пола нужно раскладывать таким образом, чтобы теплоноситель сначала поступал к наиболее холодным зонам помещения (окна, наружные стены). Трубы укладываются с отступом от стен и перегородок на 150 мм.

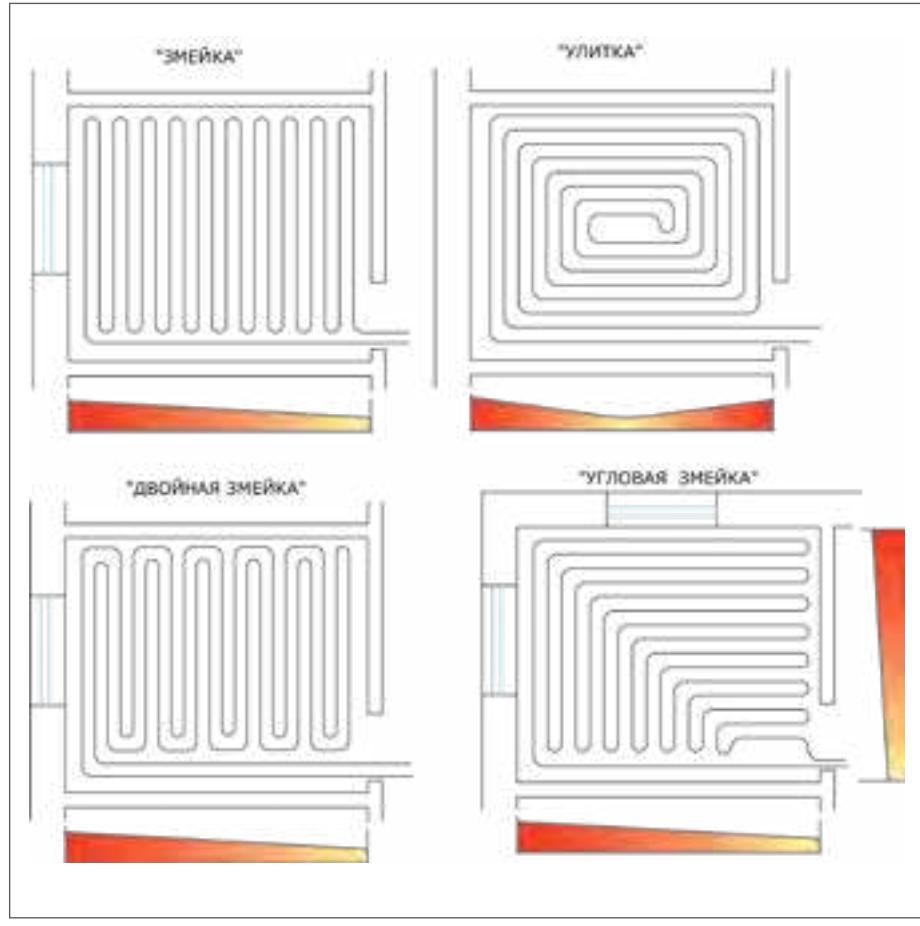


Рис. 2.3.1. Способы раскладки петель тёплого пола

Для равномерного прогрева греющей плиты тёплого пола трубы должны прокладываться по возможности параллельно друг другу.

Наращивать петли теплого пола допускается только с применением пресс-фитингов или надвижных (аксиальных) фитингов (при этом сопротивление фитингов включается в гидравлический расчет), т.к. они относятся к неразъёмным соединениям и могут замоноличиваться в строительные конструкции.

Максимальная длина одной петли тёплого пола определяется возможностями циркуляционного насоса. Для коттеджных и квартирных систем экономически целесообразной считается система напольного отопления, расчётные потери давления в которой не превышают 20 кПа (2 м вод. ст.).

Руководствуясь этим требованием, задавшись перепадом температур теплоносителя, шагом труб и температурой поверхности пола, можно рассчитать максимальную длину одной петли для конкретного типа труб (**таблица 2.3.2**).

Таблица 2.3.2. Максимальная длина петли при шаге труб 150 мм

Температура поверхности пола, °C	Максимальная длина петли (м) при перепаде температур теплоносителя 5 °C/10 °C, для труб размером		
	16x2,2	16x2,0	20x2,0
24	127/198	136/211	222/346
26	96/150	102/159	168/260
31	63/98	67/104	110/171
35	51/79	54/84	88/137

Площадь пола, обслуживаемая одной петлёй, зависит от принятого шага труб и в квадратных метрах примерно равна шагу труб, выраженному в сантиметрах. То есть, при шаге труб 15 см площадь обслуживаемого пола составляет ориентировочно 15 м².

Существенно облегчает работу по раскладке труб тёплого пола использование размотчика VT.RT.01 (**рис. 2.3.2**). Рулон трубы помещается на вращающуюся площадку размотчика, и его уже не требуется катать по всему помещению.

Подводящие участки труб от коллектора до обслуживаемой петлёй помещения следует теплоизолировать с помощью трубной изоляции или гофрокожуха (**рис. 2.3.3**). Это делается по двум причинам:

- во избежание перегрева пола на участках прокладки подводящих трубопроводов;
- теплопотери на подводящих участках, как правило, не учитываются при теплотехнических расчётах тёплого пола, а они, при достаточной удалённости петли от коллектора, могут быть весьма значительны.

После укладки труб следует выполнить исполнительную схему, где указать точную привязку осей труб. Это необходимо, чтобы при дальнейших работах или ремонте не повредить трубу.



Рис. 2.3.2. Размотчик VT.RT.01

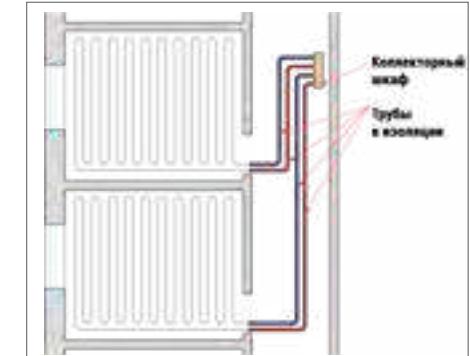


Рис. 2.3.3. Теплоизоляция подводящих участков трубопроводов

2.4 УСТРОЙСТВО КРАЕВЫХ ЗОН

В случае, когда напольное отопление не может полностью восполнить теплопотери помещения, можно попытаться компенсировать недостачу тепловой энергии устройством краевых зон. Краевые зоны – это участки тёплого пола с повышенной температурой поверхности пола, которые устраивают, как правило, вдоль наружных стен на ширину не более 1 м.

Повысить удельный тепловой поток в краевых зонах можно несколькими способами:

- уменьшить шаг труб (**таблица 2.4.1; рис. 2.4.1A**);
- использовать отдельную петлю с повышенной температурой теплоносителя (**рис. 2.4.1B**);
- использовать отдельную петлю с увеличенным диаметром трубы (**таблица 2.4.2**);
- использовать отдельную петлю с повышенной температурой теплоносителя, уменьшенным шагом и увеличенным диаметром труб.

Таблица 2.4.1. Влияние шага трубы на изменение удельного теплового потока (по отношению к шагу 15 см при толщине стяжки 30 мм)

Шаг труб, см	7,5	10	15	20	25	30
Изменение удельного теплового потока при прочих равных условиях, %	+10	+6,5	0	-5,5	-11	-16

Таблица 2.4.2. Влияние диаметра труб на изменение удельного теплового потока (по отношению к наружному диаметру труб 16 мм при толщине стяжки 30мм)

Наружный диаметр трубы, мм	12	16	20	25
Изменение удельного теплового потока при прочих равных условиях, %	-4	0	+4	+6

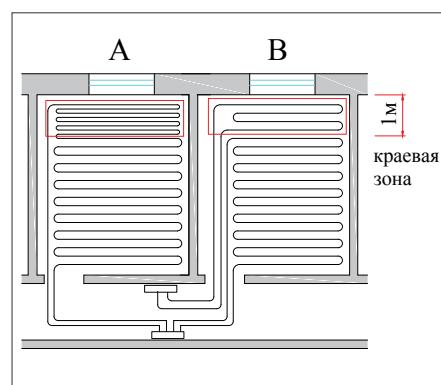


Рис. 2.4.1. Варианты устройства краевых зон тёплого пола

Применение отдельных петель с повышенной температурой теплоносителя имеет смысл использовать, когда имеется несколько помещений с краевыми зонами. В этом случае трубопроводы краевых зон можно обслуживать отдельным насосно-смесительным узлом.

В любом случае, температура поверхности пола в краевых зонах не должна превышать 31 °C, а также температуры, на которую рассчитано финишное напольное покрытие.

2.5 ТРЕБОВАНИЯ К СТЯЖКЕ

Стяжка тёплого пола должна обладать достаточной плотностью для снижения потерь тепла от трубопроводов, а также иметь достаточную прочность для восприятия нагрузок на пол.

Как правило, стяжка выполняется из цементно-песчаного раствора или бетона с использованием пластификатора.

Пластификатор позволяет сделать стяжку более плотной, без воздушных включений, что существенно снижает тепловые потери и повышает прочность стяжки.

Однако не все пластификаторы годятся для данной цели. Для тёплых полов выпускаются специальные невоздухововлекающие пластификаторы (например, «Силар» (**рис. 2.5.1**), Kilma Therm), основанные на мелкодисперсных чешуйчатых частицах минеральных материалов с низким коэффициентом трения.

Большинство же прочих используемых в строительстве пластификаторов являются воздухововлекающими, что в результате приведёт к понижению прочности и теплопроводности стяжки.

Как правило, расход пластификатора составляет 3-5 л на м³ раствора или бетона.

Минимальная толщина стяжки над трубами не должна быть меньше 30 мм. В случае, когда нужно выполнить стяжку 20 мм, над трубами должен укладываться дополнительный слой арматурной сетки. Тоньше 20 мм даже армированная стяжка быть не должна.

Причинами появления трещин в стяжке тёплого пола может быть низкая прочность утеплителя, некачественное уплотнение смеси при укладке, отсутствие в смеси пластификатора, слишком толстая стяжка (усадочные трещины). Чтобы избежать трещин, следует придерживаться следующих правил:

- плотность утеплителя (пенополистирола) под стяжкой должна быть не менее 35 кг/м³;
- раствор для стяжки должен быть удобоукладываемым (пластичным). Обязательно использовать пластификатор;
- чтобы избежать появления усадочных трещин, в раствор рекомендуется добавить полипропиленовую фибрю (**рис. 2.5.2**) из расчёта 1-2 кг фибры на 1 м³ раствора. Для силовых нагруженных полов для тех же целей используется стальная фибра.



Рис. 2.5.1. Пластификатор «Силар»



Рис. 2.5.2. Фибра полипропиленовая

Стяжка после заливки должна набрать достаточную прочность. Через трое суток в естественных условиях твердения (без подогрева) она набирает 50% прочности, за семь суток – 70%. Полный набор прочности до проектной марки происходит через 28 суток. Исходя из этого, запускать «тёплый пол» рекомендуется не ранее, чем через трое суток после заливки. Нужно помнить, что заливку раствором тёплого пола нужно производить, заполнив трубопроводы пола теплоносителем с давлением не ниже трёх бар.

В таблице 2.5.1 приведены рецепты рекомендуемых растворов для устройства стяжек тёплых полов, устраиваемых «мокрым» способом.

Таблица 2.5.1. Составы цементно-песчаных растворов

Марка раствора	Состав раствора в весовых частях				
	Вода	Цемент ¹	Песок ²	Фибра ПП ³	Пластификатор ³
150	0,55	1	3	0,005	0,012
200	0,48	1	2,8	0,005	0,012
300	0,4	1	2,5	0,004	0,011

Примечания:

1) Марки не менее 400.

2) Крупностью не менее 0,5 мм.

3) Рекомендуемое использование.

2.6 ТРЕБОВАНИЯ К УТЕПЛИТЕЛЮ

Слой утеплителя в конструкции тёплого пола уменьшает потери тепла в нижнем направлении, тем самым повышая коэффициент полезного действия напольного отопления (отношение теплового потока в направлении отапливаемого помещения к общему тепловому потоку от труб тёплого пола).

Кроме теплоизоляционных свойств утеплитель должен обладать прочностью, обеспечивающей восприятие нагрузок от собственного веса вышележащей конструкции пола и полезной нагрузки на пол. В наибольшей степени этим условиям удовлетворяют плиты из пенополистирола с плотностью не ниже 35 кг/м³.

Конструкция тёплого пола должна быть рассчитана на восприятие нагрузок, изложенных **в таблице 2.6.1**.

Таблица 2.6.1. Нагрузки на полы

Назначение помещения	Нагрузка, кг/м ²
Чердаки	70
Жилые, учебные, спальные, палаты больниц	150
Офисные, классы, бытовки, кабинеты, лаборатории	200
Обеденные залы в кафе, ресторанах, столовых	300
Места, где возможно скопление людей	400
Архивы, книгохранилища	500

При расчёте толщину слоя утеплителя надлежит определять из условия, чтобы потери тепла в нижнем положении не превышали 10% от общего теплового потока от труб.

Специально для устройства водяных тёплых полов выпускаются теплоизоляционные плиты с выступами для фиксации труб тёплого пола. Соединение плит между собой может выполняться по-разному. Например, в плитах «Экопол 20» соединение плит обеспечивается «пристёгиванием» выпуска покровного полистирольного слоя на соседнюю плиту (**рис. 2.6.1**).

А такие плиты, как «EasyFix» имеют пазо-гребневое соединение (**рис. 2.6.2**). Эти плиты выпускаются, как с покрытием из полистирола, так и без него.

Основные технические характеристики плит «Экопол 20» и «EasyFix» приведены **в таблице 2.6.2**.

Выступы плит выполнены таким образом, что обеспечивают шаг труб (растер) при прямой укладке кратный 50 мм, и при диагональной укладке – кратный 70 мм.

Способы крепления труб к плитам утеплителя, не имеющим выступов, изложены в следующем разделе.



Рис. 2.6.1. «Замковое» соединение плит «Экопол 20»

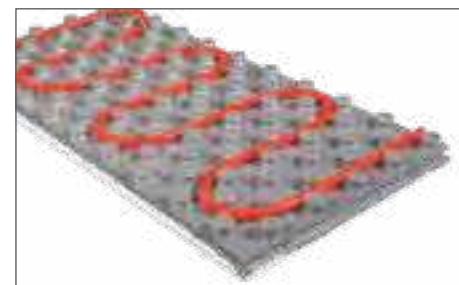


Рис. 2.6.2. Плита «EasyFix»

Таблица 2.6.2. Технические характеристики пенополистирольных плит для тёплого пола

№	Характеристика	Ед. изм.	Значение характеристики для плит:		
			«Экопол 20»	«EasyFix»	с покрытием
1	Толщина без выступов	мм	20	20	20
2	Размеры	м	1,1x0,8	1,0x0,5	1,0x0,5
3	Высота выступов	мм	18	20	20
4	Плотность	кг/м ³	30	45	45
5	Наружный диаметр фиксируемых труб	мм	16	16; 20	16; 20
6	Коэффициент теплопроводности	Вт/м К	0,035	0,036	0,036
7	Прочность на сжатие при 10% деформации	кПа	190	300	300
8	Предел прочности при изгибе	кПа	200	500	500
9	Шумопоглощение	дБ	30	23	23

2.7 КРЕПЛЕНИЕ ТРУБ



Рис. 2.7.1. Крепление труб между «бобышками» теплоизоляционных плит



Рис. 2.7.2. Крепление труб стяжными хомутиками к сетке



Рис. 2.7.3. Крепление труб к сетке с помощью пластиковых клипс



Рис. 2.7.4. Установка гарпунных скоб вручную

Крепление труб тёплого пола может осуществляться различными способами, как «кустарными», так и с использованием специальных крепёжных изделий и инструмента.

При использовании теплоизоляционных плит с выступами («бобышками»), как описано в предыдущем разделе, никакого дополнительного крепления труб не требуется, так как выступы обеспечивают надёжную фиксацию труб на теплоизоляции (рис. 2.7.1).

В случае, когда используются плиты без выступов, многие монтажники крепят трубы к арматурной сетке с помощью стяжных пластиковых хомутиков (рис. 2.7.2).

Крепление труб к сетке с помощью проволочных стяжек не допускается.

Имеются также специальные пластиковые клипсы, которые рассчитаны на крепление труб к арматурной сетке (рис. 2.7.3).

Достаточно удобны в работе пластиковые гарпунные скобы, надёжно фиксирующие трубы к плоской изоляции. Скобы можно устанавливать и вручную (рис. 2.7.4), однако, при использовании специального степлера для гарпунных скоб (такера), процесс крепления труб тёплого пола значительно ускоряется и не требует наклонного положения монтажника (рис. 2.7.5).

Расстояние между отдельными точками фиксации труб зависит от материала, из которого выполнена труба (см. таблицу 2.7.1).

Можно крепить трубы к изоляции специальными пластиковыми шинами-фиксаторами (рис. 2.7.6).

Таблица 2.7.1. Рекомендуемые максимальные расстояния между точками крепления труб тёплого пола

Тип трубы	Расстояния между точками крепления, см	
	на прямых участках	на углах поворота
PE-X/AL/PE-X	50	20
PE-X/EVOH	20	10
PE-RT	30	15

Например, шина SHM.1620 позволяет фиксировать трубы с наружным диаметром 16 и 20 мм. Она представляет собой пластиковый тракт длиной 50 см. Шину можно крепить гарпунными скобами к теплоизоляции (рис. 2.7.7), а также можно монтировать на бетонное основание с помощью дюбелей. С обоих торцов шины предусмотрены замки для крепления трактов между собой по длине. Ширина шины 40 мм, высота – 32 мм. Минимальный шаг укладки трубы при использовании данной шины – 50 мм. Шинны SHM.1620 поставляются в упаковках по 20 штук (10 м).

В местах выпуска труб из стяжки для подключения их к коллекторам рекомендуется устанавливать фиксаторы поворота (рис. 2.7.8). Это предохраняет сами трубы от повреждения, а стяжку – от растрескивания в местах примыкания к трубам. Особенно актуально применение фиксаторов поворота при использовании труб PE-X/EVOH и PE-RT, так как эти трубы не сохраняют приданную им при монтаже форму без надёжной фиксации. Кроме того, материал PE обладает эффектом памяти формы, поэтому при нагревании теплоносителя в них трубы будут стремиться выпрямиться.



Рис. 2.7.5. Крепление труб скобами с помощью такера VT.T.01



Рис. 2.7.6. Крепление труб тёплого пола с помощью шин-фиксаторов



Рис. 2.7.7. Крепление шины гарпунной скобой к теплоизоляции



Рис. 2.7.8. Фиксатор поворота VT.491 из оцинкованной стали (выпускаются для труб Dn16 и Dn20)

2.8 АРМИРОВАНИЕ СТЯЖКИ

Арматурная сетка в конструкции мокрого тёплого пола укладывается поверх слоя утеплителя. Сетка выполняет следующие функции:

- воспринимает растягивающие усилия при прогибах плиты тёплого пола;
- перекрывает каналы в слое утеплителя, когда в конструкции пола проложены трубопроводы других систем (радиаторное отопление, водопровод, канализация) (см. рис. 2.8.1);
- является удобным каркасом для крепления труб тёплого пола.

Ряд импортных производителей поставляет специальную оцинкованную сетку для тёплых полов с размерами ячей 150x150. В практике отечественного строительства чаще используется кладочная сетка из арматурной проволоки BpI Ø 5 мм с шагом ячей 50x50 мм.

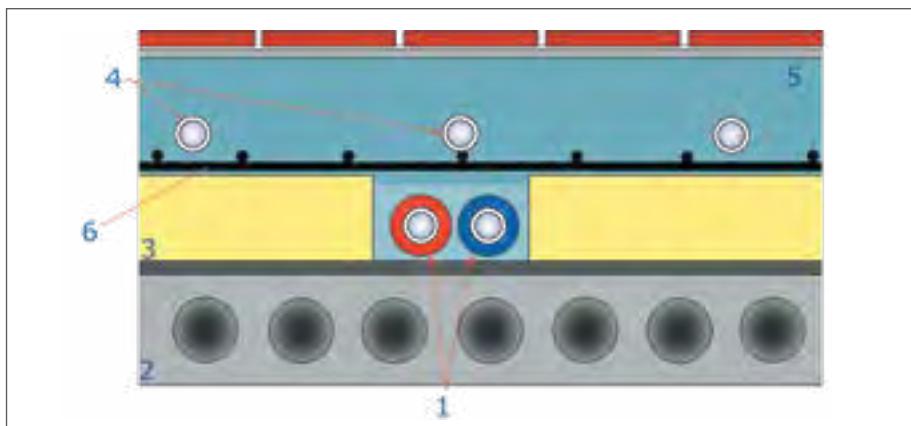


Рис. 2.8.1. Прокладка трубопроводов других инженерных систем в конструкции тёплого пола

- 1 – трубы радиаторного отопления;
2 – плита перекрытия;
3 – слой утеплителя (пенополистирол);
4 – трубы тёплого пола;
5 – стяжка;
6 – арматурная сетка.

2.9 ТРЕБОВАНИЯ К ЧИСТОВОМУ ПОКРЫТИЮ ПОЛА

Лучше всего эффект тёплого пола ощущается при напольных покрытиях из материалов с высоким коэффициентом теплопроводности (керамическая плитка, бетон, наливные полы, безосновный линолеум, ламинат и т. п.).

В случае использования ковролина, он должен иметь знак пригодности для использования на тёплом основании (рис. 2.9.1).

Прочие синтетические покрытия (линолеум, релин, ламинированные плиты, пластикат, плитка ПХВ и т. п.) должны иметь знаки об отсутствии токсичных выделений при повышенной температуре основания (рис. 2.9.2).

Паркет, паркетные щиты и доски также могут использоваться в качестве покрытия тёплых полов, но при этом температура на поверхности пола не должна превышать 26 °C и в состав смесительного узла обязательно должен входить предохранительный термостат. Надо также учитывать, что влажность материалов покрытия пола из естественной древесины не должна превышать 9%. Работы по укладке паркетного или дощатого пола разрешается вести только при температуре в помещении не ниже 18 °C и влажности не более 40%.

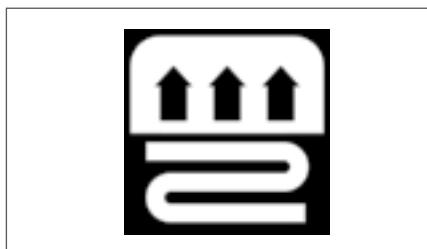


Рис. 2.9.1. Знак пригодности ковролина



Рис. 2.9.2. Знаки пригодности покрытия пола

2.10 ПАРО – И ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ

При «мокром» методе устройства тёплых полов по перекрытиям, если в архитектурно-строительной части проекта не предусмотрено устройство паро – или гидроизоляции, рекомендуется укладывать по выровненному перекрытию слой пергамина для предотвращения протекания через перекрытие цементного молока во время заливки стяжки, а также во избежание образования конденсата между утеплителем и бетонным основанием. Если же в проекте междуэтажная пароизоляция предусмотрена, то дополнительно гидроизоляцию устраивать не обязательно.

Во влажных помещениях (ванные, санузлы, душевые и т. п.), кроме пароизоляции под утеплителем, гидроизоляция устраивается в обычном порядке поверх стяжки тёплого пола.

Многие поставщики элементов систем тёплого пола рекомендуют поверх слоя утеплителя укладывать слой алюминиевой фольги. Выпускаются также готовые фольгированные теплоизоляционные маты и плиты.

В случаях, когда трубы тёплого пола устанавливаются в воздушной прослойке (например, в полах по лагам), фольгирование теплоизоляции позволяет отразить большую часть лучистого теплового потока, направленного вниз, тем самым увеличив КПД системы. Такую же роль играет фольга при устройстве поризованных (газо – или пенобетонных) стяжек.

Если же стяжка выполняется из плотной цементно-песчаной смеси, фольгирование теплоизоляции может быть оправдано только в качестве дополнительной гидроизоляции, так как отражающие свойства фольги в этом случае себя проявить не могут из-за отсутствия границы «воздух / твёрдое тело».

Нужно иметь в виду, что слой алюминиевой фольги, заливаемый цементным раствором, обязательно должен иметь защитное покрытие из полиэтиленовой пленки, в противном случае под воздействием высокощелочной среды цементного раствора ($\text{pH}=12,4$) алюминий быстро разрушится.

2.11 ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ШВЫ

Толщина деформационного шва в тёплых полах, выполненных по «мокрому» методу, рассчитывается, исходя из коэффициента линейного расширения цементно-песчаной стяжки $\alpha_{ct} = 13 \times 10^{-6} \text{ 1/}^{\circ}\text{C}$.

Для помещений с длинной стороной менее 10 м достаточно использовать шов толщиной 5 мм.

Деформационные швы в «мокрых» тёплых полах заполняются эластичным материалом расчётной толщины. Рекомендуется использовать для швов демпферную ленту из вспененного полиэтилена.

В общем случае расчёт шва в «мокром» тёплом полу ведётся по формуле:
 $b=0,55xL$, (2.11.1).

где:

b – толщина шва в мм;

L – длина помещения в метрах.

В случае использования в качестве шовного материала типовой ленты из вспененного полиэтилена толщиной 5 мм, необходимо устраивать деформационные швы в следующих местах:

- вдоль стен и перегородок;
- при размере плиты пола более 40 m^2 ;
- по центру дверных проемов (под порогом). Если тёплый пол расположен с двух сторон дверного проема, то демпферная лента под порогом укладывается в два слоя;
- при длине пола свыше 8 м;
- в местах входящих углов.

Трубы, пересекающие деформационный шов, должны быть проложены в гофрокожухе на расстоянии по 200 мм по обе стороны от шва. Идеальным является решение, когда труба пересекает шов под углом 45° (рис. 2.11.1).

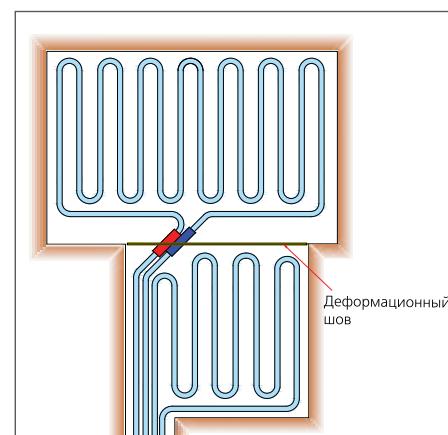


Рис. 2.11.1. Деформационный шов в помещении с входящими углами

3. ОБОРУДОВАНИЕ

3.1 КОЛЛЕКТОРЫ И КОЛЛЕКТОРНЫЕ БЛОКИ

Система напольного отопления может содержать до нескольких десятков петель, подключение которых рациональнее всего производить при помощи распределительных коллекторов и коллекторных блоков полной заводской готовности.

Для квартирных и коттеджных систем напольного отопления используются коллекторы с диаметрами условного прохода $3/4"$ и $1"$. Диаметр коллектора рассчитывается из условия, чтобы скорость теплоносителя в нём не превышала 1 м/с .

При подборе диаметра коллекторов можно воспользоваться таблицей 3.1.1.

Таблица 3.1.1. Диаметры коллекторов в зависимости от подключаемой тепловой мощности

Диаметр коллектора, дюйм	Тепловая мощность при расчётном перепаде температур, Вт		Расход теплоносителя, кг/с
	5 °C	10 °C	
3/4"	6 573	13 147	0,314
1"	10 271	20 542	0,491
11/4"	16 828	33 656	0,804

Коллекторы тёплых полов должны иметь в своём составе арматуру для отключения каждой отдельной петли, арматуру для выравнивания перепадов давления по петлям, устройство для выпуска воздуха и осушения системы. При оснащении системы комнатными терmostатами в состав коллекторов включаются регулирующие клапаны, на которые устанавливаются электротермические сервоприводы.

На рисунке 3.1.1 приведены примеры коллекторных блоков с расходомерами (A – VT.596) и с балансировочными клапанами (B – VT.594).

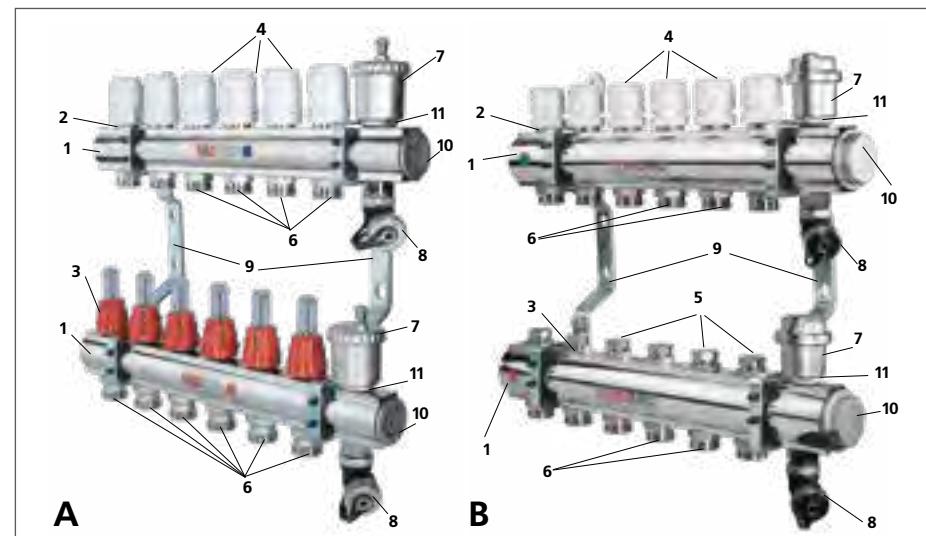


Рис. 3.1.1. Латунные коллекторные блоки VT.596 и VT.594

Блоки имеют в своём составе:

- подающий (с красной меткой) и обратный (с синей меткой) коллекторы **1**, с присоединёнными патрубками выходов **6**, к которым подключаются трубы петель тёплого пола;
- на обратном коллекторе установлены регулирующие клапаны **2** с колпачками ручной регулировки **4**. Колпачки могут быть заменены электротермическими приводами, работающими по командам комнатных терmostатов. Терmostаты и сервоприводы в комплект поставки коллекторных блоков не входят, и должны приобретаться отдельно;
- подающий коллектор оснащён либо регулировочными клапанами с расходомерами (ротаметрами) **3A**, либо ручными балансировочными клапанами **3B**, которые закрыты защитными резьбовыми заглушками **5**. С помощью клапанов на подающем коллекторе производится выравнивание перепадов давлений в петлях. Если этой балансировки не производить или сделать её некорректно, поток теплоносителя большей частью направится в менее протяжённую петлю, а требуемый расход в более длинных петлях не будет обеспечен;
- оба коллектора в блоках оборудованы автоматическими поплавковыми воздухоотводчиками **7** с отсекающими клапанами **11**. Отсекающий клапан позволяет демонтировать воздухоотводчик, не сливая теплоноситель из системы;
- дренажные краны **8** служат для спуска теплоносителя из коллекторов;
- коллекторные блоки крепятся к стене или распределительному шкафу с помощью пары сдвоенных кронштейнов **9**. Оси коллекторов разнесены по горизонтали (обычно на 32 мм), что даёт возможность свободно пропускать трубы верхнего коллектора позади нижнего.

Краткие сведения об изделиях для коллекторных систем торговой марки VALTEC приведены в [приложении 3](#).

3.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ АРМАТУРА КОЛЛЕКТОРНЫХ БЛОКОВ



Рис. 3.2.1. Байпас с перепускным клапаном VT.0667T (проходной)

В зависимости от выбранного типа коллекторного блока и насосно-смесительного узла, для удобной и длительной эксплуатации, коллекторы и коллекторные блоки могут быть оснащены дополнительным оборудованием.

В том случае, когда выбраны насосно-смесительные узлы без перепускного клапана, при закрытии всех петель коллектора насос будет работать «на закрытую задвижку», то есть вся энергия, потребляемая насосом, будет тратиться на нагрев самого насоса. Это неизбежно сократит срок его эксплуатации.

Чтобы избежать подобного явления, рекомендуется установить на коллекторный блок байпас с перепускным клапаном. Проходной байпас VT.0667T ([рис. 3.2.1](#)) устанавливается между коллекторным блоком и насосно-смесительным узлом. Он имеет встроенный термометр, который можно установить как на подающий, так и на обратный тройник. Тупиковый байпас VT.0666 ([рис. 3.2.2](#)) не имеет патрубков для термометра, и он устанавливается в торец коллекторного блока.



Рис. 3.2.2. Байпас с перепускным клапаном VT.0666 (тупиковый)



Рис. 3.2.3. Коллекторный тройник с термометром VT.4615



Рис. 3.2.4. Расходомер VT.FLC15

Коллекторный тройник с термометром VT.4615 ([рис. 3.2.3](#)) имеет присоединительные патрубки стандарта «евроконус» и может устанавливаться на каждую петлю как подающего, так и обратного коллекторов. Рациональнее располагать его на обратном коллекторе, так как в этом случае можно контролировать неравномерность остывания теплоносителя в разных петлях и, соответственно, корректировать балансировку петель.

Если установленный коллектор или коллекторный блок не имеет встроенных расходомеров (ротаметров), то этот пробел можно восполнить установкой расходомеров VT.FLC15 ([рис. 3.2.4](#)). Он имеет присоединительные патрубки стандарта «евроконус» и монтируется на обратном коллекторе. Правильное направление движения теплоносителя указано на корпусе прибора. Установка таких расходомеров значительно упрощает балансировку петель при наладке системы.



Рис. 3.2.5. Коллекторный тройник VT.530



Рис. 3.2.6. Коллекторный отвод VT.531

Большинство коллекторных блоков поставляется в комплекте с воздухоотводчиками и дренажными кранами. Если же их нет в составе комплекта, как например у блоков VT.582 и VT.584, то для организации удаления воздуха из петель тёплого пола и спуска воды можно оснастить коллекторы специальными тройниками VT.530 (**рис. 3.2.5**), которые имеют присоединительные размеры $1'' \times 1\frac{1}{2}'' \times 1\frac{1}{2}''$, устанавливаются в торец коллектора вместо резьбовой пробки и позволяют смонтировать на них ручной или автоматический воздухоотводчик и дренажный кран.

В случае, когда дренажный кран или воздухоотводчик по каким-либо причинам не требуется, можно обойтись коллекторным отводом VT.531 (**рис. 3.2.6**).



Рис. 3.3.1. Встраиваемый коллекторный шкаф (VT.540, ШРВ)



Рис. 3.3.3. Крепежные планки шкафа

Пристроенные (пристраиваемые) шкафы имеют фиксированную глубину. В связи с этим при выборе этих шкафов следует руководствоваться таблицей подбора, приведённой в **приложении 5**.

Выдвижные ножки как встраиваемых, так и пристраиваемых шкафов дают возможность изменять общую высоту шкафа в пределах 40 мм.

Для крепления коллекторов и коллекторных блоков распределительные шкафы имеют внутри две крепёжные планки, которые могут двигаться по направляющим полозьям, что даёт возможность подогнать их в соответствии с расстоянием между кронштейнами крепления коллекторов (**рис. 3.3.4**).



Рис. 3.3.1. Встраиваемый коллекторный шкаф (VT.540, ШРВ)

Коллекторы и коллекторные блоки, как правило, размещаются в коллекторных (распределительных) шкафах. Шкафы выпускаются во встраиваемом (**рис. 3.3.1**) и пристраиваемом (**рис. 3.3.2**) исполнении (**см. приложение 4**). Встраиваемые шкафы размещаются в нишах стен. Глубина таких шкафов может варьироваться от 125 до 195 мм за счёт раздвижных стенок, поэтому проблем с размещением в них насосно-смесительных узлов обычно не возникает.

Боковые стенки у таких шкафов не окрашены и имеют отгибные фиксаторы для крепления в нише (**рис. 3.3.3**).

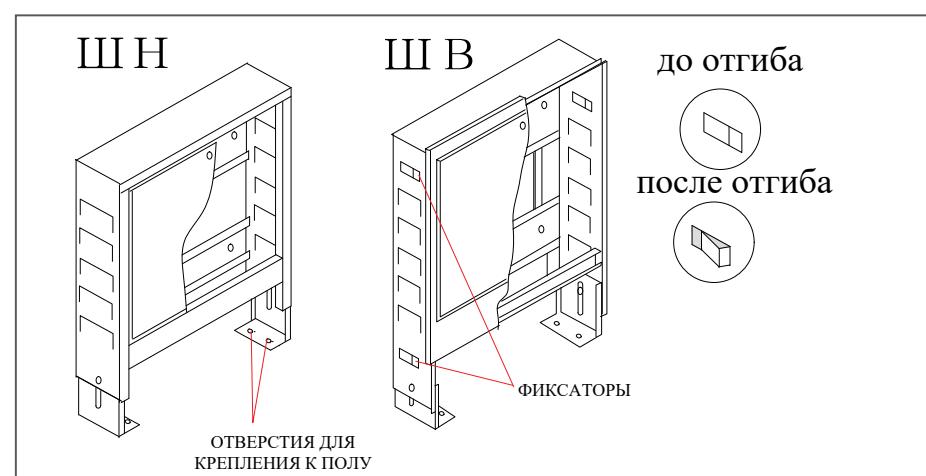


Рис. 3.3.4. Детали встраиваемых шкафов

3.4 НАСОСНО-СМЕСИТЕЛЬНЫЕ УЗЛЫ

Требуемый расход теплоносителя в любой системе водяного отопления подсчитывается по формуле 3.4.1.

$$G = \frac{Q}{c \cdot \Delta T}, \text{ кг/с} \quad (3.4.1)$$

где:

Q – тепловая мощность системы, Вт;

c – удельная теплоёмкость теплоносителя, Дж/кг °C;

ΔT – разность температур между прямым и обратным теплоносителем, °C.

В системах радиаторного отопления перепад температур ΔT обычно составляет порядка 20 °C, а в системах напольного отопления – $\Delta T = 5 \text{ }^{\circ}\text{C} \div 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Это значит, что для переноса одного и того же количества теплоты тёплые полы требуют расхода теплоносителя в 2÷4 раза больше.

Максимальная температура теплоносителя в системах тёплого пола, как правило, не превышает 55 °C, рабочее значение этого параметра обычно лежит в пределах 35÷45 °C.

В радиаторном же отоплении теплоноситель обычно подаётся с температурой 80÷90 °C.

В связи с этими двумя факторами неизменным атрибутом системы напольного отопления является узел смешения.

Насосно-смесительный узел системы тёплого пола должен выполнять следующие основные функции:

- поддерживать во вторичном контуре температуру теплоносителя ниже температуры первичного контура;
- обеспечивать расчётный расход теплоносителя через вторичный контур;
- обеспечивать гидравлическую увязку между первичным и вторичным контурами.

К вспомогательным функциям насосно-смесительного узла можно отнести следующие:

- индикация температуры (на входе и выходе);
- отсечение циркуляционного насоса шаровыми кранами для его замены или обслуживания;
- защита насоса от работы на «закрытую задвижку» с помощью перепускного клапана;
- аварийное отключение насоса при превышении максимально допустимой температуры теплоносителя;
- отведение воздуха из теплоносителя;
- дренирование узла.
- Принцип работы простейшего насосно-смесительного узла можно объяснить по тепломеханической схеме на рисунке 3.4.1.

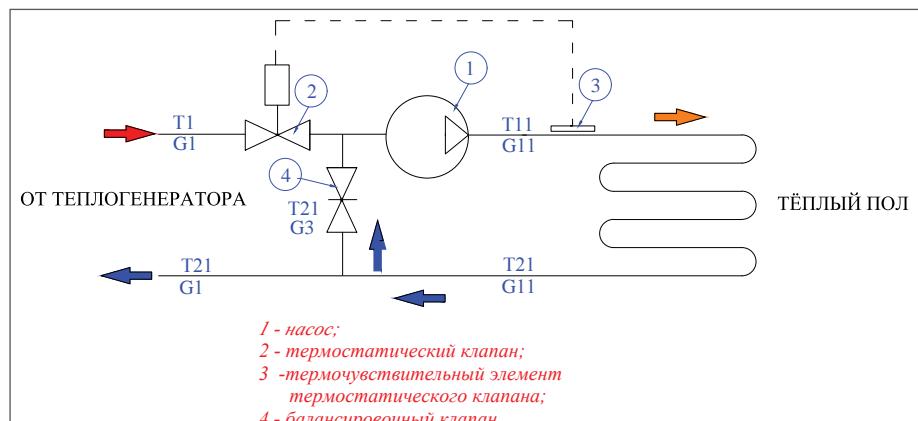


Рис. 3.4.1. Тепломеханическая схема простейшего насосно-смесительного узла

Нагретый теплоноситель поступает на вход насосно-смесительного узла от котла или стояка радиаторной системы отопления с температурой T_1 . На входе в узел установлен настраиваемый термостатический клапан **2**, на приводе которого выставляется требуемая температура теплоносителя, поступающего в тёплый пол T_{11} . Термочувствительный элемент **3** привода клапана располагается после насоса **1**. При повышении температуры T_{11} выше настроичного значения, клапан **2** закрывается, а при понижении – открывается, пропуская горячий теплоноситель на вход насоса. Пройдя по петлям тёплого пола, теплоноситель остывает до температуры T_{21} . Часть остывшего теплоносителя возвращается к котлу, а часть – через балансировочный клапан **4** поступает на вход насоса, смешиваясь с горячим теплоносителем.

Таким образом, в первичном (котловом) контуре температура теплоносителя снижается с T_1 до T_{21} ($\Delta T_{kk} = T_1 - T_{21}$). Температуру T_{21} задаёт пользователь. Перепад температур в петлях тёплого пола $\Delta T_{nn} = T_{11} - T_{21}$ также задаётся на стадии расчётов. Зная эти данные, и требуемую тепловую мощность тёплого пола, можно определить соотношение расходов в узле:

$$G_3 = G_{11} - G_1 \quad (3.4.2)$$

$$G_{11} = \frac{Q}{c \cdot \Delta T_{nn}} \quad (3.4.3)$$

$$G_1 = \frac{Q}{c \cdot \Delta T_{kk}} \quad (3.4.4)$$

Пример:

Исходные данные:

- температура на входе в насосно-смесительный узел $T_1 = 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура после насоса $T_{11} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- перепад температур в петлях тёплого пола $\Delta T_{nn} = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- тепловая мощность тёплого пола $Q = 12 \text{ кВт}$.

Решение:

1. Температура на выходе из петель тёплого пола:

$$T_{21} = T_{II} - \Delta T_{mn} = 35 - 5 = 30^{\circ}\text{C};$$

2. Перепад температур в первичном (котловом) контуре:

$$\Delta T_{kk} = T_I - T_{21} = 90 - 30 = 60^{\circ}\text{C};$$

3. Расход во вторичном контуре:

$$G_{11} = \frac{Q}{c \cdot \Delta T_{mn}} = \frac{12000}{4187 \cdot 5} = 0,573 \text{ кг/с};$$

4. Расход в первичном (котловом) контуре:

$$G_1 = \frac{Q}{c \cdot \Delta T_{kk}} = \frac{12000}{4187 \cdot 60} = 0,048 \text{ кг/с};$$

5. Расход через байпас:

$$G_3 = G_{II} - G_1 = 0,573 - 0,048 = 0,535 \text{ кг/с}.$$

Таким образом, расход в контуре тёплого пола в данном примере должен быть в 12 раз выше, чем в котловом контуре.

Как правило, циркуляционный насос при проектировании выбирается с некоторым запасом, поэтому он может перекачивать через байпас большее количество теплоносителя, чем требуется по проекту. К тому же, и температура теплоносителя в первичном контуре может по факту оказаться меньше расчётной. Именно для корректировки этих расхождений с расчётными данными служит балансировочный клапан **4**, которым можно ограничить расход через байпас.

3.4.1 НАСОСНО-СМЕСИТЕЛЬНЫЕ УЗЛЫ VT.COMBI И VT.COMBI.S.180M



Рис. 3.4.1.1. Насосно-смесительный узел VT.Combi

В насосно-смесительных узлах VT.Combi и VT.Combi.S.180M (рис. 3.4.1.1 и 3.4.1.2) приготовление теплоносителя с пониженной температурой происходит при помощи двухходового термостатического клапана, управляемого либо термоголовкой с капиллярным термочувствительным элементом, установленном в линии подающего коллектора (модель VT.Combi), либо электротермическим сервоприводом, который работает под управлением контроллера VT.K300 (модель VT.Combi.S.180M). Контроллер с датчиками температуры теплоносителя и наружного воздуха не входит в комплект поставки насосно-смесительного узла и приобретается отдельно.

В линии подмеса узла установлен балансировочный клапан, который задаёт соотношение между количествами теплоносителя, поступающего из обратной линии вторичного контура и прямой линии первичного контура, а также уравнивает давление теплоносителя на выходе из контура тёплых полов с давлением после термостатического регулировочного клапана. От настроенного значения пропускной способности K_{vb} этого клапана и установленного скоростного режима насоса зависит тепловая мощность смесительного узла.



Рис. 3.4.1.2. Насосно-смесительный узел VT.Combi.S.180M

Узел адаптирован для присоединения к нему коллекторных блоков с межосевым расстоянием 200 мм и горизонтальным смещением между осями коллекторов 32 мм. При этом коллекторные блоки могут присоединяться как на входе, так и на выходе насосно-смесительного узла. Это позволяет использовать этот узел в комбинированных системах отопления (рис. 3.4.1.3), где отопление тёплым полом совмещается с радиаторным отоплением.

Состав узлов VT.Combi и VT.Combi.S.180M, их тепломеханические схемы и функции элементов узлов приведены в [приложении 6](#).

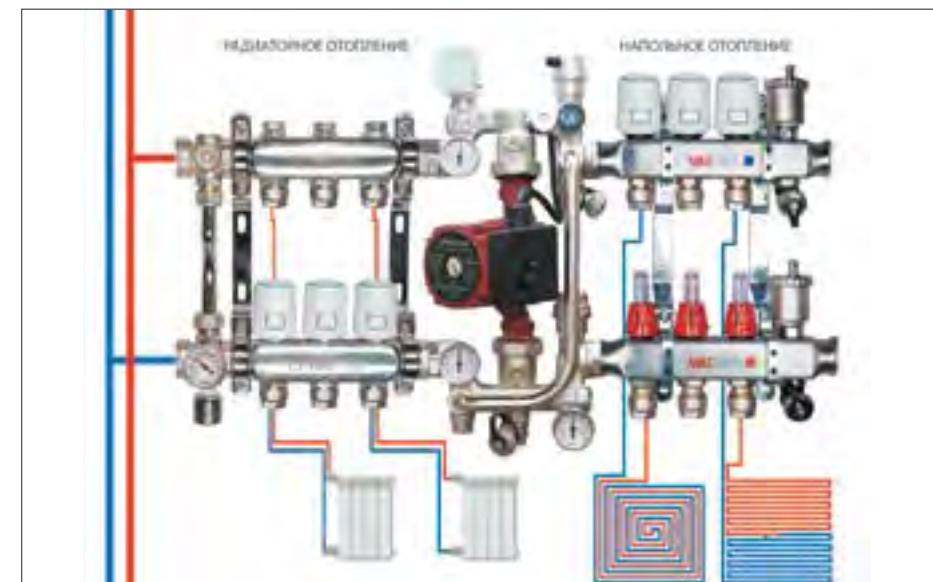


Рис. 3.4.1.3. Узел VT.Combi.S.180M в комбинированной системе отопления

3.4.2 НАСОСНО-СМЕСИТЕЛЬНЫЙ УЗЕЛ VT.DUAL



Рис. 3.4.2.1. Насосно-смесительный узел VT.Dual

Насосно-смесительный узел VT.Dual ([рис. 3.4.2.1 и 3.4.2.2](#)) состоит из двух модулей (насосного и термостатического), между которыми монтируется коллекторный блок контура тёплого пола. Для смешения используется трехходовой термостатический клапан, управляемый термоголовкой с капиллярным термочувствительным элементом, установленным на обратный коллектор вторичного контура.

Предохранительный термостат по дающего коллектора останавливает насос в случае превышения настроенного значения температуры, прекращая циркуляцию в петлях тёплого пола.

Конструкция узла предусматривает перепускной контур с балансировочным клапаном, сохраняющим неизменным расход теплоносителя в первичном контуре при открытии петель тёплого пола.

Элементы узла устанавливаются не вертикально, а под углом 9°, что вызвано горизонтальным смещением осей коллекторного блока. Это позволяет подключать узел к подводящим трубопроводам как справа, так и слева.

Состав узла VT.Dual, его тепломеханическая схема и функции элементов узла приведены [в приложении 7](#).



Рис. 3.4.2.2. Узел VT.Dual с коллекторным блоком

3.4.3 НАСОСНО-СМЕСИТЕЛЬНЫЙ УЗЕЛ VT.VALMIX

Насосно-смесительный узел VT.Valmix ([рис. 3.4.3.1](#)) отличается от узла VT.Combi меньшей монтажной длиной и отсутствием перепускного клапана. Узел рассчитан на установку циркуляционного насоса монтажной длиной 130 мм. Ручной воздухоотводчик узла расположен на регулировочной втулке балансировочного клапана вторичного контура.

Узел поставляется с термоголовкой VT.3011, имеющей диапазон настройки температур от 20 °C до 62 °C. Вместо термоголовки может быть установлены термоэлектрические сервоприводы VT.TE3041.0.024 или VT.TE3043.0.024, работающие под управлением контроллера VT.K300. Узел поставляется без циркуляционного насоса.

Состав узла VT.Valmix, его тепломеханическая схема и функции элементов приведены [в приложении 8](#).



Рис. 3.4.3.1. Насосно-смесительный узел VT.Valmix

3.4.4 НАСОСНО-СМЕСИТЕЛЬНЫЙ УЗЕЛ VT.TECHNOMIX

Так же как узел VT.Valmix, узел VT.Technomix ([рис. 3.4.4.1](#)) рассчитан на установку циркуляционного насоса длиной 130 мм, но имеет несколько большую монтажную длину.

Кроме того, входные и выходные патрубки узла находятся в одной плоскости, поэтому узел монтируется к коллекторному блоку под углом 9°, и может устанавливаться как справа от обслуживаемого коллекторного блока, так и слева от него.

Узел поставляется с термоголовкой VT.5011, имеющей диапазон настройки температур от 20 °C до 60 °C. Вместо термоголовки могут быть установлены термоэлектрические сервоприводы VT.TE3041.0.024 или VT.TE3043.0.024, работающие под управлением контроллера VT.K300. Узел поставляется без циркуляционного насоса.

Состав узла VT.Technomix, его тепломеханическая схема и функции элементов приведены [в приложении 9](#).



Рис. 3.4.4.1. Насосно-смесительный узел VT.Technomix

3.4.5 СРАВНЕНИЕ НАСОСНО-СМЕСИТЕЛЬНЫХ УЗЛОВ VALTEC

Таблица 3.4.5. Сравнительная таблица насосно-смесительных узлов VALTEC.

№	Наименование показателя	Значение показателя для узла			
		VT.Combi	VT.Dual	VT.Valmix	VT.Technomix
1	Подключаемая тепловая мощность при $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ с насосом VT.VRS.25/4G, кВт	15	20	13	14
2	Подключаемая тепловая мощность при $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ с насосом VT.VRS.25/6G, кВт	20	30	18	19
3	Рабочее давление, МПа	1,0	1,0	1,0	1,0
4	Максимальная температура теплоносителя в первичном контуре, $^{\circ}\text{C}$	90	120	110	110
5	Монтажная длина узла, мм	156	87+92	140	170
6	Монтажная длина насоса, мм	180	130	130	130
7	Межосевое расстояние присоединительных патрубков, мм	200	200	200	200
8	Резьба присоединительных патрубков, дюймы	G1"В	G1"	G1"В	G1"В;Н
9	K_{vs} терmostатического клапана, $\text{м}^3/\text{час}$	2,75	2,75	3,42	2,63
10	K_{vs} клапана первичного контура, $\text{м}^3/\text{час}$	2,5	2,6	2,27	2,27
11	K_{vs} балансировочного клапана вторичного контура, $\text{м}^3/\text{час}$	5,0	—	3,42	11,3
12	Присоединение к первичному контуру	слева	любое	слева	любое
13	Наличие перепускного клапана	есть	байпас	нет	нет

14	Тип воздухоотводчика	авто	ручной	ручной	ручной
15	Наличие предохранительного термостата	нет	есть	нет	нет
16	Количество ходов терmostатического клапана	2	3	3	2
17	Монтажное положение	вертик.	угол 9°	вертик.	угол 9°

Подробнее состав насосно-смесительных узлов, их тепломеханические схемы и функции элементов приведены **в приложениях 6-9**.

3.5. БЕЗНАСОСНЫЕ РЕГУЛИРУЮЩИЕ УЗЛЫ ДЛЯ ТЕПЛОГО ПОЛА

3.5.1. МОНТАЖНЫЕ МОДУЛИ VT.IC-BOX

В особую группу узлов регулирования систем тёплых полов можно выделить терморегулирующие безнасосные монтажные модули VT.ICBOX.

Модули VT.ICBOX.1 и VT.ICBOX.2 (**см. рис. 3.5.1.1**) применяются в тех случаях, когда использование насосно-смесительных узлов экономически нецелесообразно, и для устройства тёплого пола достаточно всего одной петли, длина которой не превышает 100 м.

Модули имеют встроенный настраиваемый ограничитель температуры теплоносителя **1**, терmostатический клапан **2** и ручной воздухоотводчик **3**. Модуль VT.ICBOX.1 предназначен для работы с термоголовкой, имеющей выносной термочувствительный элемент VT.5010, так как его термоголовка расположена внутри монтажной коробки. Модуль VT.ICBOX.2 работает с обычной термоголовкой VT.5000.

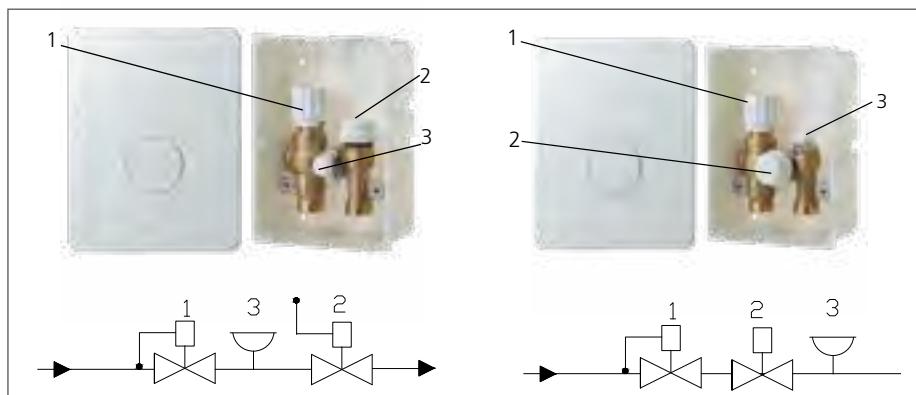


Рис. 3.5.1.1. Модули VT.ICBOX.1 и VT.ICBOX.2

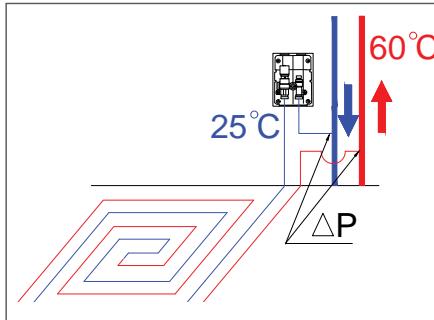


Рис. 3.5.1.2. Установка модулей в систему с температурой теплоносителя 60 °C

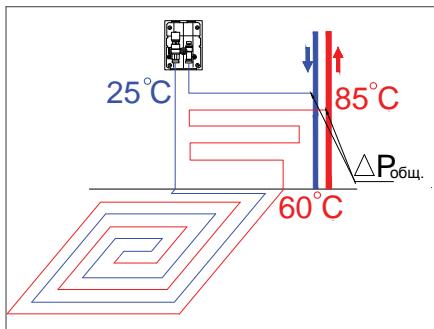


Рис. 3.5.1.3. Установка модулей в систему с температурой теплоносителя выше 60 °C

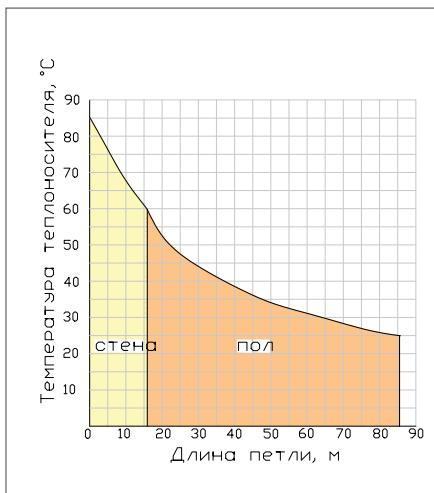


Рис. 3.5.1.4. График остыивания теплоносителя для примера на рис. 3.5.1.3

Модули устанавливаются на выходе из петли тёплого пола (**рис. 3.5.1.2**). Ограничитель температуры регулирует количество поступающего в петлю теплоносителя так, что его температура не превышает заданного значения. Терmostатический клапан перекрывает поступление теплоносителя в петлю при превышении температуры воздуха в помещении выше заданного на термоголовке значения. При установке данных модулей в систему с температурой подаваемого теплоносителя выше 60 °C, часть петли следует вести по участку «тёплых стен». И лишь когда температура теплоносителя снизится до 60 °C, петлю можно продолжать по полу (**рис. 3.5.1.3**).

Если для полов допустимая температура их поверхности ограничена 35 °C, то для стен это значение составляет 70 °C, поэтому остыивание теплоносителя в стенах идёт гораздо быстрее, чем на полу (**рис. 3.5.1.4**).

Модули VT.ICBOX.1 и VT.ICBOX.2 не рекомендуется устанавливать при паркетных полах.

Монтажные модули VT.ICBOX.4 и VT.ICBOX.5 не имеют в своём составе ограничителя температуры, но у них имеется балансировочный клапан (**рис. 3.5.1.5**).

На схемах **рисунка 3.5.1.5** позицией **1** обозначен ручной воздухоотводчик, позицией **2** – балансировочный клапан и позицией **3** – терmostатический клапан. Терmostатический клапан модуля VT.ICBOX.4 регулируется обычной термоголовкой VT.5000. Узел VT.ICBOX.5 управляет термоголовкой с выносным термочувствительным элементом VT.5010.

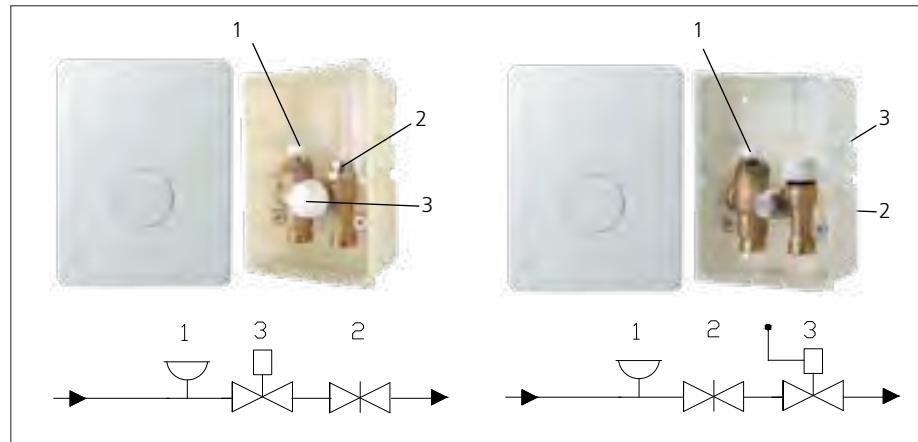


Рис. 3.5.1.5. Модули VT.ICBOX.4 и VT.ICBOX.5

Эти два узла могут использоваться в случае, когда дистанционное управление сервоприводами коллекторного блока невозможно. То есть, применение модулей VT.ICBOX.4 и VT.ICBOX.5 позволяет регулировать тёплый пол непосредственно термоголовками, установленными в помещении (**рис. 3.5.1.6**). В этом случае можно использовать обычные дешёвые коллекторы с отсекающими клапанами вместо дорогих коллекторных блоков.

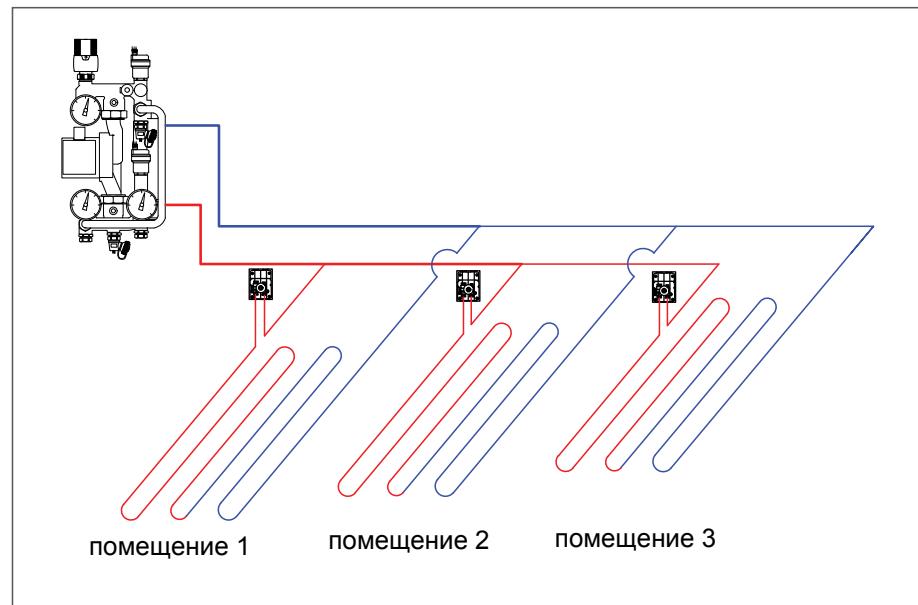


Рис. 3.5.1.6. Пример использования модулей VT.ICBOX.4 и VT.ICBOX.5

3.5.2. ТЁПЛЫЙ ПОЛ НА БАЗЕ РЕГУЛЯТОРА RTL



Рис.3.5.2.1. Регулятор температуры

VT.9145

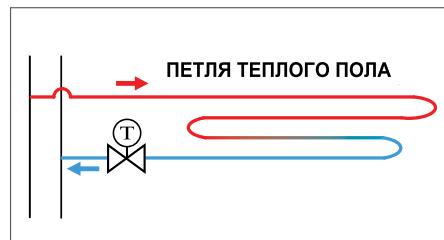


Рис.3.5.2.2. Схема установки клапана RTL на петле тёплого пола

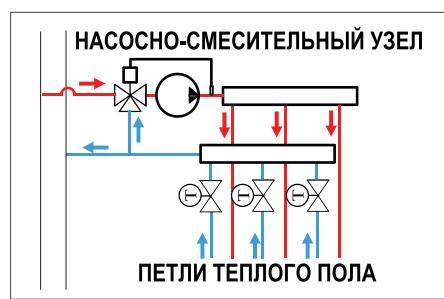


Рис. 3.5.2.3 Балансировка петель тёплого пола с помощью RTL

В случае, когда водяной тёплый пол планируется создать на площади не более 15м², наиболее экономичным представляется вариант использования регулятора температуры прямого действия VT.9154 (**рис. 3.5.2.1**). В России этот вид трубопроводной арматуры известен, как «RTL-регулятор» или «ограничитель температуры обратного потока» (return temperature limited).

Термоголовка клапана настраивается пользователем на определенную температуру в диапазоне от 0°C до 50°C, при превышении которой клапан начинает ограничивать количество проходящей через него рабочей среды.

Петля тёплого пола присоединяется к высокотемпературным стоякам радиаторного отопления, а клапан устанавливается на выходе из петли (**рис. 3.5.2.2**).

Регулятор VT.9154 также можно использовать в качестве балансировочного элемента при коллекторном присоединении петель тёплого пола к насосно-смесительным узлам (**рис. 3.5.2.3**). Установив на термоголовке расчётную температуру возвращаемого из петли теплоносителя, пользователь тем самым обеспечит требуемый расход в каждой отдельной петле.

Таблица 3.5.2.1. Основные технические характеристики клапана VT.9154

№	Характеристика	Ед. изм.	Значение
1	Рабочее давление,	МПа	1,0
2	Температура рабочей среды	°C	+2 ÷ +120
3	Диапазон поддерживаемой температуры	°C	0÷50
4	Условная пропускная способность,Kvs	м ³ /час	2,0
5	Пропускная способность при степени открытия клапана:		
5.1	- 2K	м ³ /час	0,32
5.2	- 4K	м ³ /час	0,66
5.3	- 6K	м ³ /час	1,00
5.4	- 8Кц	м ³ /час	1,34
5.5	- 10K	м ³ /час	1,60
6	Номинальный диаметр	дюймы	1/2"
7	Резьба под терmostатическую головку		M30x1,5
8	Резьба патрубка полусгона		R1/2"HP
9	Присоединительная резьба		G3/4" HP «евроконус»
10	Длина клапана с полусгоном	мм	91
11	Высота клапана с термоголовкой	мм	107
12	Температура рабочей среды за клапаном в зависимости от позиции шкалы термоголовки		
12.1	-поз.0	°C	0
12.2	-поз.1	°C	10
12.3	-поз.2	°C	20
12.4	-поз.3	°C	30
12.5	-поз.4	°C	40
12.6	-поз.5	°C	50

4. НАСТРОЙКА ОБОРУДОВАНИЯ

4.1 БАЛАНСИРОВКА ПЕТЕЛЬ ТЁПЛОГО ПОЛА

Теплоноситель стремится циркулировать по пути наименьшего сопротивления. В случае с тёплым полом это будет самая короткая и менее нагруженная петля. Задачей монтажника при наладке системы заставить теплоноситель циркулировать по каждой петле с заданным расходом. Тогда перепад температур на входе в петлю и на выходе из неё не превысит проектный, и обогреваемый участок пола получит именно столько тепловой энергии, сколько требуется по расчёту.

Конечно, наличие проекта с гидравлическим расчётом значительно упростит и ускорит процесс наладки и кроме того защитит от ошибок в монтаже. Однако систему напольного отопления можно настроить и без теоретических расчётов, хотя это и займёт больше времени.

В среде монтажников часто можно услышать заявление, что систему напольного отопления вообще не надо балансировать, так как она «самосбалансируется» за счёт работы терmostатов, контроллеров и прочих элементов автоматики. Это утверждение ошибочно. Например, при полной расчётной нагрузке, когда все терmostатические клапаны будут находиться в открытом состоянии, теплоноситель пойдёт по самой короткой и ненагруженной петле. В этой петле расход увеличится, остыивание снизится, а в остальных петлях проявится дефицит теплоносителя. Это значит, что теплоноситель остынет гораздо раньше, чем положено, не обеспечив подачу требуемого количества тепла на обслуживаемый петлёй участок. И никакая автоматика тут не спасёт.

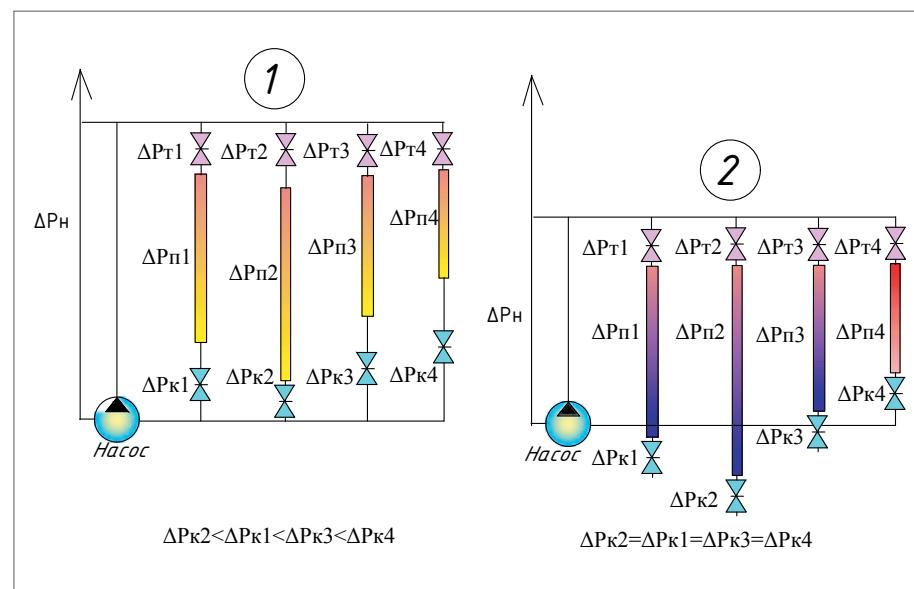


Рис. 4.1.1. Схема балансировки петель тёплого пола

Расчёт балансировки петель тёплого пола заключается в определении требуемой пропускной способности балансировочных клапанов, установленных на коллекторе и обслуживающих каждую присоединенную к коллектору петлю. Суть балансировки показана на [рис. 4.1.1](#).

Циркуляционный насос создаёт напор ΔP_n , который компенсирует потери давления, складывающиеся из потерь давления в терmostатическом клапане ΔP_m , непосредственно в петле ΔP_p и потери давления на балансировочном клапане ΔP_k . На представленной схеме [рис. 4.1.1](#) наибольшие потери давления наблюдаются в петле № 2, поэтому её балансировочный клапан полностью открыт, что соответствует полной пропускной способности этого клапана K_{vs} . При этом потери давления на клапане составляют ΔP_{k2} . Для того, чтобы в обратном коллекторе произошло слияние потоков, потери давления по всем петлям должны быть равны $\Delta P_{m2} + \Delta P_{p2} + \Delta P_{k2}$. Для этого клапаны петель 1, 3 и 4 настраиваются на перепады соответственно ΔP_{k1} ; ΔP_{k3} ; ΔP_{k4} .

Если балансировку не производить, а оставить все балансировочные клапаны полностью открытыми, то получится ситуация, изображенная на [схеме 2 рисунка 4.1.1](#). Напор насоса снизится до величины $\Delta P_{m4} + \Delta P_{p4} + \Delta P_{k4}$ за счёт увеличения расхода, и основная часть этого расхода пойдёт через петлю № 4, перегревая её. В то же время петли 1, 2 и 3 останутся на «голодном пайке» и не смогут подать требуемое количество тепла в обслуживаемые участки пола.

Расчёт настройки коллекторных балансировочных клапанов заключается в определении потерь давления в каждой из подключённых петель. Для этого требуются следующие исходные данные:

- тепловая нагрузка на каждую петлю Q_{ni} (Вт), определяемая на стадии теплотехнического расчёта ([см. раздел 6 «расчёт тёплого пола»](#));
 - длина каждой петли L_i (м), определяемая по рабочим чертежам тёплого пола;
 - тип и размеры труб, из которых выполняются петли. Эти данные также берутся из проекта. Для определения линейных потерь важен внутренний диаметр D_b (мм);
- перепады температур прямого и обратного теплоносителя Δt_{mn} задаются в пределах от 5 °C до 10 °C. Чем меньше этот перепад, тем меньше будет заметна разница температур поверхности пола на соседних участках;
- тип теплоносителя, от которого зависят показатели плотности и теплоёмкости ([см. таблицу 4.1.4](#));
 - количество отводов (углов поворота на 90°) и калачей (углов поворота на 180°) определяется по проекту;
 - гидравлические характеристики терmostатического клапана коллектора K_{vsm} . Они изложены в паспорте на коллекторный блок и в [таблице 4.1.1](#).

Таблица 4.1.1. Гидравлические характеристики терmostатических клапанов коллекторных блоков

Пропускная способность терmostатического клапана, K_{vst} , м ³ /час, для блоков:						
VTc.582	VTc.584	VTc.586	VTc.588	VTc.589	VTc.594	VTc.596
2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

- гидравлические характеристики балансировочного клапана коллектора K_{vk} и K_{vsk} (м³/час), которые можно взять из технического паспорта коллекторного блока (**см. таблицы 4.1.2 и 4.1.3**).

Таблица 4.1.2. Пропускная способность клапана с расходомером блока VTc.589

Показания расходомера, л/мин	0,5	1	2	3	4	5
Пропускная способность K_{vk} , м ³ /час	0,11	0,22	0,43	0,65	0,84	1,1 K_{vsk}

Таблица 4.1.3. Пропускная способность балансировочного клапана блока VTc.588

Обороты	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	K_{vsk}
Пропускная способность K_{vk} , м ³ /час	0,13	0,26	0,52	0,78	1,03	1,18	1,3	1,56	1,92	2,08	2,22	2,34	2,6

Как видно из таблиц, пропускная способность балансировочного клапана значительно выше, чем у клапана с расходомером, поэтому, при наличии грамотного расчёта, лучше использовать коллекторные блоки с балансировочными клапанами. Блоки с расходомерами удобнее применять при отсутствии расчётных данных.

Расчёт петель ведётся в следующем порядке:

- Определяется расход теплоносителя по формуле:

$$g_i = \frac{Q_i}{c \cdot \Delta t}, \text{ кг/с} \quad (4.1.1),$$

где:

Q_i — тепловая мощность петли, Вт;

c — удельная теплоёмкость теплоносителя, Дж/кг °C;

Δt — перепад температур между прямым и обратным теплоносителями, °C.

- Определяется скорость в каждой петле по формуле:

$$v_i = \frac{4g_i}{\pi D_e^2 \rho}, \text{ м/с} \quad (4.1.2),$$

где:

D_e — внутренний диаметр трубы, м;

ρ — плотность теплоносителя, кг/м³, которую можно определить **по таблице 4.1.4**.

Таблица 4.1.4. Плотность и теплоёмкость теплоносителей при различных температурах

Вид теплоносителя	Показатель	Temperatura, °C					
		25	30	35	40	45	50
Вода	ρ , кг/м ³	997	995	994	992	990	988
	C , Дж/кг °C	4180	4178	4178	4178	4179	4180
Гликоль 65%	ρ , кг/м ³	1083	1080	1078	1075	1072	1069
	C , Дж/кг °C	2987	3000	3018	3034	3050	3070
Гликоль 30%	ρ , кг/м ³	1058	1055	1053	1051	1049	1046
	C , Дж/кг °C	3459	3466	3481	3497	3511	3526

Скорость теплоносителя в петле тёплого пола не должна быть выше 1 м/с.

Зная скорость и расход, можно определить линейные потери давления в каждой петле. Для этого лучше воспользоваться гидравлическими таблицами **приложения 2**. Умножив длину петли L (м) на потери давления одним погонным метром трубы Δp_{noz} (Па/м), получим линейные потери в петле:

$$\Delta p_{lin} = L \Delta p_{noz}, \text{ Па} \quad (4.1.3)$$

- потери на местные сопротивления в отводах и калачах определяются по формуле:

$$\Delta p_{kmc} = (0,5N_o + N_k) \cdot \frac{\rho v^2}{2}, \text{ Па} \quad (4.1.4),$$

где:

N_o — количество отводов на петле, шт.;

N_k — количество калачей на петле, шт..

- потери давления в полностью открытом в терmostатическом и балансировочном (настроичном) клапане определяются по формуле:

$$\Delta p_k = 10^5 \left(\frac{3600g}{\rho K_{vsk}} \right)^2, \text{ Па} \quad (4.1.5)$$

- потери давления в петлях складываются из линейных потерь и потерь на преодоление местных сопротивлений:

$$\Delta p_{nem} = \Delta p_{lin} + \Delta p_{kmc}, \text{ Па} \quad (4.1.6)$$

- петля, в которой потери давления наибольшие, принимается за расчётную. Для неё определяются потери давления с учётом потерь на полностью открытом балансировочном клапане:

$$\Delta p_{max} = \Delta p_{nem} + \Delta p_k, \text{ Па} \quad (4.1.7)$$

- для остальных петель определяется перепад давления, которого не хватает до Δp_{max} :

$$\Delta p_{don} = \Delta p_{max} - \Delta p_{nem}, \text{ Па} \quad (4.1.8)$$

- исходя из этого, рассчитывается требуемая пропускная способность каждого балансировочного клапана:

$$K_v = \frac{3600g}{\rho \sqrt{\Delta p_{don} \cdot 10^{-5}}}, \text{ м}^3/\text{час}, \quad (4.1.9)$$

затем по таблицам гидравлических характеристик клапанов (**таблицы 4.1.2 и 4.2.3**) находится требуемая позиция настройки каждого балансировочного клапана.

Пример расчёта балансировки петель тёплого пола

Исходные данные:

Коллекторный блок обслуживает 4 петли, данные о которых сведены в **таблицу 4.1.5.**

Таблица 4.1.5. Данные о петлях тёплого пола

Номер петли	Длина, L_i , м	Нагрузка, Q_i , Вт	Габариты трубы, мм	Кол-во отводов, шт.	Кол-во калачей, шт.
1	100	600	16x2,0	6	12
2	80	480	16x2,0	4	10
3	50	300	16x2,0	8	8
4	75	600*	16x2,0	10	8

Примечание: *тепловая нагрузка на петли тёплого пола не всегда пропорциональна их длинам, так как погонный тепловой поток в разных петлях может отличаться из-за различия в конструкциях пола. Кроме того, петли могут иметь различный шаг раскладки и разное количество отводов и калачей.

Перепад температур в петлях пола принят 5°C .

Теплоноситель – вода.

Максимальная пропускная способность балансировочного клапана на коллекторе:

$$K_{\text{vsk}} = 2,6 \text{ м}^3/\text{час}$$

Максимальная пропускная способность терmostатического клапана:

$$K_{\text{vst}} = 2,4 \text{ м}^3/\text{час}$$

Расчёт ведётся в табличной форме (**таблица 4.1.6.**)

Таблица 4.1.6. Расчёт балансировки петель

№ петли	Расход по формуле 4.1.1, кг/с	Скорость по формуле 4.1.2, м/с	$\Delta p_{\text{пот}}$ по приложению 2, Па/м	$\Delta p_{\text{днн}}$ по формуле 4.1.3, Па	$\Delta p_{\text{пот}}$ по формуле 4.1.4, Га	$\Delta p_{\text{т}}$ по формуле 4.1.5, Га	$\Delta p_{\text{пет}}$ по формуле 4.1.6, Га	Δp_k по формуле 4.1.5, Па	Δp_{max} по формуле 4.1.7, Га	$\Delta p_{\text{доп}}$ по формуле 4.1.8, Га	K_v по формуле 4.1.9, $\text{м}^3/\text{час}$	Обороты настройки клапана
1	0,029	0,258	107	10 700	496	193	11 389	163	11522	0	–	полное
2	0,023	0,205	71	5 680	251	120	6 051	–	–	5 471	0,36	1,2
3	0,014	0,125	20	1 000	93	45	1138	–	–	10 384	0,16	0,6
4	0,029	0,258	107	8 025	430	193	8 648	–	–	2 874	0,62	1,7

В случае, когда балансировка ведётся без расчёта, удобнее пользоваться коллекторными блоками с расходомерами (ротаметрами). Порядок «ручной» настройки можно показать на ранее рассчитанном примере. Имеются 4 петли длиной $L_1=100$, $L_2=80$, $L_3=50$ и $L_4=75$ метров.

Балансировка начинается с того, что выбирается петля самой большой длины. В нашем случае это петля № 1. При включённом циркуляционном насосе регулирующий клапан на этой петле открывается в максимальное положение, и относительно него будут выставляться расходы всех остальных петель. Допустим, в полностью открытом положении клапана петли № 1 расходомер фиксирует расход $g_1=4 \text{ л}/\text{мин}$. Значит, остальные петли настраиваются пропорционально их длине:

$$g_i = \frac{L_i \cdot g_1}{L_1}, \text{ л}/\text{мин}. \quad (4.1.10)$$

Получим следующие значения настроек (**см. рис. 4.1.2.**)

При первичной настройке значения показаний расхода на петле, принятой за расчётную, могут измениться. Это зависит от того, в каком первоначальном положении находились все клапаны. Если клапаны были закрыты, то показания расхода на первой петле уменьшаются. Значит, нужно снова отрегулировать клапаны **по формуле 4.1.10**, в соответствии с изменившимися показаниями расходомера первой петли.

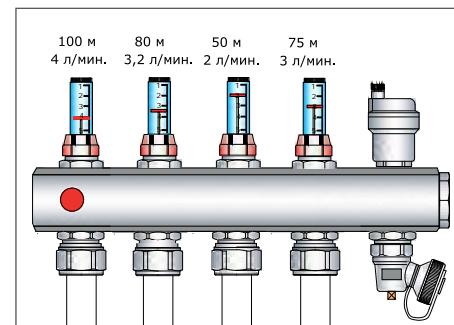


Рис. 4.1.2. Значения настроек при первичной регулировке

При подобной настройке может сложиться ситуация, когда даже при полном открытии расходомер одной из петель не будет достигать требуемой отметки. Например, расходомер второй петли вместо значения $3,2 \text{ л}/\text{мин}$., будет показывать $2,5 \text{ л}/\text{мин}$. Это значит, что потери давления в этой петле больше, чем в первой, несмотря на то, что вторая петля короче. Это случается, когда потери давления на преодоление местных сопротивлений в петле больше, чем в той, которую мы приняли за расчётную. То есть, количество отводов и калачей в петле № 2 больше, чем в петле № 1.

В этом случае расчётной становится петля № 2 (**рис. 4.1.3.**), и **формула 4.1.10** примет следующий вид:

$$g_i = \frac{L_i \cdot g_2}{L_2}, \text{ л}/\text{мин}. \quad (4.1.11)$$

Способ настройки пропорционально длин петель можно применять в том случае, когда конструкция пола и шаг укладки труб во всех обслуживаемых помещениях примерно одинаковы. Если же это условие не соблюдается, расходы по петлям не будут пропорциональны длинам, и «ручную» настройку придётся выполнять по выравниванию температур обратного теплоносителя, что занимает гораздо больше времени.

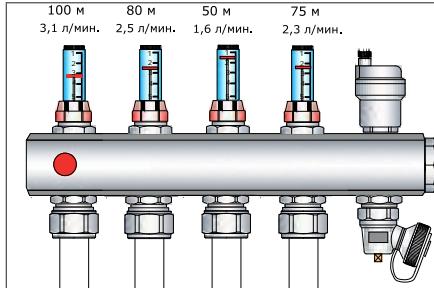


Рис. 4.1.3. Значения настроек при расчёте петле № 2

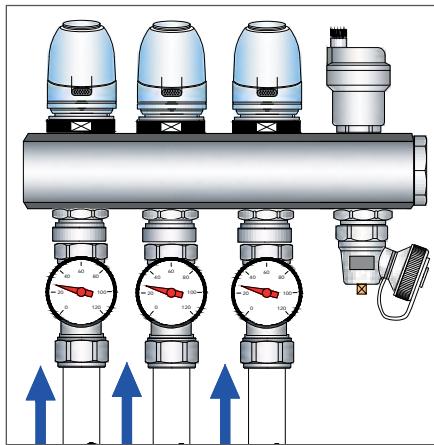


Рис. 4.1.4. Тройники с термометрами VT.4615 на обратном коллекторе



Рис. 4.1.5. Измерение температуры труб пиromетром

При таком способе балансировки в подающий коллектор тёплого пола должен подаваться нагретый до 30-35 °C теплоноситель, а в помещениях необходимо обеспечить хотя бы минимальный теплосъём. То есть, настройку желательно производить при одинаковой температуре в помещениях не выше 10-12 °C. Для контроля температуры возвращаемого теплоносителя удобнее снабдить обратный коллектор тройниками с термометрами VT.4615 (рис. 4.1.4).

Первоначальная балансировка производится пропорционально длинам петель, как описывалось ранее. После этого определяется температура обратного теплоносителя самой длинной петли. Если обратный коллектор не снабжён термометрами, можно измерять температуру непосредственно на трубе пиromетром (рис. 4.1.5). Дальнейшая задача состоит в том, чтобы установить на каждой петле температуру возвращаемого теплоносителя такую же, как на самой длинной петле.

Для понижения температуры балансировочный клапан на коллекторе нужно настроить на несколько меньший расход и дать системе поработать не менее 1-2 часов, после чего снова замерить температуру и внести корректировку в настройку. Процесс этот длительный и утомительный, поэтому при возможности всё-таки лучше использовать расчётный способ балансировки.

Для того чтобы настройку балансировочных клапанов защитить от несанкционированного вмешательства, на коллекторах VTc.594, VTc.588 имеется механизм фиксации настроичного положения.

В положении, когда клапан выставлен на заданный расход, винт фиксатор (рис. 4.1.6) завинчивается до упора с помощью тонкой отвертки с плоским шлицем. Винт фиксатор расположен внутри шестиугольного гнезда, посредством которого производится настройка клапана. Винт ограничивает открытие клапана на фиксированном уровне и не позволяет ему открываться больше. При этомному закрытию клапана винт не препятствует.

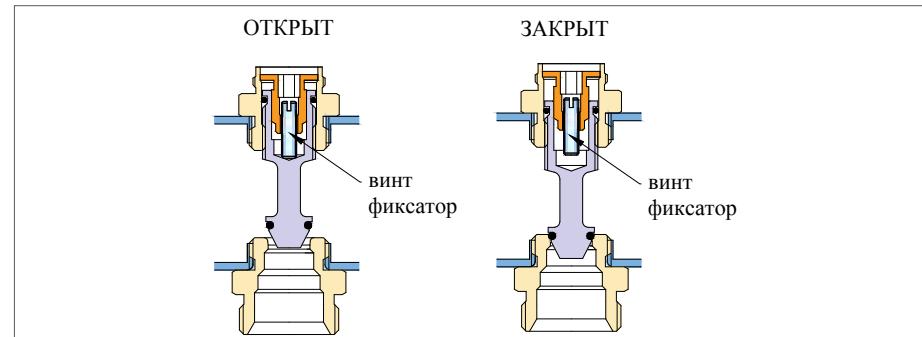


Рис. 4.1.6. Фиксация настроичного положения балансировочного клапана

Вариант балансировки петель тёплого пола с использованием ограничителей температуры обратного потока (RTL) изложен в п. 3.5.2.

4.2 НАСТРОЙКА БАЛАНСИРОВОЧНОГО КЛАПАНА ВТОРИЧНОГО КОНТУРА

Балансировочный клапан вторичного контура задаёт соотношение между расходами первичного (сетевого) и вторичного (тёплый пол) контуров. Расположение этого клапана у разных типов насосно-смесительных узлов показано на рис. 4.2.1.

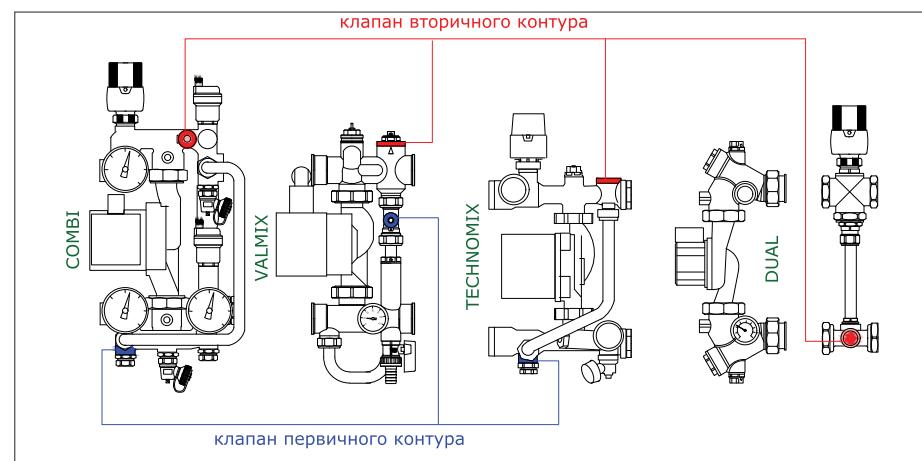


Рис. 4.2.1. Расположение балансировочных и запорных клапанов на насосно-смесительных узлах VALTEC

Чем больше открыт клапан вторичного контура, тем меньше поступает нагретого теплоносителя из греющего (первичного) контура.

Для корректной настройки этого клапана нужно знать следующие исходные данные:

- общую тепловую мощность системы тёплого пола, подключённого к насосно-смесительному узлу Q , Вт;
- температуру теплоносителя, подаваемого в тёплый пол t_{mn1} , °C;
- перепад температур между прямым и обратным теплоносителями Δt_{mn} , °C. Этот перепад обычно составляет 5–10 °C;
- температуру теплоносителя, поступающего к насосно-смесительному узлу из первичного (греющего) контура, t_1 , °C;
- гидравлические характеристики терmostатического клапана узла (см. таблицу 4.2.1).

Таблица 4.2.1. Пропускная способность терmostатических клапанов насосно-смесительных узлов VALTEC

Тип узла	VT.Combi	VT.Dual	VT.Valmix	VT.Technomix
$K_{v,mk}$, м ³ /час	0,9	0,9	1,1	0,9

- гидравлические характеристики балансировочного клапана вторичного контура (см. таблицу 4.2.2).

Таблица 4.2.2. Пропускная способность клапанов вторичного контура насосно-смесительных узлов VALTEC

Тип узла	VT.Combi	VT.Dual	VT.Valmix	VT.Technomix
$K_{v,2}$, м ³ /час, при настройке				
0 (0,1)	–	–	0,17	0
1	1	–	1,23	0,72
2	1,75	–	2,59	1,99
3	2,5	–	3,13	2,97
4	3,5	–	3,32	5,12
5	5	–	3,42	11,26
$K_{v,2}$, м ³ /час при количестве оборотов				
1/2	–	0,13	–	–
1	–	0,52	–	–
1 1/2	–	0,78	–	–
2	–	1,03	–	–
2 1/2	–	1,3	–	–
3	–	1,77	–	–
3 1/2	–	2,08	–	–
4	–	2,34	–	–
K_{vs}	–	2,6	–	–

На основании исходных данных определяется требуемый расход теплоносителя в первичном контуре:

$$G_1 = \frac{3600Q}{c(t_1 - t_{mn1} + \Delta t_{mn})}, \text{ кг/час} \quad (4.2.1)$$

Расход теплоносителя во вторичном контуре составит:

$$G_2 = \frac{3600Q}{c\Delta t_{mn}}, \text{ кг/час} \quad (4.2.2)$$

Расход через балансировочный клапан вторичного контура для всех узлов, кроме VT.Dual, является разностью расходов:

$$G_{\delta k2} = G_2 - G_1, \text{ кг/час} \quad (4.2.3)$$

Зная расход в первичном контуре, можно определить потери давления на терmostатическом клапане:

$$\Delta P_{mk} = \left(\frac{G_1}{\rho K_{v,mm}} \right)^2, \text{ бар} \quad (4.2.4)$$

Из условия равенства давлений при слиянии потоков можно найти требуемую пропускную способность балансировочного клапана вторичного контура:

$$K_{v,2} = \frac{G_{\delta k2}}{\rho \sqrt{\Delta P_{mk}}}, \text{ м}^3/\text{час} \quad (4.2.5)$$

Пример.

Исходные данные: $T_1 = 80^\circ\text{C}$; $t_{mn1} = 45^\circ\text{C}$; $\Delta t_{mn} = 10^\circ\text{C}$; $Q = 8000 \text{ Вт}$; узел VT.Combi.

Решение:

1. Расход в первичном контуре:

$$G_1 = \frac{3600Q}{c(t_1 - t_{mn1} + \Delta t_{mn})} = \frac{3600 \cdot 8000}{4196 \cdot (80 - 45 + 10)} = 152,5 \text{ кг/час} \quad (4.2.6)$$

2. Расход во вторичном контуре:

$$G_2 = \frac{3600Q}{c\Delta t_{mn}} = \frac{3600 \cdot 8000}{4179 \cdot 10} = 689,2 \text{ кг/час} \quad (4.2.7)$$

3. Расход через балансировочный клапан вторичного контура:

$$G_{\delta k2} = G_2 - G_1 = 689,2 - 152,5 = 536,7 \text{ кг/час} \quad (4.2.8)$$

4. Потери давления на терmostатическом клапане:

$$\Delta P_{mk} = \left(\frac{G_1}{\rho K_{v,mm}} \right)^2 = \left(\frac{152,5}{972 \cdot 0,9} \right)^2 = 0,0304 \text{ бар} \quad (4.2.9)$$

5. Пропускная способность балансировочного клапана вторичного контура:

$$K_{v,2} = \frac{G_{\delta k2}}{\rho \sqrt{\Delta P_{mk}}} = \frac{536,7}{994 \sqrt{0,0304}} = 3,1 \text{ м}^3/\text{час}. \quad (4.2.10)$$

6. По таблице 4.2.2 определяем значение настройки клапана. Оно равно 3,5.

Ориентировочно требуемую пропускную способность балансировочного клапана вторичного контура для насосно-смесительных узлов VT.Combi, VT.Valmix, VT.Technomix можно рассчитать по формуле:

$$K_{v,2} = \frac{t_1 - t_{mn1}}{\Delta t_{mn}} \cdot K_{v,mm}, \text{ м}^3/\text{час} \quad (4.2.11)$$

Для узла VT.Dual расчёт балансировочного клапана вторичного контура имеет несколько иной вид.

Рассчитав потери давления в петлях и клапанах узла Δp_{max} (см. раздел 4.1) и определив расход теплоносителя в первичном контуре G_1 по формуле 4.2.6, пропускная способность клапана K_{v62} вычисляется по формуле:

$$K_{v62} = \frac{G_1}{\rho \sqrt{10^{-5} \Delta P_{max}}}, \text{ м}^3/\text{час} \quad (4.2.12)$$

Пример:

Исходные данные:

$$T_1 = 80^\circ\text{C}; t_{mn1} = 45^\circ\text{C}; t_{mn} = 10^\circ\text{C}; Q = 8000 \text{ Вт}; P_{max} = 6000 \text{ Па}; \text{Узел} - VT.Dual.$$

Решение:

1. Расход в первичном контуре:

$$G_1 = \frac{3600Q}{c(t_1 - t_{mn1} + \Delta t_{mn})} = \frac{3600 \cdot 8000}{4196 \cdot (80 - 45 + 10)} = 152,5 \text{ кг/час} \quad (4.2.13)$$

2. Требуемая пропускная способность клапана:

$$K_{v62} = \frac{G_1}{\rho \sqrt{10^{-5} \Delta P_{max}}} = \frac{152,5}{972 \cdot \sqrt{10^{-5} \cdot 6000}} = 0,64 \text{ м}^3/\text{час} \quad (4.2.14)$$

По таблице 4.2.2 находим количество оборотов открытия клапана. Оно равно $1\frac{1}{4}$.

4.3 НАСТРОЙКА БАЛАНСИРОВОЧНОГО КЛАПАНА ПЕРВИЧНОГО КОНТУРА

При расчетном режиме работы насосно-смесительного узла, его балансировка с остальными элементами системы обеспечивается изменением пропускной способности терmostатического клапана. Если расход теплоносителя через этот клапана начинает превышать расчётный, температура смешанного теплоносителя на выходе из НСУ повышается, и терmostатический клапан начинает закрываться.

То есть, при «штатных» параметрах теплоносителя, дополнительные балансировочные элементы узлу не требуются. Поэтому, например, в насосно-смесительном узле VT.Combi балансировочный клапан первичного контура, присутствующий в ранних моделях этого узла, был заменён на запорный клапан, лишённый балансировочной функции.

Однако, в случае, когда температура теплоносителя в системе оказывается значительно ниже расчётной, а также, если расчёты вообще не производились, балансировочный клапан первичного контура значительно облегчает настройку системы. В связи с этим, в узлах VT.Valmix и VT.Technomix эти клапаны присутствуют.

Задача балансировочного клапана первичного контура — гидравлически увязать работу насосно-смесительного узла тёплого пола с остальными приборами и узлами системы отопления. Поэтому расчёт настройки этого клапана производится по тем же правилам, что и расчёт настроек клапана отопительного прибора в двухтрубной системе.

Принцип настройки лучше всего показать на конкретном примере (см. рис. 4.3.1).

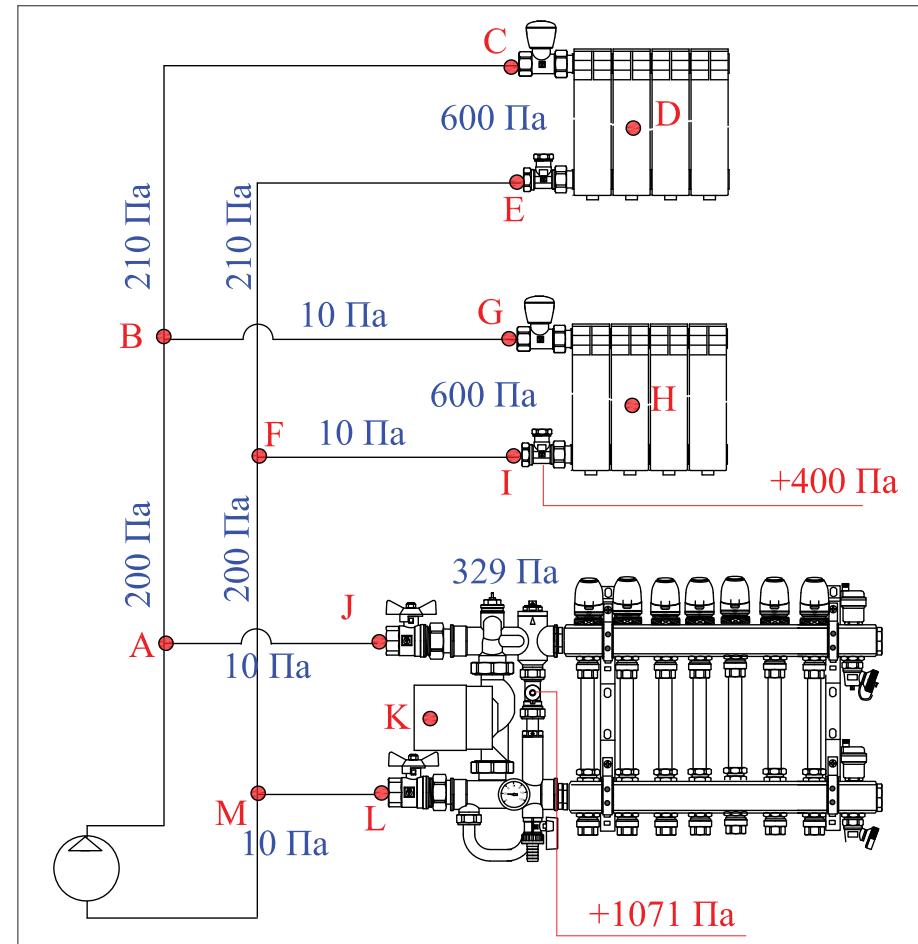


Рис. 4.3.1. Схема к расчёту настройки балансировочного клапана первичного контура

Допустим, система тёплых полов, присоединённая к разводящим трубопроводам первого яруса, потребляет 10 кВт тепловой мощности (Q) при температурном режиме в первичном контуре $80^\circ\text{C}/35^\circ\text{C}$. Пропускная способность терmostатического клапана при полном открытии $K_{vsmk} = 3,42 \text{ м}^3/\text{час}$ (узел VT.Valmix).

При этих условиях расход в первичном контуре составит:

$$G_1 = \frac{3600Q}{c(t_1 - t_2)} = \frac{3600 \cdot 10000}{4196 \cdot (80 - 35)} = 190,6 \text{ кг/час} \quad (4.3.1)$$

Падение давления на терmostатическом клапане узла:

$$\Delta P_{mk} = \left(\frac{G_1}{\rho K_{v, mk}} \right)^2 = \left(\frac{190,6}{972 \cdot 3,42} \right)^2 = 0,00329 \text{ бар, или } 329 \text{ Па} \quad (4.3.2)$$

На схеме **рисунка 4.3.1** показаны падения давления на отдельных участках.

Для кольца B-D-F перепад давлений составит $210+210+600=1020$ Па.

Для радиаторного участка B-H-F этот перепад будет $10+600+10=620$ Па.

Для слияния потоков в точках B и F настроенный клапан радиатора H должен быть настроен на перепад $1020-620=400$ Па.

Для кольца A-D-M – потери давления составят $200+210+600+210+200=1420$ Па.

Для кольца A-K-M этот перепад составит $10+329+10=349$ Па.

Для слияния потоков в точках A и M балансировочный клапан узла должен быть настроен на перепад $1420-349=1071$ Па.

Зная требуемый перепад давлений на клапане, можно найти требуемую пропускную способность клапана:

$$K_{vb1} = \frac{G1}{\rho \sqrt{\Delta P_{\delta 1}}} = \frac{190,6}{994 \sqrt{10^{-5} \cdot 1071}} = 1,85 \text{ м}^3/\text{час} \quad (4.3.3)$$

Требуемая позиция настройки балансировочного клапана первичного контура определяется по настроенной таблице (**см. таблицу 4.3.1**).

Таблица 4.3.1. Пропускная способность балансировочных клапанов первичного контура

Тип узла	VT.Valmix	VT.Technomix
К _{vb1} , м ³ /час, при настройке		
0	0,44	0,44
1	1,46	1,46
2	1,9	1,9
3	2,27	2,27

Для рассмотренного примера клапан должен быть установлен на позицию 2.

4.4 ПОДБОР НАСОСА

Для того чтобы правильно подобрать циркуляционный насос для насосно-смесительного узла тёплого пола нужно определить две основные характеристики:

- требуемый расход G_{mp} , м³/час;
- требуемый напор H_{mp} , м вод. ст., который должен быть не меньше расчётных гидравлических потерь в узле:

$$H_{mp} \geq 0,0001 \Delta p_{расч}, \text{ м вод. ст.} \quad (4.4.1)$$

Почти все необходимые данные для подбора насоса были получены при расчёте балансировки петель (**см. раздел 4.1**) и при расчёте настройки балансировочного клапана вторичного контура (**см. раздел 4.2**):

- расход теплоносителя в первичном контуре G_1 (кг/час) **по формуле 4.2.1**;
- расход теплоносителя во вторичном контуре G_2 (кг/час) **по формуле 4.2.2**.

Этот расход, выраженный в м³/час, и будет являться требуемым при подборе насоса:

$$G_{mp} = \frac{G_1}{\rho}; \text{ м}^3/\text{час} \quad (4.4.2)$$

- расход теплоносителя через балансировочный клапан вторичного контура $G_{\delta k2}$ (кг/час) **по формуле 4.2.3**;
- пропускная способность балансировочного клапана вторичного контура K_{vb2} (м³/час) **по формуле 4.2.5**;
- потери давления в петлях тёплого пола Δp_{max} (Па) **по формуле 4.1.7**;
- К потерям давления в петлях тёплого пола необходимо добавить потери давления в балансировочном клапане:

$$\Delta P_{\delta k2} = \left(\frac{G_{\delta k2}}{\rho K_{vb2}} \right)^2, \text{ бар} \quad (4.4.3)$$

Требуемый напор насоса составит:

$$H_{mp} = 10^{-4} \cdot \Delta p_{max} + 10 \cdot \Delta P_{\delta k2}, \text{ м вод. ст.} \quad (4.4.4)$$

Определив H_{mp} и G_{mp} , по рабочим графикам насосов подбирается насос и его скорость.

Рабочие графики насосов VT.VRS.25/4 и VT.VRS.25/6 представлены **на рисунках 4.4.1 и 4.4.2**.

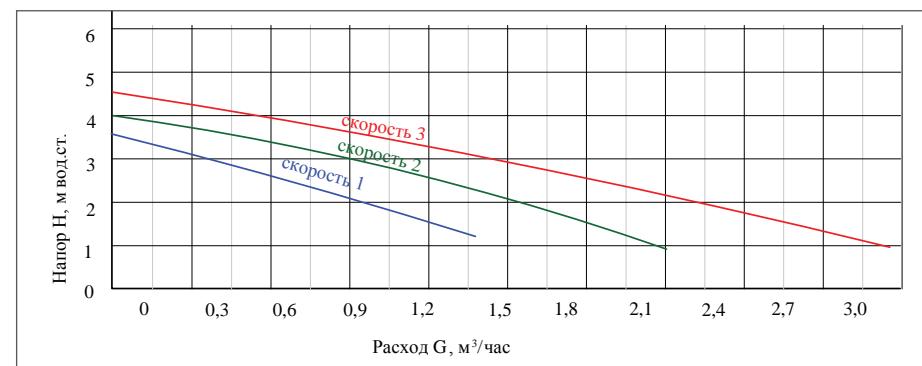


Рис. 4.4.1. Рабочий график насоса VT.VRS25/4

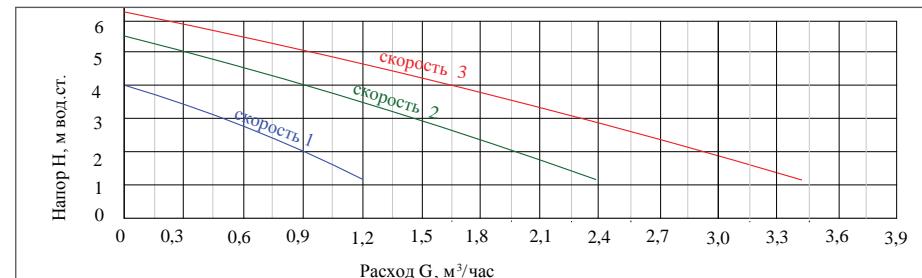


Рис. 4.4.2. Рабочий график насоса VT.VRS25/6

Пример расчёта

Исходные данные: К насосно-смесительному узлу подключена система общей тепловой мощностью $Q = 8000 \text{ Вт}$:

Потери в расчётном циркуляционном кольце составляют $\Delta p_{\max} = 20000 \text{ Па}$.

Перепад температур между прямым и обратным теплоносителем составляет $\Delta t_{mn} = 10^\circ\text{C}$.

Температура теплоносителя, подающегося из первичного контура $t_1 = 80^\circ\text{C}$.

Расчётная температура на выходе из узла VT.Combi $t_{mn1} = 45^\circ\text{C}$.

Балансировочный клапан вторичного контура настроен на $K_{\omega 2} = 3,1 \text{ м}^3/\text{час}$.

Расчёт:

- расход теплоносителя в первичном контуре:

$$G_1 = \frac{3600Q}{c(t_1 - t_{mn1} + \Delta t_{mn})} = \frac{3600 \cdot 8000}{4196(80 - 45 + 10)} = 152,5 \text{ кг/час} \quad (4.4.5)$$

- расход теплоносителя во вторичном контуре:

$$G_2 = \frac{3600Q}{c\Delta t_{mn}} = \frac{3600 \cdot 8000}{4179 \cdot 10} = 689,2 \text{ кг/час} \quad (4.4.6)$$

- требуемый расход насоса:

$$G_{mp} = \frac{G_1}{\rho} = \frac{689,2}{990} = 0,696 \text{ м}^3/\text{час} \quad (4.4.7)$$

- расход через балансировочный клапан вторичного контура:

$$G_{\omega 2} = G_2 - G_1 = 689,2 - 152,5 = 536,7 \text{ кг/час} \quad (4.4.8)$$

- потери давления на балансировочном клапане вторичного контура:

$$\Delta P_{\omega 2} = \left(\frac{G_2}{\rho K_{\omega 2}} \right)^2 = \left(\frac{536,7}{972 \cdot 3,1} \right)^2 = 0,0317 \text{ бар} \quad (4.4.9)$$

- расчётные гидравлические потери в узле:

$$\Delta p_{pacu} = \Delta p_{\max} + 10^5 \Delta P_{\omega 2} = 20000 + 10^5 \cdot 0,0317 = 23170 \text{ Па} \quad (4.4.10)$$

- требуемый напор насоса:

$$H_{mp} \geq 0,0001 \Delta p_{pacu} = 0,0001 \times 23170 = 2,317 \text{ м вод. ст.} \quad (4.4.11)$$

На рабочем графике насоса VT.VRS25/4 наносим рабочую точку (РТ) узла и определяем, что этот насос на первой скорости подходит под требуемые параметры (рис. 4.4.3).

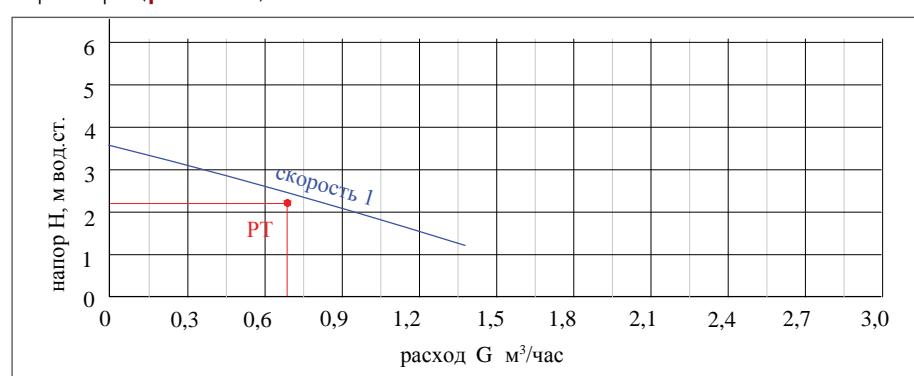


Рис. 4.4.3. Рабочая точка узла на рабочем графике насоса VT.VRS.25/4

4.5 НАСОСНО-СМЕСИТЕЛЬНЫЕ МОДУЛИ СИСТЕМЫ VT.VARIMIX

Для коттеджных котельных мощностью до 120 кВт под торговой маркой VALTEC выпускаются монтажные модули системы VT.Varimix, позволяющие создавать тепловые пункты, обеспечивающие теплоносителем системы радиаторного отопления, вентиляции, ГВС и систем встроенного обогрева (рис. 4.5.1).

Система состоит из модулей, представленных в таблице 4.5.1.

Модули поставляются в теплоизоляции и предусматривают их настенное крепление.

Насосно-смесительные модули VT.VAR20 и VT.VAR21 позволяют создавать в системе отдельные контуры с пониженной температурой теплоносителя, что позволяет их использовать для устройства тёплых полов. Для этого модули нужно доукомплектовать циркуляционными насосами монтажной длиной 180 мм и ротационными приводами смесительных клапанов.

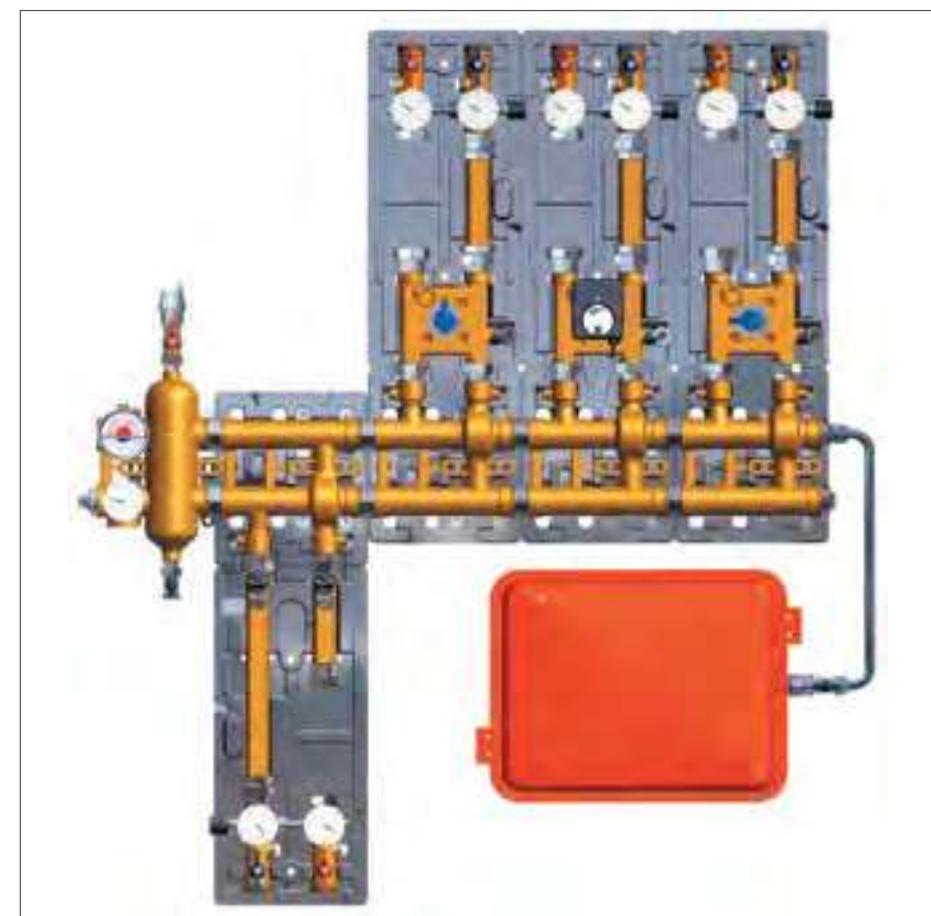


Рис. 4.5.1. Тепловой пункт из модулей системы VT.Varimix

В качестве привода рекомендуется использовать аналоговый ротационный привод VT.ACC 10 со встроенным контроллером (**рис. 4.5.2**).

Этот привод снабжён выносным датчиком температуры и может выполнять следующие функции:

- поддержание температуры теплоносителя (ПИД-регулирование), заданной пользователем;
- измерение и индикация температуры теплоносителя;
- изменение и индикация направления открытия / закрытия клапана, в зависимости от пользовательской установки;
- изменение ориентации дисплея относительно корпуса клапана, в зависимости от расположения привода;
- изменение постоянных ПИД-регулирования (коэффициенты усиления: K_p – пропорциональной составляющей; K_i – интегральной составляющей; K_d – дифференциальной составляющей) по заданию пользователя;
- настройка времени выборки люфта привода;
- возможность перехода к ручному управлению (переключатель на корпусе);
- отображение температур датчика за последнюю неделю.



Рис. 4.5.2
Ротационный сервопривод VT.ACC10

Таблица 4.5.1. Состав системы VT.Varimix

VT.VAR.00 Гидрострелка	VT.VAR.05.SS Гидрострелка из н/ж стали	VT.VAR10 Насосный модуль без байпаса	VT.VAR11 Насосный модуль с байпасом и перепускным клапаном
VT.VAR20 Насосный модуль с трёхходовым клапаном	VT.VAR21 Насосный модуль с четырёхходовым клапаном	VT.VAR30 Коллекторный модуль	

Таблица 4.5.2. Основные технические характеристики насосно-смесительных модулей

Характеристика	Ед. изм.	Значение для модулей	
		VT.VAR20	VT.VAR21
Число ходов смесительного клапана	шт.	3	4
Максимальная пропускная способность клапана, K_{vs}	$\text{м}^3/\text{час}$	4	4
Рабочее давление	МПа	1,0	1,0
Пробное давление	МПа	1,5	1,5
Максимальная температура рабочей среды	°C	+120	+120
Максимальный расход теплоносителя	кг/час	1800	1500
Максимальная подсоединённая тепловая мощность (при $\Delta T=20$ °C)	кВт	42	35
Диаметр условного прохода трубопроводов модуля	Dy, мм	32	32
Монтажная длина насоса	мм	180	180
Пределы настройки перепада давлений перепускного клапана	кПа	20÷60	20÷60
Пропускная способность смесительного клапана при положении настройки:			
1	$\text{м}^3/\text{час}$	0,2	0,2
3	$\text{м}^3/\text{час}$	1,0	1,0
5	$\text{м}^3/\text{час}$	1,9	1,9
7	$\text{м}^3/\text{час}$	3,2	3,2
10	$\text{м}^3/\text{час}$	4,1	4,1

4.6 НАСОСНО-СМЕСИТЕЛЬНЫЕ УЗЛЫ ПОЭЛЕМЕНТНОЙ СБОРКИ

Кроме насосно-смесительных узлов полной заводской готовности, в номенклатуре VALTEC достаточно изделий, из которых можно собрать простейшие насосно-смесительные узлы для обслуживания тёплых полов. Настройка таких узлов, конечно, займёт несколько больше времени, но со своей задачей узлы будут вполне успешно справляться.

Примеры схем таких узлов показаны на рисунках 4.6.1–4.6.4.

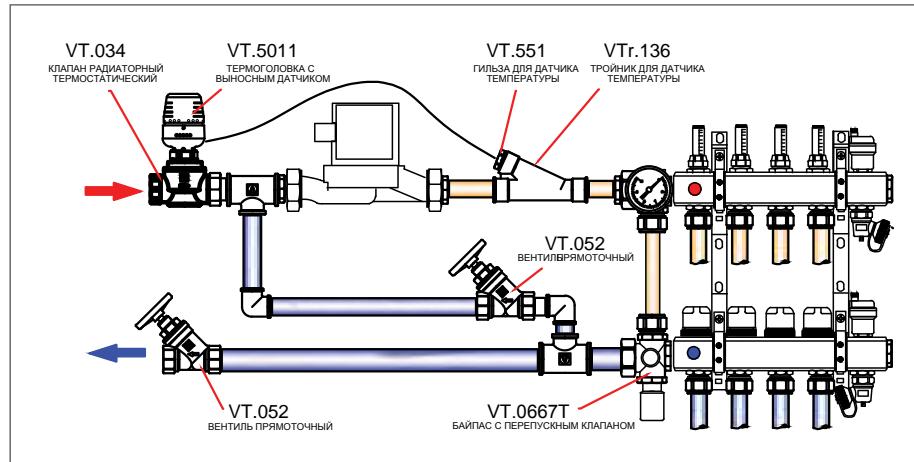


Рис. 4.6.1. Узел на базе радиаторного терmostатического клапана повышенной пропускной способности VT.034 под управлением термоголовки VT.5011

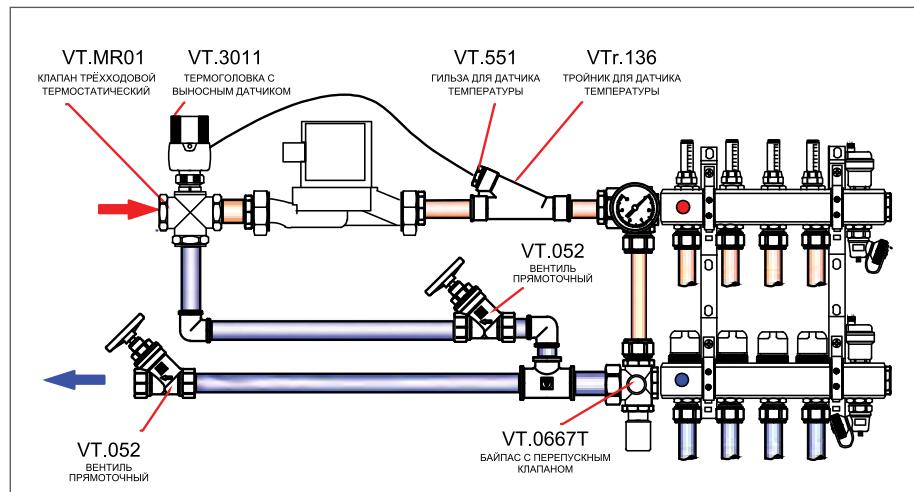


Рис. 4.6.2. Узел на базе трёхходового смесительного клапана VT.MR01 под управлением термоголовки VT.3011

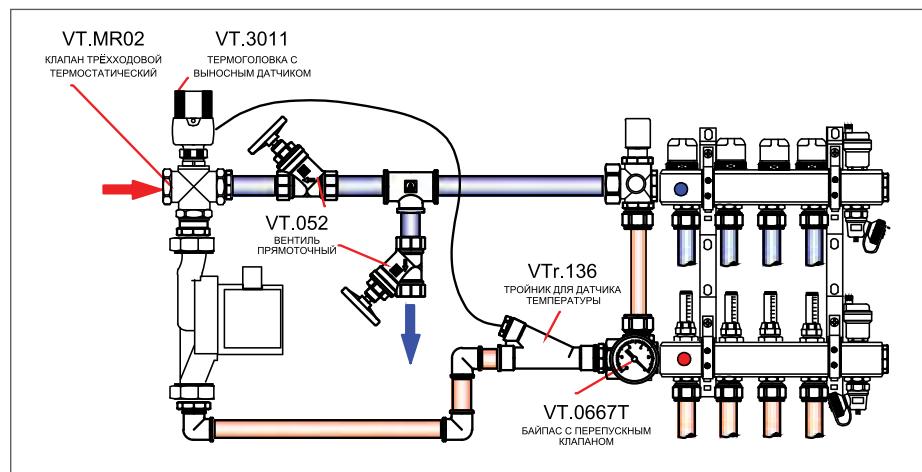


Рис. 4.6.3. Узел на базе трёхходового смесительного клапана VT.MR02 под управлением термоголовки VT.3011

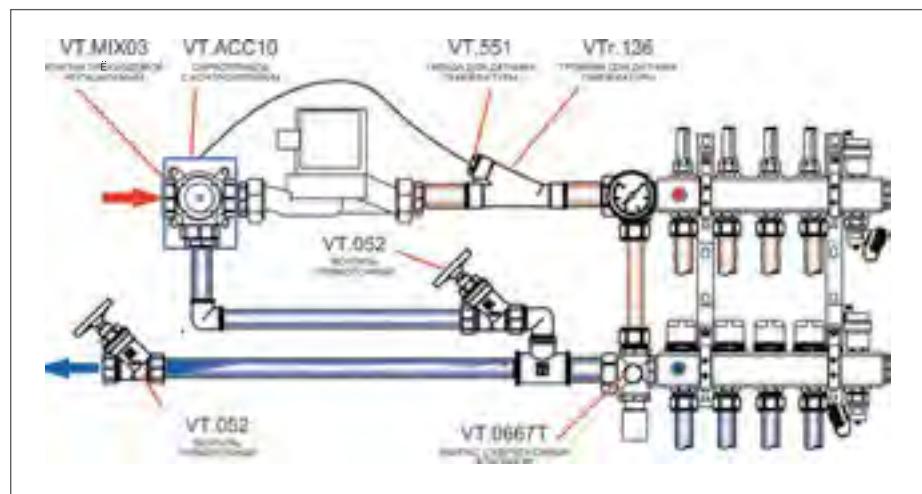


Рис. 4.6.4. Узел на базе трёхходового смесительного клапана VT.MIX03 под управлением сервопривода с контроллером VT.ACC10

5. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

5.1 ЗАДАЧИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

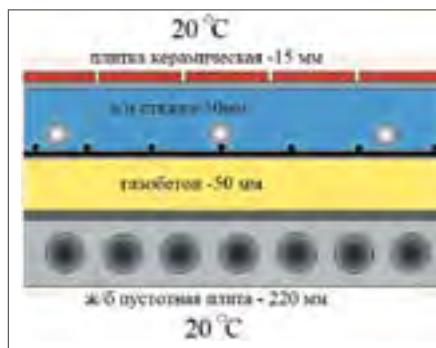


Рис. 5.1.1. Конструкция тёплого пола

Конструкция «пирога» пола показана на рисунке 5.1.1.

Для определения требуемой температуры теплоносителя можно воспользоваться расчётным модулем программы VALTEC.PRG версии 3.1.3 (рис. 5.1.2).

Средняя температура теплоносителя составляет $t_r=31,5$ °C. При перепаде температур в петлях $\Delta t=5$ °C термоголовка насосно-смесительного узла будет установлена на температуру $31,5+(5/2)=34$ °C.

Допустим, никакой регулировки кроме поддержания температуры теплоносителя в насосно-смесительном узле система не имеет.

При наружной температуре $t_{n0}=-28$ °C пол действительно будет отдавать $q_0=60$ Вт/м², поддерживая температуру воздуха в обслуживаемом помещении $t_{v0}=20$ °C. Однако с повышением температуры наружного воздуха картина будет меняться.



Рис. 5.1.2. Результат расчёта температуры теплоносителя

Температуру воздуха в помещении при изменившейся температуре наружного воздуха t_{bi} нетрудно определить из уравнения теплового баланса:

$$t_{bi} = \frac{t_{n0}(t_m - t_{ni}) + t_m(t_{ni} - t_{n0})}{t_m - t_{n0}}, \text{ °C} \quad (5.1.1),$$

где:

t_{ni} – текущая температура наружного воздуха, °C.

Удельный тепловой поток можно определить по формуле:

$$q_i = \frac{(t_m - t_{ai})q_0}{t_m - t_{n0}}, \text{ Вт/м}^2 \quad (5.1.2)$$

Текущая температура пола составит:

$$t_{ni} = t_{ai} + 0,137q_i^{0,91}, \text{ °C} \quad (5.1.3)$$

Результаты расчёта сведены в таблицу 5.1.1.

Таблица 5.1.1. Температура воздуха, удельный тепловой поток и температура воздуха при различной температуре наружного воздуха

Температура наружного воздуха, °C	Температура внутреннего воздуха, °C	Удельный тепловой поток от тёплого пола, Вт/м ²	Температура пола, °C
-28	20	60	25,7
-26	20,4	57,9	25,9
-24	20,8	55,8	26,1
-22	21,2	53,7	26,3
-20	21,5	52,2	26,5
-18	21,9	50,1	26,7
-16	22,3	48	26,9
-14	22,7	45,9	27,2
-12	23,1	43,8	27,4
-10	23,5	41,7	27,6
-8	23,9	39,7	27,8
-6	24,3	37,6	28
-4	24,6	36	28,2
-2	25	33,9	28,4
0	25,4	31,8	28,6
2	25,8	29,7	28,8
4	26,2	27,7	29
6	26,6	25,6	29,2
8	27	23,5	29,4
10	27,3	21,9	29,6

Как видно из приведённой таблицы, отсутствие регулирования напольным отоплением приводит в межсезонье к чрезмерному перегреву воздуха в помещении, а также к повышению температуры пола.

Можно, конечно, при резких изменениях температуры открывать форточки, но отапливать за свой счёт вселенную навряд ли кто захочет. Можно также бегать к насосно-смесительному узлу, чтобы перенастроить уставку термоголовки, однако, такая беготня совершенно не вяжется с понятием «комфорта». Таким образом, можно сформулировать следующие основные задачи автоматического регулирования напольным отоплением:

- поддержание внутреннего климата в помещении в комфортных рамках;
- экономия энергоресурсов;
- исключение излишнего вмешательства пользователя в работу системы.

5.2 КОМНАТНЫЕ ТЕРМОСТАТЫ

Самым простым и доступным решением по регулированию системы напольного отопления является использование комнатных термостатов совместно с электротермическими приводами, управляющими терmostатическими клапанами коллекторного блока.

Принцип работы термостата элементарен: пользователем задаётся желаемая температура внутреннего воздуха (установка). При отклонении температуры воздуха в помещении от установки на величину гистерезиса (разница между температурами включения и выключения), происходит переключение контактов реле, через которые на сервопривод подаётся электропитание. В зависимости от схемы подключения и типа сервопривода (нормально открытый или нормально закрытый), происходит либо открытие, либо закрытие терmostатического клапана, регулирующего подачу теплоносителя в петлю тёплого пола.

Термостат на схеме 1 **рисунка 5.2.1** при повышении температуры разомкнёт питание нормально закрытого сервопривода и там самым перекроет подачу теплоносителя в петлю.

На схеме 2 **рисунка 5.2.1** термостат подключён к нормальному открытому приводу. При повышении температуры воздуха в помещении термостат подаст питание на сервопривод, также перекрыв петлю.

В номенклатуре VALTEC имеется несколько видов комнатных термостатов.

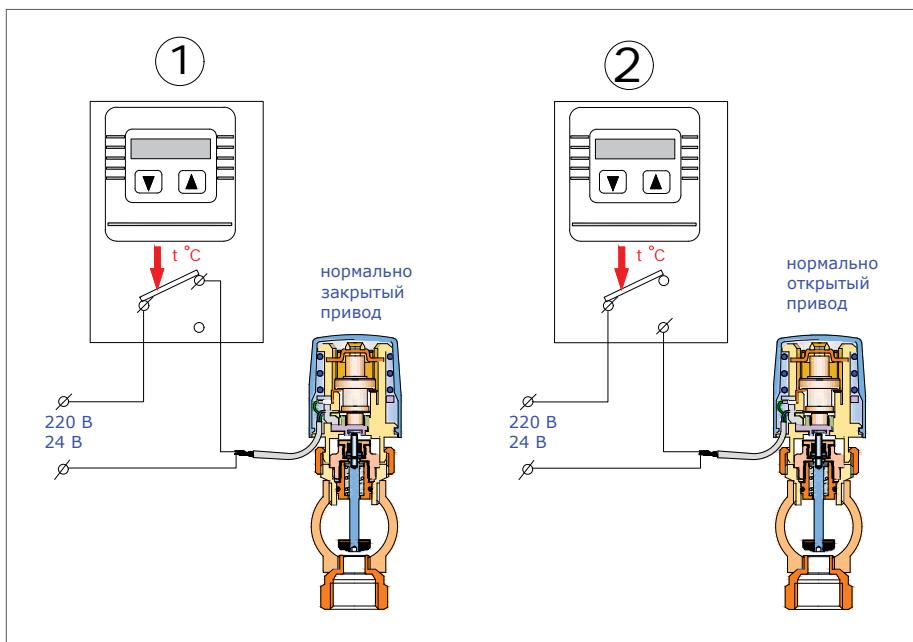


Рис. 5.2.1. Принцип работы комнатного термостата и сервопривода

5.2.1 ТЕРМОСТАТ КОМНАТНЫЙ ПРОВОДНОЙ С ДАТЧИКОМ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛА VT.AC602

Термостат VT.AC602 (см. рис.

5.2.1.1) кроме встроенного датчика температуры воздуха имеет выносной датчик, который встраивается в конструкцию стяжки тёплого пола в гофрокожухе.

При одновременном подключении двух датчиков встроенный датчик температуры является рабочим, а выносной – предохранительным (заводская настройка). То есть, при превышении предельной температуры на выносном датчике происходит отключение нагрузки, независимо от показаний встроенного датчика. Эта функция особенно полезна при покрытиях пола, чувствительных к повышению температуры (например, паркет).

При выборе в качестве рабочего выносного датчика температуры пола, встроенный датчик температуры воздуха становится предохранительным.

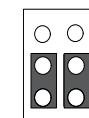
Переключение рабочих датчиков производится на шестиполюсном джампере, расположенном под лицевой панелью (**рис. 5.2.1.2**).

К термостату подводится питание 220 В, которое он при понижении температуры воздуха ниже установки передаёт на сервопривод (**рис. 5.2.1.3**).

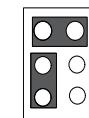
Такая схема предусматривает работу только с нормально закрытыми сервоприводами, а также исключает возможность использования зонального коммуникатора VT.ZC8 (см. раздел 5.3).



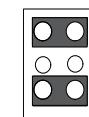
Рис. 5.2.1.1. Комнатный термостат VT.AC602



- рабочий датчик
- выносной
- встроенный датчик
- выключен



- рабочий датчик
- встроенный
- выносной датчик
- выключен



- работают оба датчика
- встроенный - рабочий
- выносной - в качестве ограничителя
- (настройка 30°C)

Рис. 5.2.1.2. Схема переключения датчиков

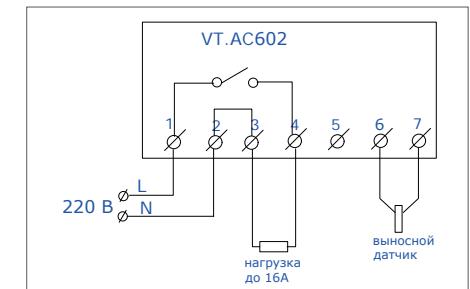


Рис. 5.2.1.3. Схема подключения термостата VT.AC602

5.2.2 ТЕРМОСТАТ КОМНАТНЫЙ ПРОВОДНОЙ VT.AC701



Термостат VT.AC701 (рис. 5.2.2.1) работает от двух батареек AAA 1,5 В и имеет жидкокристаллический дисплей, который в рабочем режиме отражает текущую температуру воздуха в помещении. Он выполнен в настенном исполнении, то есть крепится непосредственно на стену и не требует устройства гнезда с монтажной коробкой.

Рис. 5.2.2.1. Термостат комнатный VT.AC701

Требуемая температура (уставка) задаётся с помощью двух клавиш на передней панели. Термостат может работать как с нормально открытыми (НО), так и с нормально закрытыми (НЗ) сервоприводами с напряжением 220 В и 24 В. Сервопривод подключается в разрыв цепи питания (рис. 5.2.2.2).

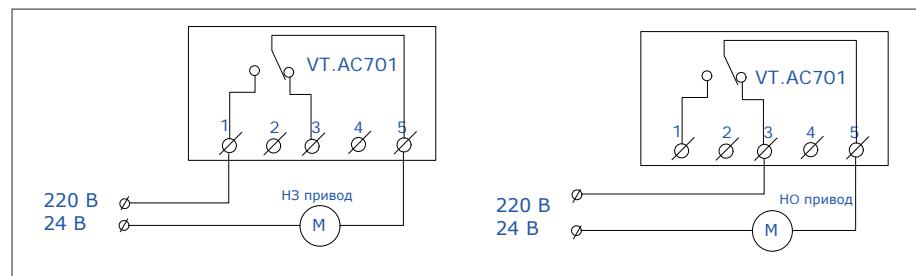


Рис. 5.2.2.2. Схемы подключения термостата VT.AC701

5.2.3 ХРОНОТЕРМОСТАТ КОМНАТНЫЙ ПРОВОДНОЙ С ДАТЧИКОМ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛА VT.AC709

Давайте представим реальный рабочий день обычной семьи. Утром, когда домочадцы поднимаются с постелей, завтракают и собираются на работу, учебу и т. п., температура воздуха в помещениях должна поддерживаться на уровне 20–22 °C. Затем квартира остаётся на попечение кошек и собак, и вполне достаточно, чтобы температура не опускалась ниже 14–15 °C. Вечером семья возвращается домой, и до тех пор, пока все не улягутся спать, нужно снова поддерживать 20 °C. Наконец семья уснула. Для нормального здорового сна температура воздуха в помещении не должна превышать 17 °C (рис. 5.2.3.1).

Получается, что жильцу несколько раз в день придётся подходить к комнатному термостату и менять его настройку. Но даже в этом случае комфортная температура наступит не сразу. В зависимости от тепловой инерционности конструкций

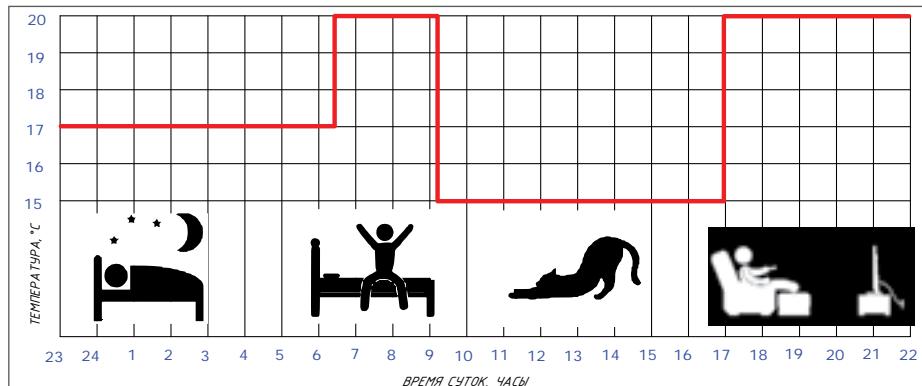


Рис. 5.2.3.1. Пример графика температуры воздуха в помещении

и использованного отопительного оборудования тепловой эффект проявится лишь через 20-30 минут, а то и позже.

Можно, конечно, ничего не регулировать, а по старинке открывать и закрывать форточку, установив на термостате стабильные 20 °C. Владельцы частных домов, коттеджей и квартир, оборудованных теплосчётчиками такому решению уже сейчас не обрадуются. Ведь платить за «открытую форточку» и нагрев «мирового пространства» им приходится из своего кармана. Тем, у кого теплосчётчики ещё не установлены, можно этот метод использовать, если им нравится бегать к форточкам и хлюпать носом от постоянных сквозняков.

Гораздо разумнее поступит тот, кто вместо обычного термостата установит электронный хронотермостат VT.AC709 (рис. 5.2.3.2).

Хронотермостат позволяет программно задавать режимы отопления в разное время рабочих суток и выходных дней. Для этого каждые сутки условно делятся на шесть периодов, время начала каждого из которых задаётся пользователем. То есть, при пятидневной рабочей неделе надо запрограммировать шесть периодов для пяти суток (рабочих) и $2 \times 6 = 12$ периодов для выходных дней. Для каждого из назначенных периодов задаётся требуемая температура воздуха или пола (при назначении в качестве рабочего выносного датчика).

В любой момент времени хронотермостат позволяет вмешаться в программу и перейти на режим ручного управления. Например, кто-то пришёл с работы раньше обычного. Переходя на режим временного ручного управления, он назначает нужную температуру, и прибор будет её поддерживать до конца текущего программного периода, игнорируя программную настройку, а затем автоматически вернётся к работе по программе.



Рис. 5.2.3.2. Хронотермостат проводной VT.AC709

В обычных комнатных термостатах гистерезис (разница между температурами размыкания и замыкания контактов) является фиксированной величиной и составляет, как правило, 1 °C. Кого-то это устраивает, а кому-то желательно поддерживать температуру более точно. Кому-то, наоборот, хочется, чтобы включение / выключение отопительного контура происходило реже. В хронотермостате VT.AC709 гистерезис можно настраивать в диапазоне от 0,5 до 10 °C.

Многие владельцы обычных комнатных термостатов замечают, что температура воздуха, фиксируемая термостатом, часто отличается от температуры, показываемой обычным комнатным термометром. Причин тому может быть несколько: разная температура в разных точках помещения, нагрев прибора при работе, неверная калибровка и т. п. Приходится держать в уме некую поправку, чтобы постоянно корректировать настройку на эту величину. Хронотермостат VT.AC709 имеет режим ручной калибровки встроенного датчика, поэтому поправка будет всегда учитываться автоматически.

Кроме всего прочего, хронотермостат VT.AC709 позволяет включить функцию защиты от замерзания (**рис. 5.2.3.3**). Даже при выключенном термостате (режим OFF) снижение температуры воздуха ниже 5 °C подаст напряжение на сервопривод, обеспечив циркуляцию теплоносителя.



Рис. 5.2.3.3. Информация, отображаемая на экране и назначение кнопок управления VT.AC709 (синим цветом показано значение заводских настроек)

Выносной датчик температуры пола встраивается в стяжку тёплого пола и служит в качестве предохранительного. При превышении предельно допустимой температуры пола, независимо от текущей температуры внутреннего воздуха, терmostат подаст команду на отключение отопления (**рис. 5.2.3.4**).

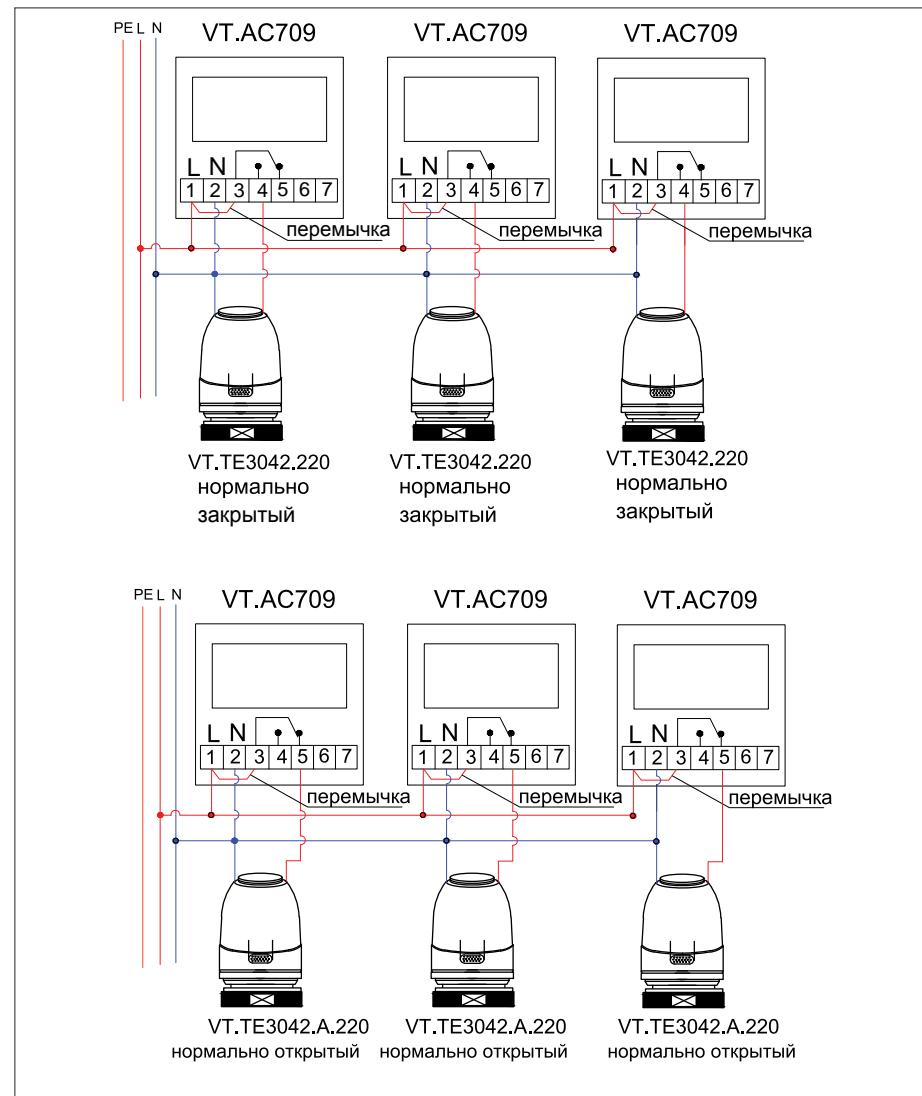
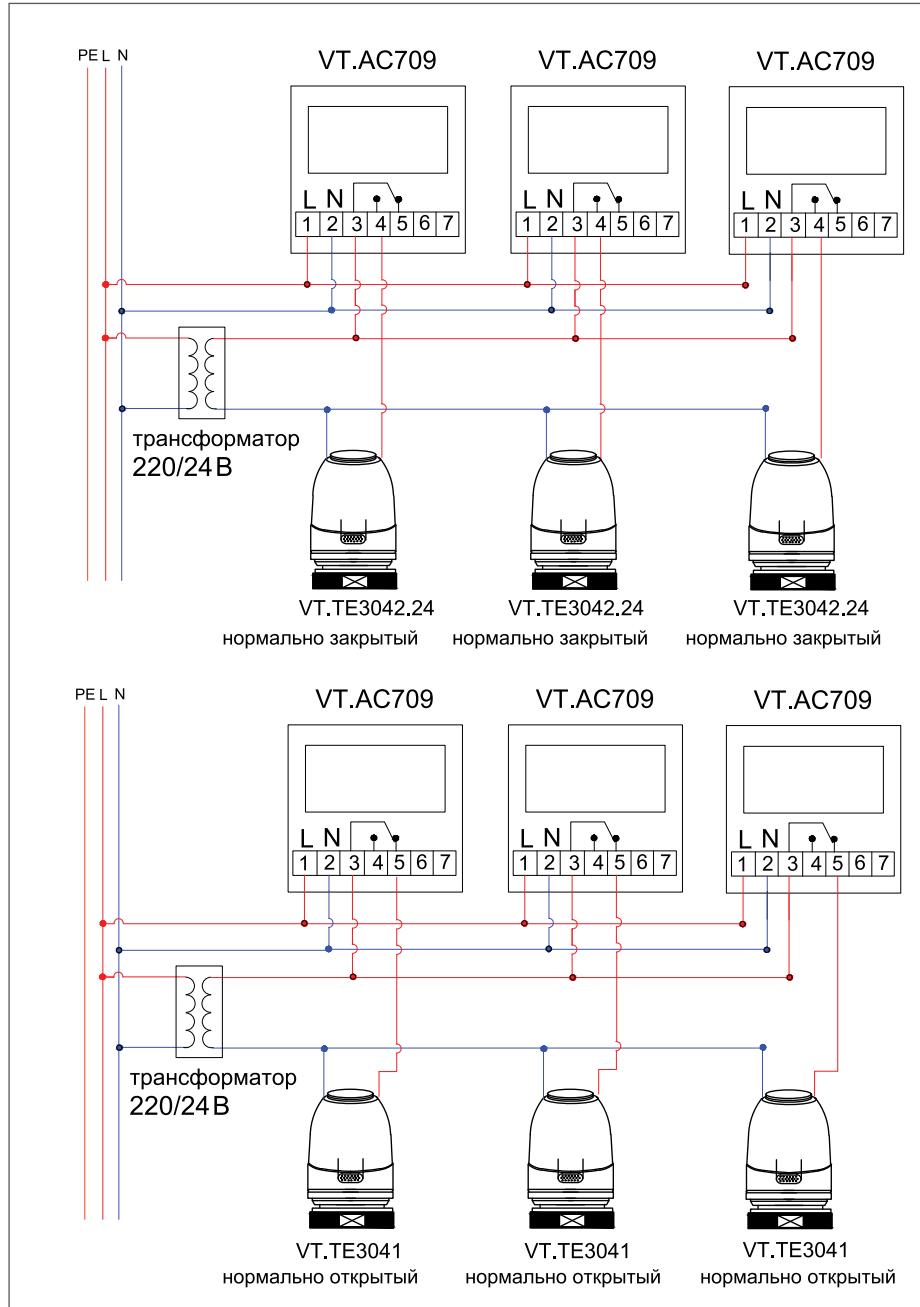


Рис. 5.2.3.4. Схемы подключения хронотермостата VT.AC709



5.2.4 ХРОНОТЕРМОСТАТ КОМНАТНЫЙ ПРОВОДНОЙ С ДАТЧИКОМ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛА VT.AC710

В отличие от VT.AC709 хронотермостат VT.AC710 ([рис. 5.2.4.1](#)) имеет автономное питание от двух батареек АА по 1,5 В. Выносного датчика температуры пола у этого прибора нет.

В соответствии с введённой недельной программой хронотермостат управляет напольным отоплением, поддерживая в помещении один из двух предварительно заданных режимов (КОМФОРТ и ЭКОНОМ).

Каждый из семи дней недели разбит на 48 временных зон (по 30 минут каждая), что позволяет пользователю при программировании хронотермостата обеспечить оптимальный климатический режим в помещениях.

Для удобства оперативного управления климатической системой хронотермостат имеет кнопку ждущего режима, которая позволяет при необходимости временно отключить работу программы и действовать по задаваемому пользователю командам.

Состояние реле (замкнуто/разомкнуто) отображается светодиодным индикатором и надписью на жидкокристаллическом дисплее (System ON /System OFF; [рис. 5.2.4.2](#)).

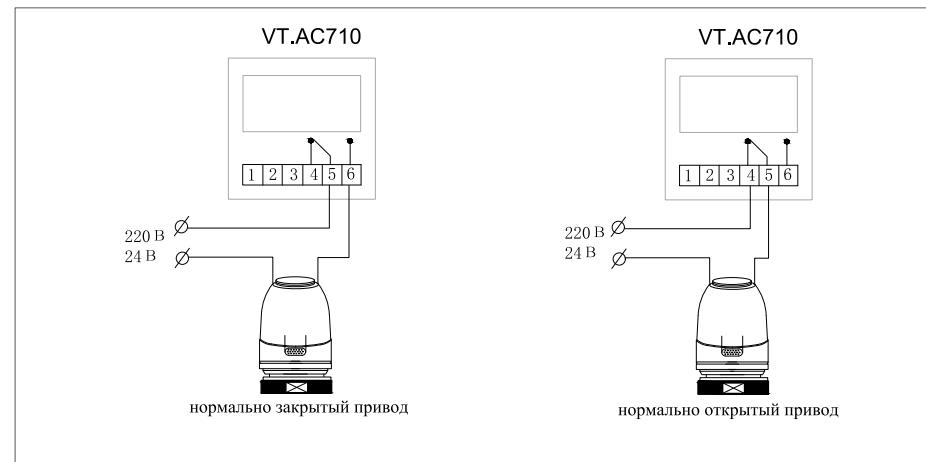


Рис. 5.2.4.2. Схема подключения хронотермостата VT.AC710

5.2.5 ХРОНОТЕРМОСТАТ КОМНАТНЫЙ БЕСПРОВОДНОЙ VT.AC707



Рис. 5.2.5.1. Хронотермостат беспроводной VT.AC707

Все ранее рассмотренные комнатные термостаты соединяются с сервоприводом с помощью провода, что не всегда удобно, а в ряде случаев просто невозможно. В этом случае на помощь придёт беспроводной хронотермостат VT.AC707 (рис. 5.2.5.1).

В его комплект входит приёмник, который принимает управляющий сигнал от хронотермостата, установленного в обслуживаемом помещении и

по проводной схеме передаёт его непосредственно на сервопривод коллекторного блока. Сигнал к приёмнику передаётся по радиоканалу на разрешенной частоте 433 МГц. Приёмник, как правило, располагается рядом с сервоприводом в коллекторном шкафу.

Прибор снабжён сенсорными кнопками управления и позволяет выполнять следующие функции:

- поддержание температуры воздуха в обслуживаемом помещении на уровне, заданном пользователем (программно или вручную);
- дистанционная передача управляющего сигнала на расстояние до 30 м;
- суточное и недельное программирования температурных режимов в помещении (шесть режимов в сутки);
- поддержание режима защиты от замерзания;
- настройка разницы между температурами размыкания и замыкания контактов;
- калибровка показаний встроенного датчика температуры воздуха по данным поверочного термометра;
- экранная индикация режимов работы, времени, температуры воздуха в помещении и заданной для текущего режима температуры воздуха;
- подсветка дисплея;
- блокировка настроек для защиты от несанкционированного вмешательства.

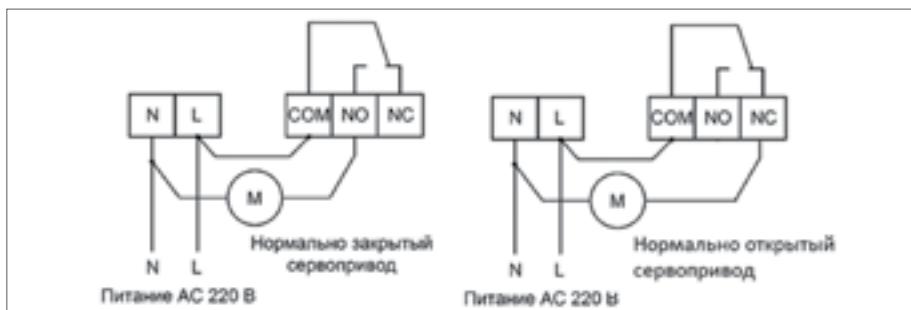


Рис.5.2.5.2. Схемы подключения приёмника хронотермостата VT.AC707

5.2.6 ХРОНОТЕРМОСТАТ ДВУХКОНТУРНЫЙ ПРОВОДНОЙ VT.AC711

Система напольного отопления достаточно часто применяется в качестве дополнения к радиаторному отоплению. В случае использования такой комбинированной схемы, управление отоплением тоже должно быть комбинированным. Это значит, что совместная одновременная работа двух систем в межсезонье (при температуре наружного воздуха от -10 до +8 °C) не требуется. Тёплый пол вполне и сам справится с этой задачей.

Для управления комбинированной системой отопления идеально подходит двухконтурный хронотермостат VT.AC711 (рис. 5.2.6.1).

Этот хронотермостат выполняет такие же функции, как и VT.AC709, но управляет уже не одним, а двумя контурами отопления при помощи дополнительного реле. В меню настроек такого термостата введена величина dT , которая определяет зону температур выше уставки, при которой включено только одно реле (рис. 5.2.6.2).

На термостате задаётся две величины: первая – уставка самого термостата (например -20 °C) и вторая величина – dT (например – 3 °C), которая настраивается один раз и применима при любых значениях уставки. Если фактическая температура воздуха в помещении ниже уставки на 0,5 °C (половинное значение гистерезиса), то это означает, что в помещении холодно и необходимо включить и радиаторное и напольное отопление. Такая ситуация возникает, как правило, в пиковые периоды холода, когда на улице устанавливается температура, близкая к зимней расчётной (для Санкт-Петербурга – минус 28 °C).



Рис. 5.2.6.1. Хронотермостат двухконтурный VT.AC711

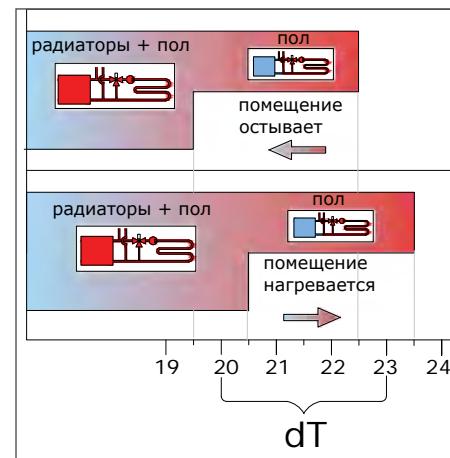


Рис. 5.2.6.2. Схема работы хронотермостата VT.AC711

При возрастании температуры выше уставки ($20^{\circ}\text{C}+0,5^{\circ}\text{C}=20,5^{\circ}\text{C}$) реле, управляющее радиатором, отключается. Таким образом, при оптимальном диапазоне температур будет выключен радиатор, но тёплый пол для обеспечения комфорта в помещении останется включённым. Дальнейшее увеличение температуры воздуха до величины $20+\text{dT}+0,5=23,5^{\circ}\text{C}$ приведёт к выключению и тёплого пола (рис. 5.2.16).

Остывание помещения приведёт сначала к запуску тёплого пола при температуре $20-\text{dT}-0,5=22,5^{\circ}\text{C}$, а при понижении температуры до величины $20-0,5=19,5^{\circ}\text{C}$ подключится и радиаторное отопление.

По умолчанию, величина dT задана равной 3°C , однако, задавать её рекомендуется, исходя из особенностей конкретной системы и тепловой инерционности помещения.

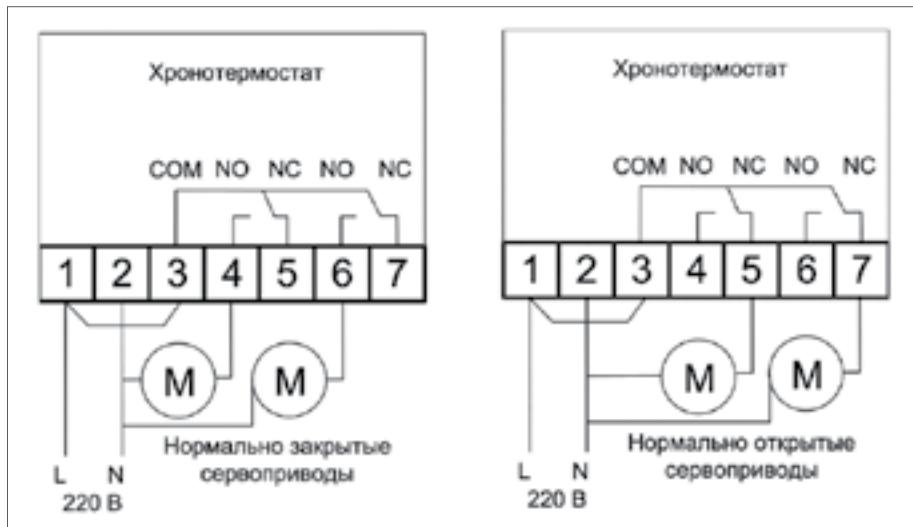


Рис. 5.2.6.3. Схемы подключения хронотермостата VT.AC711

5.2.6 КОМНАТНЫЙ WiFi-ХРОНОТЕРМОСТАТ VT.AC712

Хронотермостат VT.AC712 (рис.

5.2.6.1) имеет WiFi-модуль, обеспечивающий возможность управления температурой помещения при помощи мобильного устройства.

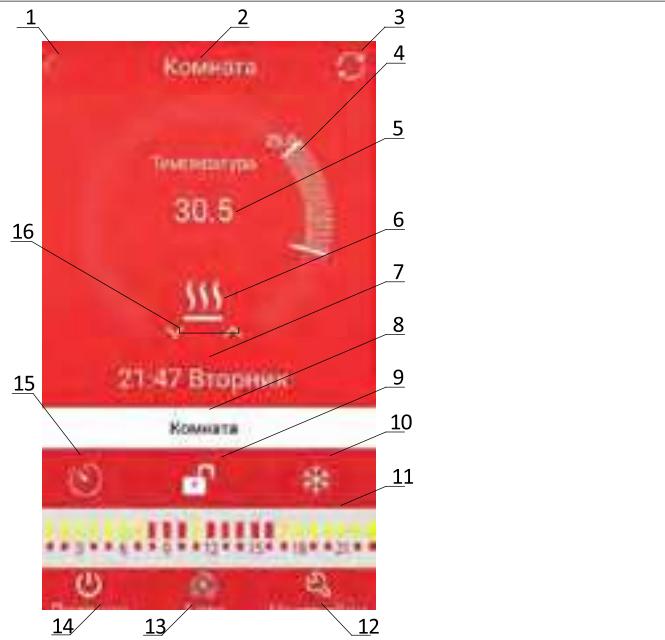
Приложение для мобильного устройства «Valtec Heat Control» (рис. 5.2.6.2) доступно для скачивания в «Play Market» и «Apple Store».

Хронотермостат может выполнять следующие основные функции:

- поддержание температуры воздуха в обслуживаемом помещении на уровне, заданном пользователем (программно или вручную), на основании показаний встроенного или выносного датчика температуры. Выбор рабочего датчика (выносной или встроенный) производится пользователем. По умолчанию рабочим является встроенный датчик температуры;
- управление исполнительными устройствами посредством электромагнитных реле с нормально открытой (НО) / нормально закрытой (НЗ) группой контактов и дополнительного нормально открытого (НО) контакта;
- подключение к WiFi-сети, обеспечивающее возможность управления хронотермостатом посредством мобильного устройства с операционной системой Android или iOS;
- настройка, управление и контроль работы термостата с передней панели устройства и дистанционно посредством мобильного приложения;
- суточное и недельное программирование температурных режимов в помещении (до 6 режимов в сутки);
- установка предельно допустимой температуры;
- поддержание режима защиты от замерзания;
- настройка зоны нечувствительности (величины гистерезиса) между температурами размыкания и замыкания контактов управляющего реле;
- калибровка показаний датчика температуры по показаниям контрольного термометра;
- местная (экранная) и дистанционная (на мобильном устройстве) индикация режимов работы, времени, текущей и заданной рабочим режимом температуры;
- местное управление устройством при помощи сенсорных кнопок;
- подсветка дисплея;
- блокировка настроек для защиты от несанкционированного доступа.



Рис. 5.2.6.1. WiFi-хронотермостат VT.AC712



1. кнопка возврата к экрану выбора термостатов;
2. название термостата;
3. кнопка обновления состояния термостата;
4. индикатор текущей температуры;
5. индикатор заданной температурной уставки;
6. индикация подачи команды на нагрев;
7. текущие время и день недели;
8. поле выбора термостатов (при подключении к приложению нескольких устройств);
9. кнопка-индикатор включения/выключения блокировки кнопок термостата;
10. кнопка включения/выключения режима защиты помещения от замерзания;
11. поле перехода к настройкам периодов недельного программирования (активизируется при длительном нажатии);
12. кнопка перехода к расширенным настройкам хронотермостата (активизируется при длительном нажатии);
13. кнопка-индикатор выбора режима работы (ручной, автоматический, ручной выбор уставки до окончания текущего периода);
14. 1кнопка-индикатор включения/выключения термостата;
15. кнопка установки текущего дня недели и времени (синхронизация с датой и временем на мобильном устройстве);
16. кнопка точной установки температурной уставки вручную (аналог кнопок Δ и ∇ на передней панели термостата).

Рис.5.2.6.2. Интерфейс мобильного приложения «Valtec Heat Control»

5.2.7 КОМНАТНЫЙ ДВУХКОНТУРНЫЙ WiFi-ХРОНОТЕРМОСТАТ VT.AC713

От хронотермостата VT.AC712 хронотермостат VT.AC713 (**рис.5.2.7.1**) отличается только тем, что он может управлять сразу двумя независимыми контурами отопления или охлаждения. Хронотермостат может выполнять следующие основные функции:

- поддержание температуры в двух независимых отопительных контурах обслуживаемого помещения на основании показаний встроенного и выносного датчиков температуры;
- суточное и недельное программирование температурных режимов для одного отопительного контура (например, контура радиаторного отопления) и поддержание постоянной заданной температуры во втором контуре (например, в контуре теплого пола);
- возможность программного отключения одного из отопительных контуров;
- управление исполнительными устройствами посредством двух электромагнитных реле: с нормально открытой (НО) / нормально закрытой (НЗ) группой контактов для первого контура отопления (встроенный датчик) и нормально открытого (НО) контакта для второго контура отопления (выносной датчик);
- возможность переназначения (программной инверсии) контактов реле второго контура
- подключение к WiFi-сети 2,4 ГГц, обеспечивающее возможность управления хронотермостатом посредством мобильного устройства с операционной системой Android или iOS;
- настройка, управление и контроль работы термостата с лицевой панели устройства и дистанционно посредством мобильного приложения;
- поддержание режима защиты от замерзания;
- настройка зоны нечувствительности (величины гистерезиса) между температурами размыкания и замыкания контактов управляющих реле;
- калибровка показаний датчиков температуры по показаниям контрольного термометра (компенсация погрешности измерений температуры);
- местная (экранная) и дистанционная (на мобильном устройстве) индикация режимов работы, времени, текущей и заданной температуры отопительных контуров;
- подсветка дисплея;
- блокировка настроек для защиты от несанкционированного доступа.

Управление прибором может осуществляться как с помощью мобильного приложения «Valtec Heat Control», так и непосредственно с панели управления.



Рис. 5.2.7.1. Хронотермостат VT.AC713

Таблица 5.2.6.1. Основные технические характеристики комнатных терmostатов VALTEC

Характеристика, ед изм.	Модель термостата		
	VT.AC602	VT.AC701	VT.AC707
Тип соединения	провод	провод	радио
Количество управляемых контуров	1	1	1
Наличие ЖК-дисплея	нет	есть	есть
Программирование	нет	нет	неделя
WiFi -управление	нет	нет	нет
Электропитание, В	220 AC	3 DC	3DC термостат 220 приёмник
Коммутируемый ток, А	16	8	3
Коммутируемая мощность, Вт	3400	1800	650
Диапазон регулирования температуры рабочего датчика, °C	+5...+40	+5...+40	+5...+60
Предельная температура настройки выносного датчика, °C	+50	-	-
Монтаж	в коробку K201 УХЛ4; D68	настенный	настенный
Совместимость с коммуникатором ZC8	нет	да	да
Совместимость с сервоприводами типа VT.TE	3040; 3043	3040; 3041; 3043	3040; 3041; 3043

Модель термостата				
VT.AC709	VT.AC710	VT.AC711	VT.AC712	VT.AC713
провод	провод	провод	провод	провод
1	1	2	1	2
есть	есть	есть	есть	есть
неделя	неделя	неделя	неделя	неделя
нет	нет	нет	есть	есть
220 AC	3DC	220 AC	220 AC	220 AC
3	10	3	3	3
650	1000	650	650	650
+10...+55	5÷35	+10...+55	+5÷+60	+5÷+99
+60	-	-	+99	+99
в коробку K201 УХЛ4; D68	настенный	в коробку K201 УХЛ4; D68	в коробку K201 УХЛ4; D68	в коробку K201 УХЛ4; D68
да	да	да	да	да
3040; 3041; 3043	3040; 3041; 3043	3040; 3041; 3043	3040; 3041; 3043	3040; 3041; 3043

5.3 ЗОНАЛЬНЫЙ КОММУНИКАТОР

Если рассмотреть классическую схему простого автоматического управления комбинированной системой отопления (рис. 5.3.1), в которой комнатные термостаты управляют сервоприводами терmostатических клапанов коллекторных блоков, то возникает вопрос: что случится, когда все клапаны окажутся закрытыми?

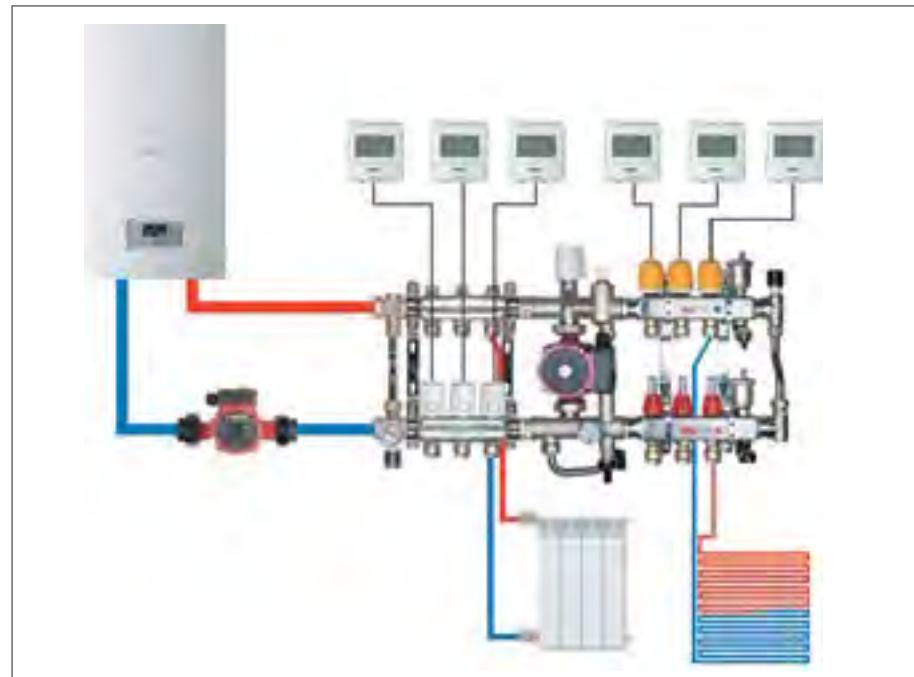


Рис. 5.3.1. Регулирование комбинированной системы отопления с помощью комнатных термостатов и сервоприводов

Очевидно, что в этой ситуации откроются перепускные клапаны на контурах, и теплоноситель начнёт циркулировать по малым кольцам через байпасы. При этом насосы будут расходовать электроэнергию вхолостую. Если же контуры не оборудованы байпасами с перепускными клапанами, то циркуляционные насосы будут работать «на закрытую задвижку», тратя энергию только на нагрев самих себя и теплоносителя в ограниченном пространстве. Циркуляционные насосы VT.RS оборудованы встроенными датчиками перегрева, которые отключают насос при нагреве обмотки статора выше 150°C, однако, это является аварийным режимом, и его регулярное повторение рано или поздно приведёт к межвитковому замыканию обмоток.

В насосно-смесительном узле VT.Dual на этот случай предусмотрен предохранительный термостат, который отключает насос при достижении заданной пользователем температуры (от 30 °C до 90 °C), но у остальных узлов такого термостата нет.



Рис. 5.3.2. Зональный коммуникатор VT.ZC8

Для предотвращения работы насоса «вхолостую» и «на закрытую задвижку», а также для удобной увязки работы сервоприводов с остальным оборудованием системы отопления разработан зональный коммуникатор VT.ZC8 (см. рис. 5.3.2)

К коммуникатору подводятся провода от каждого комнатного термостата, и он передаёт принимаемые сигналы на соответствующий сервопривод или группу сервоприводов. При отсутствии запроса на отопление (все терmostатические клапаны коллектора находятся в закрытом положении), коммуникатор отключает циркуляционный насос или теплогенератор (в зависимости от тепломеханической схемы системы).

Коммуникаторы выпускаются двух типов: для сервоприводов с питающим напряжением 24 В и 220 В.

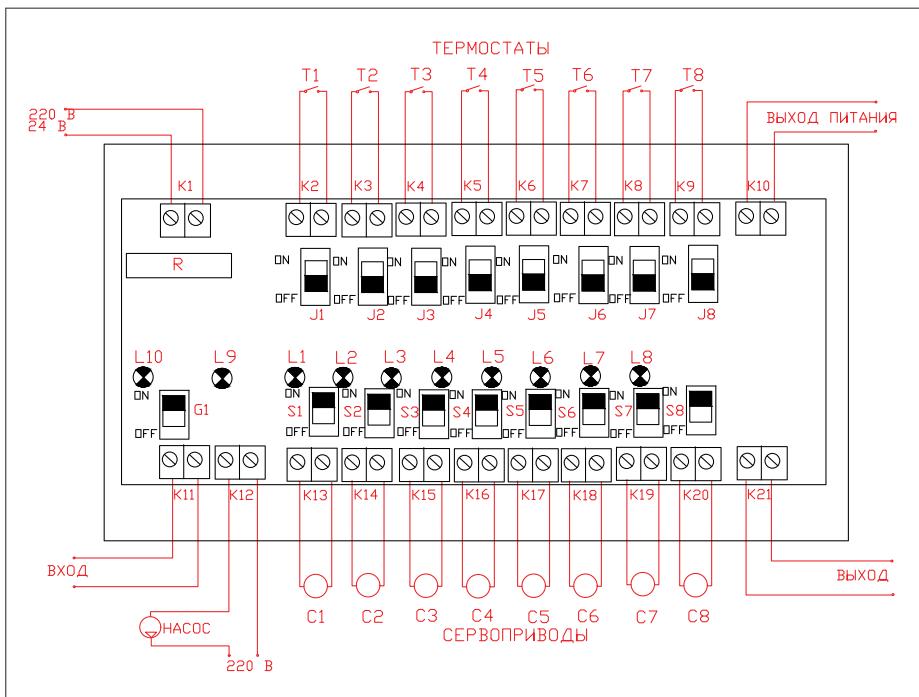


Рис. 5.3.3. Пример схемы подключения коммуникатора VT.ZC8

Назначение клеммных пар, переключателей и светодиодов в коммуникаторе следующее (см. рис. 5.3.3):

K1 – подача электропитания (220 В или 24 В) в зависимости от модификации коммуникатора;

K2÷K9 – подключение комнатных термостатов. К одному коммуникатору можно подключить восемь термостатов;

J1÷J8 – переключатели передачи сигнала. В положении OFF управляющий сигнал передаётся на клеммную пару управления сервоприводами, расположенную напротив (K2-K13-C1; K3-K14-C2 и т. д.). В положении ON сигнал на клеммную пару управления сервоприводами передаётся от соседнего (расположенного слева) термостата. Это позволяет одним термостатом управлять сразу несколькими сервоприводами. Например, на **рисунке 5.3.3** сервоприводами C2, C3 и C4 управляет один термостат T2 через клеммную пару K3, а сервоприводами C5, C6 и C7 управляет термостат T3 через клеммную пару K6;

K10 – передаёт питание на соседний коммуникатор при объединении их в группы (**см. рис. 5.3.4**);

K11 – при объединении нескольких коммуникаторов принимает информацию о состоянии сервоприводов от соседнего коммуникатора для управления циркуляционным насосом;

K12 – управление циркуляционным насосом. При подаче команды закрытия сервоприводов на всех клеммных парах насос отключается;

K13÷K20 – подключение сервоприводов терmostатических клапанов коллектора;

J9÷J16 – переключатели типа сервопривода. В положении OFF подключают-ся нормально закрытые приводы; в положении ON – нормально открытые;

K21 – передача информации о состоянии сервоприводов на соседний коммуникатор при объединении их в группы (**см. рис. 5.3.4**);

G1 – переключатель принудительного отключения насоса (ON – насос вклю-чён для управления коммуникатором; OFF – насос принудительно выключен);

S1÷S8 – индикаторы горят при подаче питания на привод;

S9 – индикатор горит при подаче питания на клеммную пару K1;

S10 – индикатор горит при включённом циркуляционном насосе.

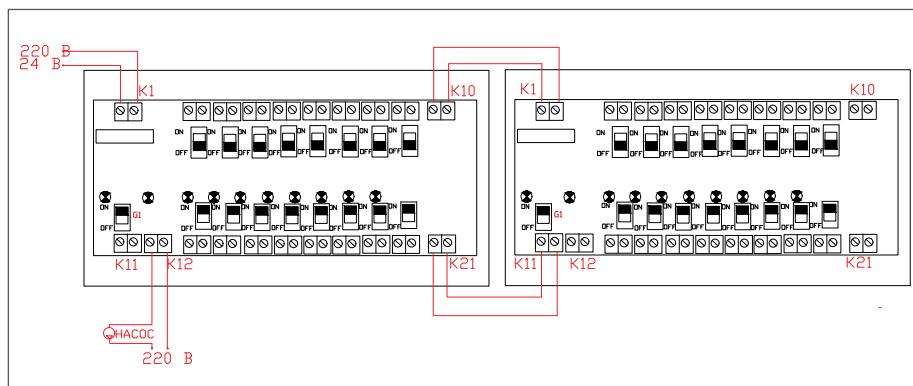


Рис. 5.3.4. Схема соединения двух коммуникаторов

Таблица 5.3.1. Основные технические характеристики коммуникатора VT.ZC8

Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение для модели	
		VT.ZC8.24	VT.ZC8.220
Количество подключаемых сервоприводов (каналов)	шт.	8	8
Напряжение питания	V AC	24	220
Потребляемая мощность	VA	48	440
Максимальный ток коммутации по каналам	A	0,5	0,5
Максимальное напряжение коммутации по каналам	V AC	24	220
Минимальное сечение соединительных кабелей по каналам	мм ²	0,5	0,75
Тип управляемых сервоприводов		НО и НЗ	НО и НЗ
Максимальный ток коммутации реле насоса	A	7	5
Максимальное напряжение коммутации реле насоса	V AC	220	220
Тип контактов реле насоса		нормально открытый	
Ток плавкого предохранителя	A	2	2
Минимальное сечение соединительного кабеля насоса	мм ²	1,5	1,5
Степень защиты корпуса		IP20	IP20
Габариты корпуса ДхШхГ	мм	159x88x59	

5.4 ПОГОДОЗАВИСИМОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Когда речь заходит о необходимости погодного регулирования температуры теплоносителя в контуре напольного отопления, большинство хозяев относится к этому мероприятию, как к модному, но совершенно ненужному «навороту».

«Зачем мне нужен ваш контроллер? Обычные комнатные термостаты прекрасно справляются с задачей регулирования температуры воздуха в помещениях!», – вот такие возражения, как правило, выдвигает заказчик, когда проектировщик пытается включить в проект отопления погодозависимое управление контурами тёплых полов. И дело вовсе не в прижимистости и скрупульности – просто люди толком не понимают, что делает контроллер и каково основное отличие его работы от управления обычными комнатными термостатами.

Давайте попробуем разобраться в этом вопросе.

Когда сервопривод при срабатывании комнатного термостата перекроет подачу теплоносителя в петли тёплого пола, скорость остывания помещения можно описать экспонентой, из которой следует, что время остывания определяется выражением:

$$\tau = \beta \cdot \ln \left(\frac{t_e - t_h}{t_x - t_h} \right), \text{ час}, \quad (5.4.1)$$

где:

t_x – температура помещения после остывания, °C;

t_e – температура помещения до начала остывания, °C;

t_h – температура наружного воздуха, °C;

β – коэффициент аккумуляции теплоты помещением (постоянная времени), час. Этот коэффициент представляет из себя произведение теплоёмкости расчётных слоёв ограждающих конструкций (C), участвующих в теплообмене, на их приведённое сопротивление теплопередаче ($R_{\text{пп}}$). Коэффициент аккумуляции численно равен времени остывания, при котором отношение температурных напоров между внутренней и наружной температурами до начала охлаждения и после охлаждения равно числу «е» (2,718).

Если комнатный термостат настроен на значение внутренней температуры 20 °C и имеет гистерезис 1 °C, то он перекроет петли при температуре 20,5 °C.

Для здания с кирпичными наружными стенами толщиной 640 мм и коэффициентом остекления 0,25, коэффициент аккумуляции теплоты составляет $\beta=60$ часов.

Нетрудно рассчитать, что время, за которое температура в данном помещении снизится на 1 °C (до срабатывания термостата на подачу теплоносителя) при наружной температуре 0 °C, составит:

$$\tau = 60 \cdot \ln \left(\frac{20,5 - 0}{19,5 - 0} \right) = 3 \text{ часа}. \quad (5.4.2)$$

При этом температура воздуха и пола практически уравняются.

Через это время термостат даст команду на открытие клапана, и тёплый пол снова начнёт нагреваться. Допустим, конструкция тёплого пола состоит из цементно-песчаной стяжки и керамической плитки, а средний удельный тепловой поток с поверхности пола составляет 80 Вт/м². Время, за которое пол снова нагреется с 20 °C до 26 °C (расчётная температура тёплого пола), можно ориентировочно рассчитать по формуле:

$$\begin{aligned} \tau_{\text{пол}} &= \Delta t (c_{cm} S_{cm} \delta_{cm} \gamma_{cm} + c_n S_n \delta_n \gamma_n) / 3600 q_{\text{расч}} = \\ &= 6 \cdot (880 \cdot 1 \cdot 0,05 \cdot 1800 + 840 \cdot 1 \cdot 0,015 \cdot 2000) / 3600 \cdot 80 = 2,2 \text{ часа} \end{aligned} \quad (5.4.3)$$

где:

c_{cm} – удельная теплоёмкость стяжки (880 Дж/кг °C);

c_n – удельная теплоёмкость стяжки (840 Дж/кг °C);

c_m – удельная теплоёмкость воды (4187 Дж/кг °C);

$S_{cm}; S_n$ – расчётная площадь стяжки и плиточного покрытия (1 м²);

$\delta_{cm}; \delta_n$ – расчётная толщина стяжки (50 мм) и плиточного покрытия (15 мм);

γ_{cm} – удельный вес материала стяжки (1800 кг/м³);

γ_n – удельный вес материала плиточного покрытия (2000 кг/м³);

γ_m – удельный вес воды (1000 кг/м³);

V_m – объём теплоносителя в 1 погонном метре трубы (0,000113 м³);

b – шаг трубы (0,15 м);

Таким образом, очевидно, что при использовании комнатных термостатов температура поверхности пола становится заметно изменяющейся величиной, и большую часть времени будет лежать вне комфортных пределов. То есть, потратив средства на создание тёплого пола, именно полноценного тёплого пола-то пользователь в итоге и не получит (см. рис. 5.4.1).

Постоянные знакопеременные нагрузки, вызванные циклическими температурными деформациями трубопроводов, снижают срок службы самих труб и могут вызвать ослабление трубных соединений. Циклический режим нагрева и охлаждения постепенно снижает прочность цементно-песчаной стяжки и неблагоприятно сказывается на качестве финишных напольных покрытий.

Если потребитель хочет получить действительно эффективную систему встроенного обогрева, адекватно и оперативно реагирующую на изменение климатических факторов, то в этом случае не обойтись без контроллера с погодозависимой автоматикой.



Рис. 5.4.1. График изменения во времени температуры пола и помещения при прерывистом отоплении

5.5. КОНТРОЛЛЕР VT.K300

Постоянное регулирование температуры теплоносителя в соответствии с изменяющейся температурой воздуха позволяет избавиться от частого включения и выключения сервоприводов на терmostатических клапанах коллекторов системы тёплого пола. В этом случае комнатные термостаты выполняют только вспомогательную роль, корректируя текущую теплопотребность помещений в соответствии с желаниями пользователя.

Полностью оценить преимущества погодозависимого управления системой тёплых полов позволит контроллер VT.K300 (**рис. 5.5.1**). Он не только обеспечит энергоэффективную работу напольного отопления, но и продлит ресурс безаварийной эксплуатации всей системы в целом.

Регулирование контроллером осуществляется на основании информации, получаемой от датчиков температуры теплоносителя, температуры наружного воздуха и температуры внутреннего воздуха в помещении. В качестве датчиков применяются цифровые преобразователи температуры DS18S20 (входят в комплект поставки).

Регулирование температуры теплоносителя контроллером производится путем подачи управляющего импульсного сигнала на сервопривод терmostатического (=24 В) или ротационного клапана смесительного узла. Вычисление требуемой величины управляющего сигнала зависит от выбранного в настройках контроллера типа привода и типа регулирования.

Контроллер VT.K300 поддерживает следующие виды регулирования:

- по графику зависимости температуры теплоносителя от температуры наружного воздуха (погодозависимое регулирование);
- поддержание заданной температуры воздуха помещения с ограничением температуры теплоносителя по погодозависимому графику;
- поддержание заданной температуры воздуха в помещении;
- поддержание постоянной температуры теплоносителя.

Регулирование происходит автоматически по пропорционально-интегрально-дифференциальному (ПИД) закону.



Рис. 5.5.1. Контроллер VT.K300

Смысл такого ПИД-регулирования состоит в следующем:

Прибор вычисляет величину управляющего сигнала по формуле:

$$N = P + I + D = \frac{100}{K_p} \left(\Delta T + \frac{1}{K_i} \int_0^t \Delta T dt - K_d \frac{dT}{dt} \right) \quad (5.5.1)$$

Где:

P – пропорциональная составляющая;

I – интегральная составляющая;

D – дифференциальная составляющая;

K_p ; K_i ; K_d – коэффициенты соответственно пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих, определяемые прибором самостоятельно в процессе автоподстройки под конкретную систему отопления;

ΔT – невязка, равная разнице температуры уставки T_{yc} и текущей температуры теплоносителя T .

При пропорциональном регулировании фактическое отклонение температуры теплоносителя от уставки вызывает пропорциональное изменение управляющего сигнала.

Однако, при таком регулировании значение температуры никогда не стабилизируется на уставке, и процесс превращается в колебательный с постоянными перегревами и охлаждениями. Величина этих отклонений от уставки называется «статической ошибкой». Для устранения данной ошибки контроллером учитывается интегральная составляющая (I), которая равна интегралу «невязок». Она позволяет контроллеру учитывать эту статическую ошибку.

Если система работает в стабильном режиме, то через некоторое время температура теплоносителя устанавливается на заданном значении. Однако, время, за которое система достигает заданного уровня температуры, достаточно велико. Для сокращения времени выхода на уставку используется дифференциальная составляющая. Она пропорциональна темпу (скорости) изменения отклонения температуры от уставки.

ПИД регулирование дает возможность контроллеру оперативно устанавливать в системе требуемый уровень температуры теплоносителя при малейших колебаниях температуры наружного воздуха.

К контроллеру VT.K300 могут подключаться следующие исполнительные устройства:

- электропривод ротационного клапана (управление посредством двух электромагнитных реле),
- электротермический сервопривод смесительного клапана нормально-замкнутого типа (управление с помощью ШИМ сигнала =24 В),
- циркуляционный насос (управление посредством электромагнитного реле).

Контроллер VT.K300 производится в следующих модификациях:

VT.K300.0.0 – стандартная базовая модификация;

VT.K300.W.0 – модификация контроллера со встроенным WI-FI модулем (далее – модификация «W») и возможностью дистанционного управления через Web-интерфейс и мобильное приложение «Valtec Heat Comfort».

Контроллер выполняет следующие основные функции:

- измерение и индикация температуры наружного воздуха;
- измерение и индикация температуры теплоносителя;
- измерение и индикация температуры внутреннего воздуха помещения;
- управление работой циркуляционного насоса по температуре теплоносителя;
- управление электроприводом ротационного клапана или электротермическим сервоприводом смесительного клапана;
- релейное управление любым исполнительным устройством в дискретном режиме;
- ПИД-регулирование;
- настройка величины гистерезиса;
- поддержание температуры теплоносителя по заданной температурной установке;
- погодозависимое регулирование температуры теплоносителя;
- регулирование температуры теплоносителя по температуре воздуха в помещении;
- регулирование температуры теплоносителя по температуре воздуха в помещении, с ограничением температуры теплоносителя по заданному погодозависимому графику;
- поддержание одного из 17 температурных графиков для погодозависимого регулирования;
- режим тестирования исполнительных устройств для отладки системы;
- определение аварийных ситуаций при обрыве и замыкании в цепи датчиков;
- оповещение пользователя об авариях, критических ситуациях и отклонении параметров от заданных значений;
- подключение к WI-FI сети (в модификации контроллера «W»);
- возможность дистанционного контроля и управления системой отопления через web-интерфейс и мобильное приложение Valtec «Heat Comfort» (в модификации контроллера «W»).

График зависимости температуры теплоносителя от наружного воздуха (кривая отопления) выбирается путем задания значения коэффициента ПЗА (рис.5.5.2).

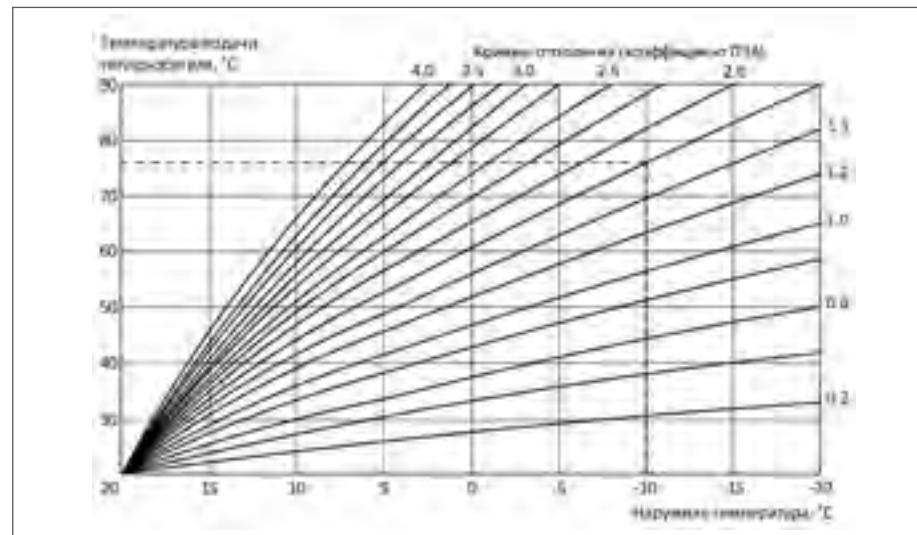


Рис. 5.5.2. График значений коэффициентов ПЗА

Все кривые отопления рассчитаны для целевой температуры воздуха в помещении 20 °C. Существует возможность изменения целевой температуры – это приведет к сдвигу выбранной через коэффициент ПЗА кривой отопления. Например, если в помещении нужно поддерживать 23 °C – необходимо сдвинуть кривую относительно изначального графика вверх, если необходима целевая температура воздуха 17 °C – кривую нужно сдвинуть вниз. Вид графиков со сдвигом представлен на рисунке 5.5.3.

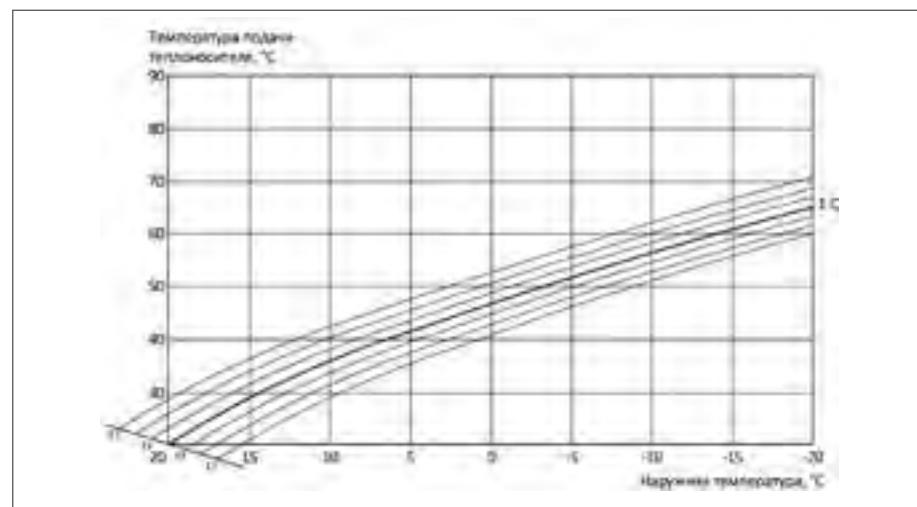


Рис.5.5.3. Смещение температурного графика при изменении целевой температуры воздуха в помещении.

Подсоединение датчиков и исполнительных элементов к контроллеру производится в соответствии со схемой, представленной на **рис. 5.5.4.**

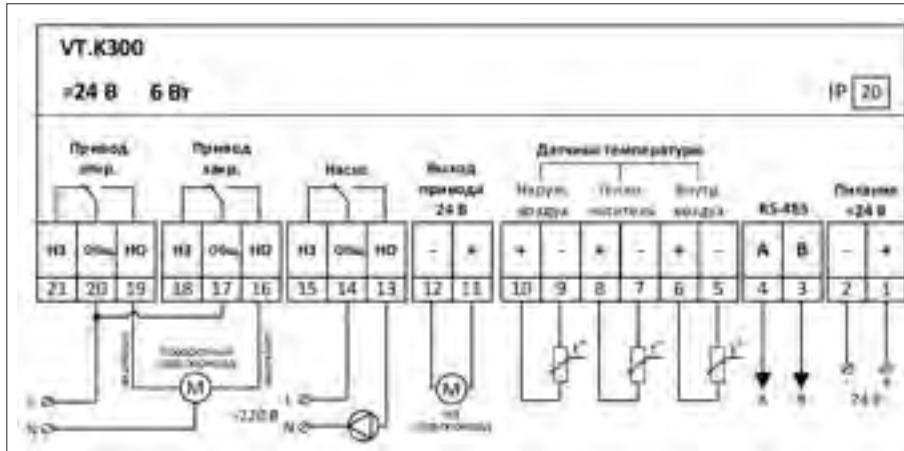


Рис.5.5.4. Схема электроподключений контроллера VT.K300

Подключение электротермического сервопривода производится напрямую к клеммам 11 и 12, при этом к контроллеру могут быть подключены как электротермические сервоприводы с переменным, так и с постоянным напряжением питания. Максимальный ток выхода 200 мА. Исполнение сервопривода должно быть «нормально-закрытым». Для работы с насосно-смесительными узлами VALTEC рекомендуется использовать сервоприводы VT.TE3041.0.024 и VT.TE3043.0.024.

Управление ротационным сервоприводом осуществляется с помощью двух электромагнитных реле с НО и НЗ группой переключающих контактов. Каждое реле отвечает за вращение привода в одну из сторон (на открытие и закрытие).

Таблица 5.5.1. Основные технические характеристики контроллера VT.K300

№	Наименование характеристики	Ед.изм.	Значение
1	Напряжение питания	В	=24 (DC)
2	Потребляемая мощность	Вт	6
3	Периодичность опроса (время между двумя соседними измерениями), $\Delta t_{изм}$	сек	10
4	Интерфейс опроса датчиков температуры		1-Wire
5	Интерфейс обмена данными	RS-485	
6	Связь с сервером (в модификации «W»)		Wi-Fi, 2,4 ГГц, 802.11 b/g/n

7	Количество релейных выходов	шт.	3
8	Максимальное коммутируемое релейными выходами напряжение	В	~240 (AC); =30 (DC)
9	Максимальный коммутируемый релейными выходами ток	А	2,0
10	Максимальное напряжение выхода электротермического привода	В	=33 (AC/DC)
11	Максимальный ток выхода электротермического привода	mA	200
12	Степень защиты корпуса по ГОСТ 14254-2015	IP20	
13	Габаритные размеры	мм	150x100x30
14	Вес	кг	0,22
15	Входное напряжение внешнего блока питания	В	-100-240 (AC)
16	Выходное напряжение внешнего блока питания	В	=24 (DC)
17	Выходной ток внешнего блока питания	А	1

6. РАСЧЁТ ТЁПЛОГО ПОЛА

6.1 ЗАДАЧИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЁТА ТЁПЛОГО ПОЛА

В ходе теплотехнического расчёта тёплого пола обычно решается одна из следующих задач:

а) определение требуемой средней температуры теплоносителя по известному удельному тепловому потоку, полученному в результате расчёта теплопотребности помещения;

б) определение удельного теплового потока от тёплого пола при известной средней температуре теплоносителя.

В случае, когда напольное отопление используется в качестве единственного источника тепла, на первом этапе определяется помещение с наибольшими удельными теплопотерями.

Для этого помещения производится расчёт по схеме «а», то есть определяется требуемая средняя температура теплоносителя. Для остальных помещений эта температура принимается в качестве заданной величины, и дальнейшие расчёты ведутся по схеме «б».

В обоих случаях определяющим критерием расчёта является температура поверхности пола, которая не должна превышать нормативных величин (см. таблицу 1.3.2).

Для корректного теплотехнического расчёта тёплого пола необходимо иметь следующие исходные данные:

- послойная конструкция «пиццы» тёплого пола как над трубами, так и под ними;
- расчётная (требуемая) температура воздуха в отапливаемом помещении;
- коэффициенты теплопроводности каждого слоя «пиццы» тёплого пола;
- температура воздуха в нижележащем помещении. В случае устройства тёплого пола по грунту – расчётная температура наружного воздуха в зимний период;
- назначение отапливаемого помещения (для определения максимально допустимой температуры поверхности пола);
- наружный диаметр и толщину стенок труб тёплого пола;
- коэффициент теплопроводности материала стенок труб тёплого пола.

Следует отметить, что по западным нормативам температура поверхности пола допускается более высокой, чем по российским нормам, что следует учитывать при использовании зарубежных расчётных программ.

Методик теплотехнического расчёта тёплых полов существует несколько. В каждой из них заложен ряд допущений и ограничений, которые также не следует забывать при проектировании. Далее будут изложены некоторые из используемых способов расчёта.

6.2 МЕТОД КОЭФФИЦИЕНТОВ

Метод коэффициентов основан на применении поправочных коэффициентов к известным, экспериментально установленным, удельным тепловым потокам от эталонного тёплого пола при различных температурных напорах (см. таблицу 6.2.1).

Таблица 6.2.1. Характеристики эталонного тёплого пола

№	Характеристика	Ед. изм.	Значение
1	Приведённый коэффициент теплопередачи стенки трубы	Вт/м ² К	6,7
2	Коэффициент теплопроводности стенки трубы	Вт/м К	0,35
3	Толщина стенки трубы	мм	2
4	Наружный диаметр трубы	мм	16
5	Толщина стяжки	мм	45
6	Коэффициент теплопроводности стяжки	Вт/м К	1,0
7	Коэффициент теплоотдачи поверхности пола	Вт/м ² К	10,8
8	Шаг труб	см	7,5

$$q = \Delta t_l \cdot K_{tp} \cdot K_{nn} \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_D \quad (6.2.1),$$

где:

q – удельный тепловой поток, Вт/м;²

Δt – логарифмическая разность между температурой теплоносителя и температурой воздуха в помещении, °C;

K_{tp} – приведённый коэффициент теплопередачи стенки трубы, Вт/м² °C;

K_{nn} – коэффициент, зависящий от термического сопротивления покрытия пола;

K_b – коэффициент шага укладки труб;

K_c – коэффициент толщины стяжки над трубой;

K_D – коэффициент, учитывающий наружный диаметр труб.

Логарифмическая разность температур:

$$\Delta t = \frac{(t_1 - t_2)}{LN \frac{(t_1 - t_b)}{(t_2 - t_b)}} \quad (6.2.2),$$

где:

t_1 и t_2 – температуры соответственно прямого и обратного теплоносителей, °C;

t_b – расчётная температура воздуха в помещении, °C.

Коэффициент теплопередачи стенки трубы:

$$K_{mp} = \frac{K_{tp0}}{1 + \frac{1,1}{\pi} \cdot K_{mp0} \cdot K_{nn} \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_D \cdot b \left(\frac{1}{2\lambda_{cr}} LN \frac{D}{D-2\delta} - \frac{1}{2\lambda_{cr0}} LN \frac{D_0}{D_0-2\delta_0} \right)} = \\ = \frac{6,7}{1 + 2,347 \cdot K_{nn} \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_D \cdot b \left(\frac{1}{2\lambda_{cr}} LN \frac{D}{D-2\delta} - 0,41 \right)} \quad (6.2.3),$$

где:

K_{mp0} – коэффициент теплопередачи эталонной трубы – 6,7 Вт/м² К;

b – шаг труб, м;

δ – толщина стенки трубы, м;

δ_0 – толщина стенки эталонной трубы, – 0,002 м;

D – наружный диаметр трубы, м;

D_0 – наружный диаметр эталонной трубы, – 0,016 м;

λ_{cm} – коэффициент теплопроводности стенки трубы, Вт/м °C;

λ_{cm0} – коэффициент теплопроводности стенки эталонной трубы, – 0,35 Вт/м °C.

Коэффициент влияния термического сопротивления покрытия пола:

$$K_{nn} = \frac{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_{c0}}{\lambda_{c0}}}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_{c0}}{\lambda_c} + R_{nn}} = \frac{0,1376}{0,0926 + \frac{0,045}{\lambda_c} + \Sigma R_{nn}} \quad (6.2.4),$$

где:

α_n – коэффициент теплоотдачи поверхности пола, – 10,8 Вт/м² °C;

δ_{c0} – толщина эталонной стяжки, – 0,045 м;

λ_c – коэффициент теплопроводности стяжки, Вт/м °C;

λ_{c0} – коэффициент теплопроводности эталонной стяжки, – 1,00 Вт/м °C;

R_{nn} – термические сопротивления слоёв покрытия пола (выше стяжки), м² °C /Вт.

Коэффициент шага укладки труб:

$$K_b = (1,23 - 0,4\Sigma R_{nn}^{0,75})^{-\frac{b}{0,075}} \quad (6.2.5)$$

Коэффициент толщины стяжки определяется по формуле:

$$K_c = C^{(4,5-100\delta_c)}, \quad (6.2.6),$$

где:

δ_c – толщина стяжки над трубой, м;

C – коэффициент, определяемый **по таблице 6.2.2**.

Таблица 6.2.2. Значение коэффициента С

Шаг труб, b, см	Значение коэффициента С при термическом сопротивлении покрытия пола, м ² К/Вт			
	0,0	0,05	0,1	0,15
5	1,069	1,056	1,043	1,037
10	1,063	1,05	1,039	1,034
15	1,057	1,046	1,035	1,031
20	1,051	1,041	1,032	1,028
25	1,045	1,035	1,028	1,025
30	1,040	1,031	1,024	1,021
35	1,034	1,026	1,020	1,018

Коэффициент, учитывающий наружный диаметр трубы:

$$K_D = C_D^{250D-5},$$

где:

D – наружный диаметр трубы, м;

C_D – коэффициент, принимаемый **по таблице 6.2.3**.

Таблица 6.2.3. Значения коэффициентов C_D

Шаг труб, b, см	Коэффициент C_D при термическом сопротивлении покрытия пола, м ² °C /Вт			
	0,0	0,05	0,1	0,15
5	1,013	1,013	1,012	1,011
10	1,029	1,025	1,022	1,018
15	1,040	1,034	1,029	1,024
20	1,046	1,040	1,035	1,030
25	1,051	1,046	1,041	1,036
30	1,053	1,049	1,044	1,039
35	1,055	1,050	1,045	1,041

К недостаткам этой методики можно отнести следующие принятые в ней допущения:

- коэффициент теплоотдачи поверхности пола принят постоянным (10,8 Вт/м² °C). В действительности, этот коэффициент является функцией от целого ряда величин (температуры поверхности пола, температур поверхностей окружающих конструкций и скорости движения воздуха у поверхности пола);
- метод коэффициентов может применяться при шаге труб не более 375 мм, толщине стяжки не более 45 мм, термических сопротивлениях покрытия пола не более 0,15 м² °C /Вт, наружных диаметрах труб не более 20 мм.

Данный метод заложен в основу большинства европейских расчётов программ.

6.3 АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД

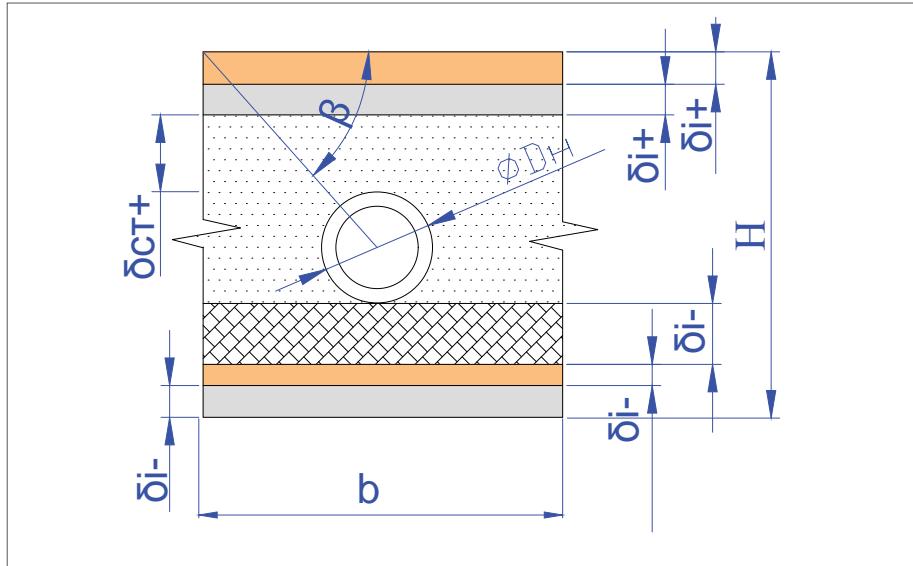


Рис. 6.3.1. Расчётный элемент тёплого пола

Если условно вырезать из тёплого пола полосу шириной равной шагу труб (рис. 6.3.1), то можно предположить, что тепловой поток одной трубы распределяется только внутри этой зоны.

Теплопередачу через боковые грани зоны можно принять нулевой, учитывая, что количество тепла, отданное в соседнюю зону, равно количеству тепла, поступившего из соседней зоны.

Приведённое термическое сопротивление слоёв пола над трубой:

$$R^+ = \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \Sigma \frac{\delta_{i+}}{\lambda_{i+}} + \frac{1}{\alpha^+}, \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт} \quad (6.3.1)$$

где:

λ_{cm} – коэффициент теплопроводности стяжки, $\text{Вт}/\text{м }^\circ\text{C}$;

λ_{i+} – коэффициенты теплопроводности слоёв пола над трубой, $\text{Вт}/\text{м }^\circ\text{C}$;

α^+ – коэффициент теплоотдачи поверхности пола, $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Этот коэффициент является функцией от температуры поверхности пола t_n , а значит – удельного теплового потока:

$$\alpha^+ = 8,92(t_n - t^+)^{0,1} = 7,325q_+^{0,09}, \text{ Вт}/\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C} \quad (6.3.2)$$

где: t^+ – температура воздуха в обслуживаемом помещении, $^\circ\text{C}$.

Для диапазона температур поверхности пола $24 \div 35 \text{ }^\circ\text{C}$ этот коэффициент можно принять $10,8 \text{ Вт}/\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Приведённое термическое сопротивление слоёв пола под трубой:

$$R^- = \Sigma \frac{\delta_{i-}}{\lambda_{i-}} + \frac{1}{\alpha^-}, \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт} \quad (6.3.3)$$

где:

λ_{i-} – коэффициенты теплопроводности слоёв пола под трубой, $\text{Вт}/\text{м }^\circ\text{C}$;

α^- – коэффициент теплоотдачи поверхности потолка нижележащего помещения, $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Коэффициент теплоотдачи нижней поверхности конструкции (если полы не по грунту) для гладких и малооребренных потолков ($h/a \leq 0,3$) принимается $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C})$, для сильнооребренных потолков – $7,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C})$. Для полов по грунту приведенное сопротивление теплопередаче слоев пола под трубой следует считать по формуле:

$$R^- = 2,1 + \sum \frac{\delta_{i-}}{\lambda_{i-}}, \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт} \quad (6.3.4)$$

Второе слагаемое в этой формуле учитывает толщины и коэффициенты теплопроводности только теплоизоляционных слоёв ($\lambda < 1,2 \text{ Вт}/\text{м }^\circ\text{C}$).

Следует иметь в виду, что при использовании **формулы 6.3.4** для определения удельного теплового потока расчётную наружную температуру следует принимать:

- для первой зоны (2 м от поверхности земли) – расчётную температуру наружного воздуха для зимнего периода;
- для второй зоны (от 2 до 4 метров) – минус $7 \text{ }^\circ\text{C}$;
- для третьей зоны (от 4 до 6 метров) – плюс $5 \text{ }^\circ\text{C}$;
- для четвёртой зоны (более 6 метров) – плюс $14 \text{ }^\circ\text{C}$.

Приведённое сопротивление теплопередаче стенок трубы с учётом коэффициента теплоотдачи на внутренней поверхности трубы α_{bh} , принимаемого $400 \text{ Вт}/\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$R_{mp} = \frac{1}{\pi \alpha_{bh} D_{bh}} + \frac{\ln \frac{D_n}{D_{bh}}}{2\pi \lambda_{cm}} (\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт}) \quad (6.3.5)$$

где:

D_{bh} – внутренний диаметр трубы, м;

D_n – наружный диаметр трубы, м;

λ_{cm} – коэффициент теплопроводности материала стенок трубы, $\text{Вт}/\text{м }^\circ\text{C}$.

Решение задачи по определению требуемой температуры теплоносителя по известному удельному тепловому потоку по направлению вверх.

Удельный тепловой поток по направлению вверх:

$$q^+ = \frac{t_c - t^+}{R^+}, \text{ Вт}/\text{м}^2 \quad (6.3.6)$$

где: t_c – температура стенки трубы, $^\circ\text{C}$;

t^+ – температура воздуха в расчётном помещении, $^\circ\text{C}$.

Из формулы 6.3.6 можно получить выражение для температуры стенки трубы:

$$t_c = q^+ R^+ + t^+, \text{ }^\circ\text{C} \quad (6.3.7)$$

Определив температуру стенки трубы, определяется удельный тепловой поток по направлению вниз:

$$q^- = \frac{t_c - t^-}{R^-}, \text{ Вт}/\text{м}^2 \quad (6.3.8)$$

где:

t – температура воздуха в нижележащем помещении, °C;

Зная температуру стенки трубы t_c и суммарный удельный тепловой поток q , находится требуемая температура теплоносителя:

$$t_0 = t_c + q b R_{mp}, \text{ °C} \quad (6.3.9)$$

где:

b – шаг труб, м.

Температура пола над трубой:

$$t_n = t^+ + \frac{q^+}{\alpha^+}, \text{ °C} \quad (6.3.10)$$

Для определения температуры пола между двух соседних труб необходимо найти угол β :

$$\angle \beta = \arctg \left(\frac{2\delta_{cm} + D_u + 2\sum \delta_{i+}}{b} \right), \text{ град.} \quad (6.3.11)$$

Максимальное термическое сопротивление над трубами:

$$R_{max}^+ = \frac{R^+}{\sin \beta}, \text{ м}^2 \text{ °C / Вт} \quad (6.3.12)$$

Минимальная температура пола составит:

$$t_{n,min} = t_c - q^+ b R_{max}^+, \text{ °C} \quad (6.3.13)$$

Решение задачи по определению удельного теплового потока по направлению вверх при известной температуре теплоносителя.

Температура стенки трубы, выраженная через термическое сопротивление стенки трубы:

$$t_c = t_0 - q b R_{mp}, \text{ °C} \quad (6.3.14)$$

Та же температура, выраженная через приведённые термические сопротивления слоёв пола над и под трубами:

$$q = q^+ + q^- = \frac{t_c - t^+}{R^+} + \frac{t_c - t^-}{R^-}$$
$$q R^+ R^- = t_c R^- - t^+ R^- + t_c R^+ - t^- R^+$$
$$t_c = \frac{q R^+ R^- + R^- t^+ + R^+ t^-}{R^+ + R^-}, \text{ °C} \quad (6.3.15)$$

Приравняв выражения 6.3.14 и 6.3.15, получаем формулу для определения общего удельного теплового потока:

$$t_0 - q b R_{mp} = \frac{q R^+ R^- + R^- t^+ + R^+ t^-}{R^+ + R^-} \quad (6.3.16)$$

$$q = \frac{t_0 (R^+ + R^-) - R^- t^+ - R^+ t^-}{R^- R^+ + b R_{mp} (R^+ + R^-)}, \text{ Вт/м}^2 \quad (6.3.17)$$

Далее находится температура стенки трубы **по формуле 6.3.14** и удельный тепловой поток по направлению вверх **по формуле 6.3.6**.

6.4 ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КРАЕВЫХ ЗОН

В случае, когда из-за ограничений температуры пола в основной зоне помещения $t_{n,oz}$ расчётный удельный тепловой поток не может обеспечить восполнение теплопотерь помещения, то есть требуемый поток q_{tr}^+ меньше расчётного q_{oz}^+ , можно использовать устройство краевых зон с повышенной температурой пола $t_{n,kz}$.

Максимально допустимый тепловой поток в основной зоне составит:

$$q_{oz}^+ = \alpha_+ (t_{n,oz} - t^+), \text{ Вт/м}^2 \quad (6.4.1)$$

В краевой зоне:

$$q_{kz}^+ = \alpha_+ (t_{n,kz} - t^+), \text{ Вт/м}^2 \quad (6.4.2)$$

По отношению этих потоков можно найти требуемый процент площади краевой зоны:

$$c = \left(1 - \frac{q_{kz}^+ - q_{mp}^+}{q_{kz}^+ - q_{oz}^+} \right) \cdot 100 \% \quad (6.4.3)$$

Можно решить обратную задачу: по проценту площади краевой зоны найти требуемый удельный тепловой поток краевой зоны:

$$q_{kz}^+ = \frac{100(q_{mp}^+ - q_{oz}^+)}{c} + q_{oz}^+, \text{ Вт/м}^2 \quad (6.4.4)$$

Пример:

Исходные данные:

Требуемый удельный тепловой поток $q_{tr}^+ = 70 \text{ Вт/м}^2$;

Расчётная температура воздуха в помещении: $t^+ = 20 \text{ °C}$;

Предельная температура пола основной зоны $t_{n,oz} = 26 \text{ °C}$;

Допустимая температура пола в краевой зоне $t_{n,kz} = 31 \text{ °C}$.

Решение:

Расчётный удельный тепловой поток в основной зоне:

$$q_{oz}^+ = \alpha_+ (t_{n,oz} - t^+) = 10,8(26 - 20) = 64,8 \text{ Вт/м}^2 \quad (6.4.5)$$

Расчётный удельный тепловой поток в краевой зоне:

$$q_{kz}^+ = \alpha_+ (t_{n,kz} - t^+) = 10,8(31 - 20) = 118,8 \text{ Вт/м}^2 \quad (6.4.6)$$

Необходимый процент площади краевой зоны:

$$c = \left(1 - \frac{q_{kz}^+ - q_{mp}^+}{q_{kz}^+ - q_{oz}^+} \right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{118,8 - 70}{118,8 - 64,8} \right) \cdot 100 = 9,7 \% \quad (6.4.5)$$

6.5 ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЁТА

Графический метод в основном пригоден для ориентировочной оценки требуемых параметров системы тёплого пола. Различными авторами предлагается значительное многообразие графиков и номограмм.

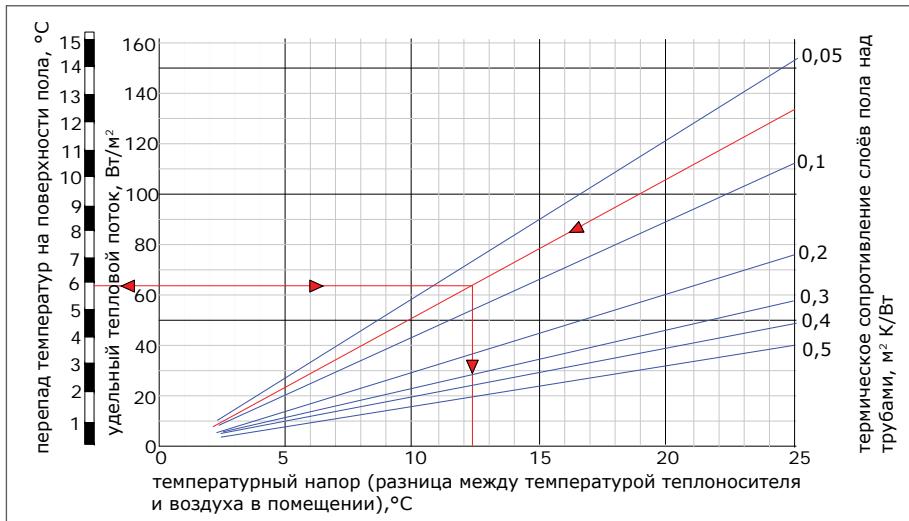


Рис. 6.5.1. График расчёта параметров тёплого пола

Наиболее удобным в этом отношении представляется график, приведённый на **рисунке 6.5.1**. Он составлен для металлополимерных труб размером 16x2,0, уложенных с шагом 15 см. График охватывает диапазон термических сопротивлений слоёв пола над трубами от 0,005 до 0,5 м² °C / Вт.

Пример графического расчёта.

Исходные данные: удельная теплопотребность помещения составляет 62 Вт/м².

Требуется определить необходимую среднюю температуру теплоносителя в петлях тёплого пола, уложенных с шагом 15 см при термическом сопротивлении слоёв пола над трубами - 0,075 м² °C / Вт. Температура воздуха в помещении 20 °C.

Решение:

1. По шкале удельных тепловых потоков находим точку 62 Вт/м².
2. Проводим горизонталь. Пересечение горизонтали со шкалой «Перепад температур на поверхности пола». Получаем значение перепада в 6 °C. Сложив эту величину с известной температурой воздуха в помещении (20 °C), получим температуру поверхности пола 20+6=26 °C.
3. На любой из вертикалей, пересекающих график, находим середину отрезка, отсекаемого прямыми со значениями термических сопротивлений 0,05 и 0,1 м² °C / Вт. Из полученной точки проводим линию к условному центру схождения лучей.

4. Из точки пересечения ранее проведённой горизонтали и проведённой наклонной прямой опускаем перпендикуляр на шкалу температурного напора. Получаем значение 12,3 °C.
5. Прибавив температурный напор к температуре воздуха в помещении, получаем требуемую среднюю температуру теплоносителя в петлях тёплого пола $20+12,3=32,3$ °C.

Если действовать в обратном порядке, то по известной температуре теплоносителя можно определить расчётный удельный тепловой поток.

Можно использовать для упрощённого расчёта графики, построенные для конкретных конструкций пола (**см. рисунки 6.5.2-6.5.7**).

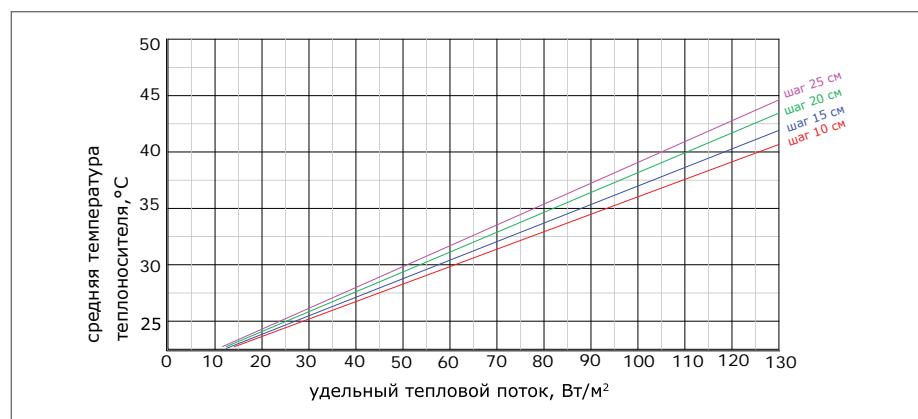


Рис. 6.5.2. Зависимость теплового потока от средней температуры теплоносителя (стяжка 30 мм; керамическая плитка; труба 16x2,0)

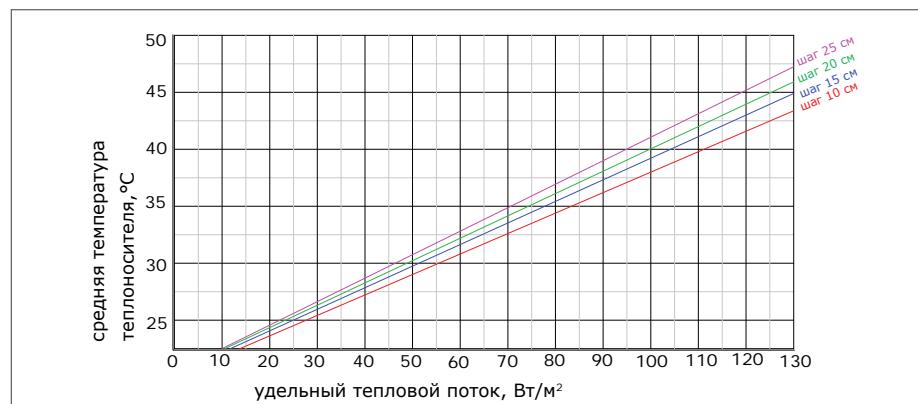


Рис. 6.5.3. Зависимость теплового потока от средней температуры теплоносителя (стяжка 50 мм; керамическая плитка; труба 16x2,0)

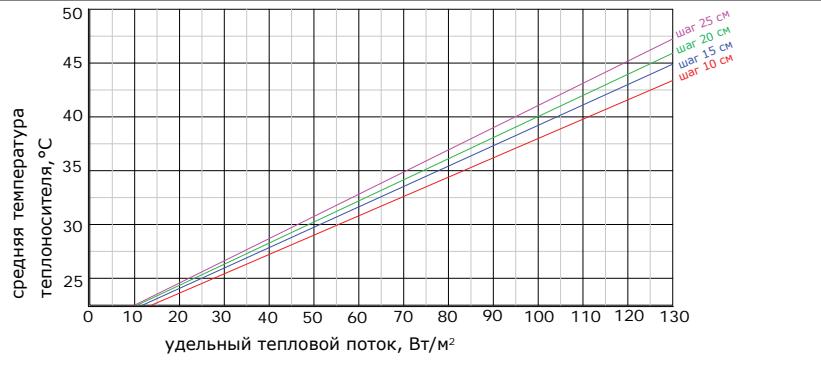


Рис. 6.5.4. Зависимость теплового потока от средней температуры теплоносителя (стяжка 70 мм; керамическая плитка; труба 16x2,0)



Рис. 6.5.5. Зависимость теплового потока от средней температуры теплоносителя (стяжка 30 мм; ковролин; труба 16x2,0)



Рис. 6.5.6. Зависимость теплового потока от средней температуры теплоносителя (стяжка 50 мм; ковролин; труба 16x2,0)

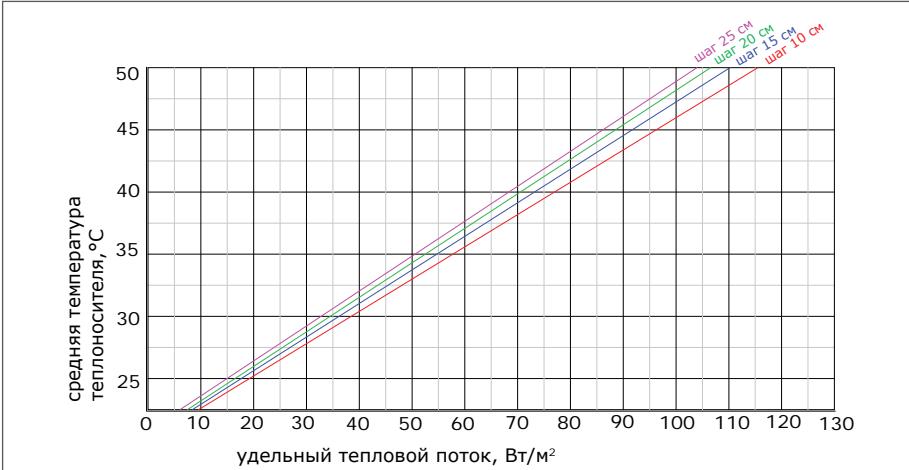


Рис. 6.5.7. Зависимость теплового потока от средней температуры теплоносителя (стяжка 70 мм; ковролин; труба 16x2,0)

6.6 ТАБЛИЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЁТА

Табличный метод расчёта тёплых полов является наиболее практическим с точки зрения проектировщика. По заданным конкретным данным на основании ранее изложенных методик составляются пользовательские расчётные таблицы (см. таблицы 6.6.1–6.6.3).

Таблица 6.6.1. Тепловой поток от труб тёплого пола (потери тепла в нижнем направлении не превышают 10%). Покрытие пола — плитка керамическая ($\lambda=1,00$ Вт/м °C) толщиной 12 мм. Коэффициент теплопроводности стяжки — 0,93 Вт/м °C. Толщина стяжки — «в» от верха трубы

Средняя температура теплоносителя, °C	Температура воздуха в помещении, °C	Удельный тепловой поток по направлению вверх, Вт/м ²								
		шаг труб 10 см			шаг труб 15 см			шаг труб 20 см		
		v=30 мм	v=40 мм	v=50 мм	v=30 мм	v=40 мм	v=50 мм	v=30 мм	v=40 мм	v=50 мм
32,5	15	112	105	98	106	99	93	100	94	89
	20	80	75	70	75	71	67	71	67	63
	25	48	45	42	45	42	40	43	40	8
	35	128	120	112	121	113	107	114	107	101
37,5	15	96	90	84	91	85	80	85	81	76
	20	64	60	56	60	57	53	57	54	51
	25	144	135	127	136	127	120	128	121	114
	40	112	105	98	106	99	93	100	94	89
40	15	80	75	70	75	71	67	71	67	63
	20	160	150	141	151	142	133	143	134	127
	25	128	120	112	121	113	107	114	107	101
	40	96	90	84	91	85	80	86	81	76

Таблица 6.6.2. Покрытие пола – ковролин ($\lambda=0,07$ Вт/м °С) толщиной 5 мм. Коэффициент теплопроводности стяжки – 0,93 Вт/м °С. Толщина стяжки – «в» от верха трубы

Средняя температура теплоносителя, °C	Температура воздуха в помещении, °C	Удельный тепловой поток по направлению вверх, Вт/м ²									
		шаг труб 10 см			шаг труб 15 см			шаг труб 20 см			
		v=30 мм	v=40 мм	v=50 мм	v=30 мм	v=40 мм	v=50 мм	v=30 мм	v=40 мм	v=50 мм	
32,5	15	81	77	74	77	74	71	74	71	68	
	20	58	55	52	55	53	50	53	51	48	
	25	35	33	32	33	32	30	32	30	29	
35	15	92	88	84	88	84	81	85	81	77	
	20	69	66	63	66	63	60	64	61	58	
	25	46	44	42	44	42	40	42	40	39	
37,5	15	104	99	95	99	95	91	95	91	87	
	20	81	77	74	77	74	71	74	71	68	
	25	58	55	53	55	53	50	53	51	48	
40	15	116	110	105	111	105	101	106	101	97	
	20	92	88	84	88	84	81	85	81	77	
	25	69	66	63	66	63	60	64	61	58	

Таблица 6.6.3. Покрытие пола – паркет ($\lambda=0,2$ Вт/м °С) толщиной 15 мм по фанере ($\lambda=0,18$ Вт/м °С) толщиной 12 мм. Коэффициент теплопроводности стяжки – 0,93 Вт/м °С. Толщина стяжки – «в» от верха трубы

Средняя температура теплоносителя, °C	Температура воздуха в помещении, °C	Удельный тепловой поток по направлению вверх, Вт/м ²									
		шаг труб 10 см			шаг труб 15 см			шаг труб 20 см			
		v=30 мм	v=40 мм	v=50 мм	v=30 мм	v=40 мм	v=50 мм	v=30 мм	v=40 мм	v=50 мм	
32,5	15	61	59	57	59	57	55	57	55	53	
	20	43	42	40	42	40	39	41	39	38	
	25	26	25	24	25	24	23	24	23	23	
35	15	70	67	65	67	65	62	65	63	61	
	20	52	50	49	50	49	47	49	47	45	
	25	35	34	32	34	32	31	32	31	30	
37,5	15	78	75	73	76	73	70	73	70	68	
	20	61	59	57	59	57	55	57	55	53	
	25	43	42	40	42	40	39	41	39	38	
40	15	87	84	81	84	81	78	81	78	76	
	20	70	67	65	67	65	63	65	63	61	
	25	52	50	49	50	49	47	49	47	45	

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЁПЛЫМ ПОЛАМ

Пункт и содержание	Норматив
3.7. Применение напольных систем отопления из металлополимерных труб разрешается только от автономного источника теплоснабжения (на объект) или от центрального источника теплоснабжения по независимой схеме	СП 41-102-98
14.7. Полимерные трубы следует прокладывать в защитных футлярах из негорючих материалов в местах возможного механического повреждения под порогами, на стыках плит перекрытий, в местах пересечения перекрытий, внутренних стен и перегородок и т.п.)	СП 60.13330.2020
14.6. При напольном отоплении полимерные трубы следует прокладывать без гофротрубы.	СП 60.13330.2020
14.18. Среднюю температуру поверхности строительных конструкций со встроенными нагревательными элементами в расчетных условиях следует принимать не выше: -29°C - для полов помещений с постоянным пребыванием людей; -23°C - для полов зданий дошкольных образовательных организаций согласно СП 118.13330; -31°C - для полов помещений с временным пребыванием людей, а также для обходных дорожек, скамей крытых плавательных бассейнов. Температура поверхности пола по оси нагревательного элемента в зданиях дошкольных образовательных организаций, жилых зданиях и плавательных бассейнах не должна превышать 35°C. Ограничения температуры поверхности пола не распространяются на встроенные в перекрытие или пол одиночные трубы системы отопления.	СП 60.13330.2020
3.11. Перепад температуры на отдельных участках пола при напольном отоплении не должен превышать 10 °C (оптимально 5 °C)	СП 41-102-98
6.2.1. Оптимальное значение температуры поверхности пола составляет 24±1,5 °C	АВОК 4.4-2013
5.1.1. Трубы должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 52134 для класса 4 эксплуатации	АВОК 4.4-2013
5.4.5. Толщина стяжки над трубой должна быть не менее 30 мм	АВОК 4.4-2013
5.5.3. Термическое сопротивление покрытия пола не должно превышать 0,15 м ² °C/Вт	АВОК 4.4-2013

5.6.6. Поверхность стяжки сложной формы следует разбивать на участки, форма которых будет наиболее приближена к квадрату или прямоугольнику. При этом соотношение длины к ширине участка не должно превышать величину, приблизительно составляющую 1:2	ABOK 4.4-2013
5.6.8. Верхнюю часть шва необходимо обработать герметиком.	ABOK 4.4-2013
5.6.11. Трубы в местах пересечения деформационных швов полного и неполного профилей следует прокладывать в гибком защитном кожухе длиной 0,3-1,0 м	ABOK 4.4-2013
5.7.4. Один коллектор 1" может обеспечивать теплоносителем до 12 петель	ABOK 4.4-2013
5.6. При монтаже систем напольного отопления должны выполняться следующие условия: <ul style="list-style-type: none">• отопительные трубы для одного помещения следует изготавливать из целого куска трубы;• трубы не должны проходить под деформационными швами бетонной заливки, в противном случае они должны иметь защитную оболочку длиной не менее 1 м;• трубопровод напольного отопления должен заливаться бетонным раствором или закрываться покрытием только после проведения гидравлических испытаний на герметичность. Труба при заливке должна находиться под давлением 0,3 МПа;• нагреваемая площадь одного змеевика не должна превышать 30 м² с максимальной длиной одной из сторон 8 м;• минимальная высота заливки над поверхностью трубы должна быть не менее 3 см. Цементно-песчаная смесь должна быть не ниже марки 400 с пластификатором	СП 41-102-98
7.5.3. Во время укладки стяжки в трубах следует поддерживать давление не менее 3 бар. Систему и стяжку следует предохранять от замерзания	ABOK 4.4-2013
7.5.7. Тепловое испытание систем напольного отопления следует осуществлять после того, как стяжка окончательно затвердеет, то есть через 20-28 суток. Испытания следует начинать с температуры 25 °C с ежедневным увеличением температуры на 5 °C до тех пор, пока она не будет соответствовать проектной величине	ABOK 4.4-2013

2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ И МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ

Гидравлические характеристики полимерных и металлополимерных труб при средней температуре теплоносителя 35 °C

Расход, л/с	Вода				Раствор гликоля			
	Труба 16x2,0		Труба 20x2,0		Труба 16x2,0		Труба 20x2,0	
	v, м/с	Δp, Па/м	v, м/с	Δp, Па/м	v, м/с	Δp, Па/м	v, м/с	Δp, Па/м
0,005	0,044	8	0,025	3	0,044	35	0,025	11
0,01	0,088	16	0,05	5	0,088	70	0,05	22
0,015	0,133	24	0,07	8	0,133	105	0,07	33
0,02	0,177	57	0,1	10	0,177	140	0,1	44
0,025	0,221	85	0,124	22	0,221	175	0,124	55
0,03	0,266	117	0,149	30	0,266	209	0,149	66
0,035	0,31	153	0,174	39	0,31	245	0,174	77
0,04	0,354	193	0,199	49	0,354	280	0,199	89
0,045	0,398	237	0,224	61	0,398	315	0,224	100
0,05	0,442	285	0,249	73	0,442	350	0,249	111
0,055	0,487	337	0,274	86	0,487	384	0,274	122
0,06	0,531	393	0,299	100	0,531	420	0,299	132
0,065	0,575	452	0,323	115	0,575	454	0,323	144
0,07	0,619	514	0,348	131	0,619	489	0,348	154
0,075	0,663	580	0,373	148	0,663	892	0,373	166
0,08	0,708	649	0,398	166	0,708	999	0,398	177
0,085	0,752	722	0,423	184	0,752	1111	0,423	188
0,09	0,796	798	0,448	204	0,796	1228	0,448	199
0,095	0,84	877	0,472	224	0,84	1350	0,472	210
0,1	0,884	960	0,498	244	0,884	1477	0,498	377
0,105	0,929	1045	0,522	267	0,929	1608	0,522	410
0,11	0,973	1134	0,547	289	0,973	1745	0,547	445
0,115	1,02	1226	0,572	312	1,02	1886	0,572	481
0,12	—	—	0,597	337	—	—	0,597	518
0,125	—	—	0,622	362	—	—	0,622	556
0,13	—	—	0,647	387	—	—	0,647	596
0,135	—	—	0,672	414	—	—	0,672	637
0,14	—	—	0,696	441	—	—	0,696	679
0,145	—	—	0,722	469	—	—	0,722	721
0,15	—	—	0,746	497	—	—	0,746	766
0,155	—	—	0,771	527	—	—	0,771	811
0,16	—	—	0,796	557	—	—	0,796	857
0,165	—	—	0,821	588	—	—	0,821	905
0,17	—	—	0,846	619	—	—	0,846	953
0,175	—	—	0,871	651	—	—	0,871	1003
0,18	—	—	0,896	685	—	—	0,896	1053
0,185	—	—	0,92	718	—	—	0,92	1105
0,19	—	—	0,945	752	—	—	0,945	1158
0,195	—	—	0,97	787	—	—	0,97	1212
0,2	—	—	0,995	823	—	—	0,995	1267
0,205	—	—	1,02	859	—	—	1,02	1323

3. КОЛЛЕКТОРЫ И КОЛЛЕКТОРНЫЕ БЛОКИ VALTEC

Эскиз, модель, тип, D подключения, шаг выходов	Выходы		Фитинги для присоединения	Кронштейны
	Кол-во	Размер		
 VTc.500.N латунный, 3/4"; 1", шаг 36 мм	2, 3, 4	1/2"НР конус	VTc.709 (PE-X; PE-RT) VTc.710; VTc.712 (МП); VTc.711 (медь); VTp.708.K (PPR)	VTc.IV130.0635 (200 мм) VTc.130 (115 мм)
 VTc.500.NE латунный, 1"; шаг 40 мм	2, 3, 4	3/4"НР евроконус	VT.4410 (PE-X; PE-RT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.IV130.0635 (200 мм) VTc.130.42 (115 мм)
 VTc.550.N латунный, 3/4"; 1", шаг 36 мм	2, 3, 4	1/2"ВР	VTm.201 (МПТ; PE-X; PE-RT) VTm.301 (МПТ) VTp.701 (PPR) VTi.901 (Н/Ж)	VTc.IV130.0635 (200 мм) VTc.130 (115 мм)
 VTc.560.N латунный с регулирующими вентилями для петель обратки, 3/4"; 1", шаг 36 мм	2, 3, 4	1/2"НР конус	VTc.709 (PE-X; PE-RT) VTc.710; VTc.712 (МП); VTc.711 (медь); VTp.708.K (PPR)	VTc.IV130.0635 (200 мм) VTc.130 (115 мм)
 VTc.560.NE латунный с регулирующими вентилями для петель обратки, 1", шаг 40 мм	2, 3, 4	3/4"НР евроконус	VT.4410 (PE-X; PE-RT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.IV130.0635 (200 мм) VTc.130 (115 мм)

 VTc.570.N латунный с регулирующими вентилями для петель подачи, 3/4", шаг 45 мм	2, 3, 4	1/2"НР конус	VTc.709 (PE-X; PE-RT) VTc.710; VTc.712 (МП); VTc.711 (медь); VTp.708.K (PPR)	VTc.IV130.0635 (200 мм) VTc.130 (115 мм)
 VTc.570.NE латунный, с регулирующими вентилями для петель подачи, 3/4", шаг 45 мм	2, 3, 4	3/4"НР евроконус	VT.4410 (PE-X; PE-RT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.IV130.0635 (200мм) VTc.130.42 (115мм)
 VTc.580.N латунный с отсекающими кранами, 1", шаг 36 мм	2, 3	1/2"НР конус	VTc.709 (PE-X; PE-RT) VTc.710; VTc.712 (МП); VTc.711 (медь); VTp.708.K (PPR)	VTc.IV130.0635 (200 мм) VTc.130 (115 мм)
 VTc.580.NE латунный, с отсекающими кранами, 3/4"; 1", шаг 40 мм	2, 3	3/4"НР евроконус	VT.4410 (PE-X; PE-RT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.IV130.0635 (200 мм) VTc.130 (115 мм)
 VTc.505.SS из нержавеющей стали, 1", шаг 50 мм	2-10	3/4"НР евроконус	VT.4410 (PE-X; PE-RT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.130.INX

	VTc.510.SS из нержавеющей стали, 1"; 11/2", шаг 100 мм	2÷10 (1") 4÷7 (11/2")	1/2"HP (1") 3/4" HP (11/2")	VTm.202; VTm.222 (МПТ; PE-X; PE-RT) VTm.302 (МПТ) VTp.702 (PPR) VTi.902 (H/Ж)	VTc.130.INX
	VTc.510.BS из углеродистой стали, 1"; шаг 100 мм	4, 5, 6	1/2" HP	VTm.202; VTm.222 (МПТ; PE-X; PE-RT) VTm.302 (МПТ) VTp.702 (PPR) VTi.902 (H/Ж)	VTc.130.INX RUS.833
	VTc.582.EMNX блок из нержавеющей стали, с терmostати- ческими клапанами и расходомерами 1", шаг 50 мм	3÷10	3/4"HP евроконус	VT.4410 (PE-X; PE-RT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.IV130.0635
	VTc.584.EMNX блок из нержавеющей стали, с терmostатич- ескими и балансировоч- ными клапанами, 1", шаг 50 мм	3÷10	3/4"HP евроконус	VT.4410 (PE-X; PE-RT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.IV130.0635

	VTc.586.EMNX блок из нержавеющей стали, с терmostати- ческими клапанами и расходомерами 1", шаг 50 мм	2÷12	3/4"HP евроконус	VT.4410 (PE-X; PE-RT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.IV130.0650
	VTc.588.EMNX блок из нержавеющей стали, с терmostатич- ескими и балансировоч- ными клапанами, 1", шаг 50 мм	3÷10	3/4"HP евроконус	VT.4410 (PE-X; PE-RT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.130.IN
	VTc.589.EMNX блок из нержавеющей стали, с терmostати- ческими клапанами и расходомерами 1", шаг 50 мм	3÷10	3/4"HP евроконус	VT.4410 (PE-X; PE-RT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.130.IN

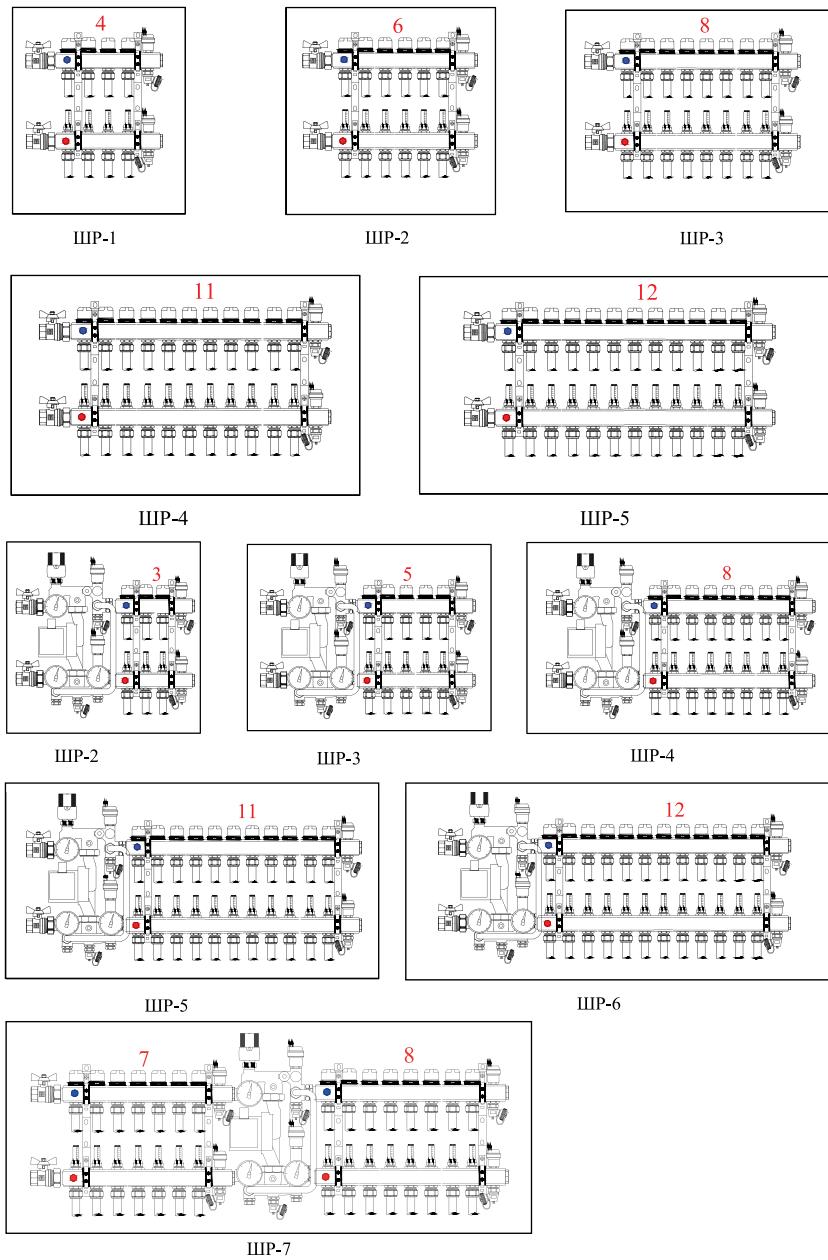
	3÷12	3/4"НР евроконус	VT.4410 (РЕ-X; РЕ-RT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTr.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc. IV130.0650
	3÷12	3/4"НР евроконус	VT.4410 (РЕ-X; РЕ-RT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTr.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc. IV130.0650
		1/2" НР конус 3/4"НР евроконус	для конуса VTc.709 (РЕ-X; РЕ-RT) VTc.710; VTc.712 (МП); VTc.711 (меди); VTr.708.K (PPR) для евроконуса VT.4410 (РЕ-X; РЕ-RT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (меди) VTr.708.E (PPR) VTc.712.NE	RUS.833
		1/2" НР конус 3/4"НР евроконус	для конуса VTc.709 (РЕ-X; РЕ-RT) VTc.710; VTc.712 (МП); VTc.711 (меди); VTr.708.K (PPR) для евроконуса VT.4410 (РЕ-X; РЕ-RT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (меди) VTr.708.E (PPR) VTc.712.NE	RUS.833

4. КОЛЛЕКТОРНЫЕ ШКАФЫ VALTEC

Эскиз	Марка	Высота	Глубина	Ширина
VTc.540 Встраиваемый шкаф				
	ШРВ-1	670÷760	125÷195	494
	ШРВ-2	670÷760	125÷195	594
	ШРВ-3	670÷760	125÷195	744
	ШРВ-4	670÷760	125÷195	894
	ШРВ-5	670÷760	125÷195	1044
	ШРВ-6	670÷760	125÷195	1194
	ШРВ-7	670÷760	125÷195	1344
VTc.541 Пристраиваемый шкаф глубиной 120 мм				
	ШРН-1	650÷691	120	454
	ШРН-2	650÷691	120	554
	ШРН-3	650÷691	120	704
	ШРН-4	650÷691	120	854
	ШРН-5	650÷691	120	1004
	ШРН-6	650÷691	120	1154
	ШРН-7	650÷691	120	1304
VTc.541.D Пристраиваемый шкаф глубиной 135 мм				
	ШРНГ-3	650÷691	135	704
	ШРНГ-4	651÷691	135	854
	ШРНГ-5	651÷691	135	1004
	ШРНГ-6	651÷691	135	1154
	ШРНГ-7	651÷691	135	1304
VTc.541.U Пристраиваемый шкаф глубиной 180 мм				
	ШРНУ-3	650÷691	180	704
	ШРНУ-4	650÷691	180	854
	ШРНУ-5	650÷691	180	1004
	ШРНУ-6	650÷691	180	1154
	ШРНУ-7	650÷691	180	1304

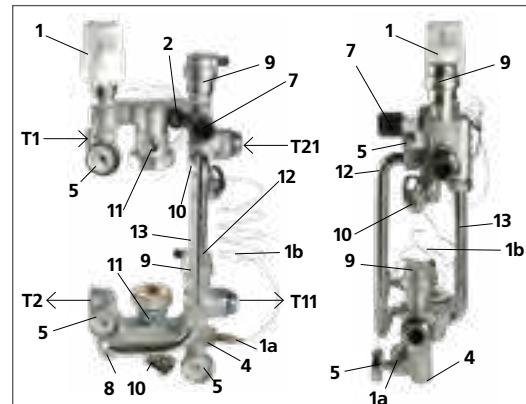
5.

ТАБЛИЦА ПОДБОРА КОЛЛЕКТОРНЫХ ШКАФОВ VALTEC

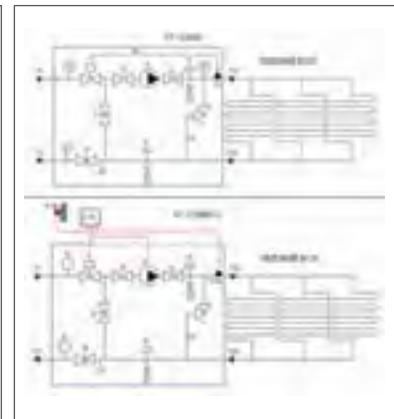


6.

СОСТАВ НАСОСНО-СМЕСИТЕЛЬНОГО УЗЛА VT.COMBI



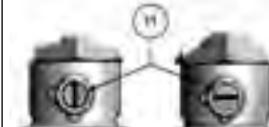
Элементы узла



Тепломеханические схемы узлов

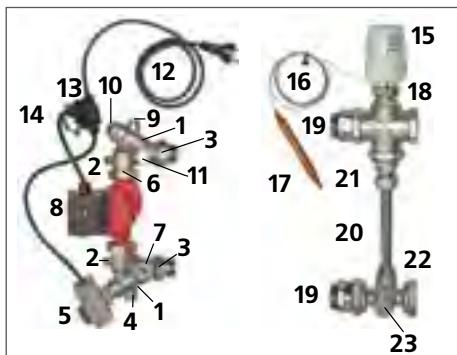
1	Терmostатический регулирующий клапан с жидкостной термоголовкой <i>VT.3011</i> и выносным погружным термочувствительным элементом. <i>Только для узла VT.Combi</i>	Регулирование потока теплоносителя, поступающего из первичного контура в зависимости от температуры теплоносителя на выходе из смесительного узла. <i>Требуемая температура устанавливается термоголовкой</i>
1.1.	Терmostатический регулирующий клапан с электротермическим аналоговым сервоприводом <i>VT.TE3041</i> . <i>Только для узла VT.TE3041</i>	Регулирование потока теплоносителя по командам контроллера (рекомендуется <i>VT.K300</i>). Контроллер формирует управляющий сигнал в зависимости от показаний датчика наружной температуры и датчика температуры теплоносителя. <i>Контроллер и датчики температуры в комплект поставки не входят</i>
1a	Погружной термочувствительный элемент. <i>Только для узла VT.Combi</i>	Фиксирует текущее значение температуры на выходе из смесительного узла с передачей импульса к термоголовке (<i>поз. 1</i>) по капиллярной импульсной трубке (<i>поз. 1b</i>)
1.1.a	Погружной датчик температуры теплоносителя. <i>Только для узла VT.Combi.S.180M</i>	Фиксирует текущее значение температуры на выходе из смесительного узла с передачей данных контроллеру по проводной линии. <i>Датчик входит в комплект поставки контроллера VT.K300</i> .
1b	Капиллярная импульсная трубка терmostатического узла. <i>Только для узла VT.Combi</i>	Связывает между собой жидкостную термоголовку (<i>поз. 1</i>) и погружной термочувствительный элемент (<i>поз. 1a</i>)
1.1.c	Контроллер <i>VT.K300</i> . <i>Только для узла VT.Combi.S.180M</i>	Контроллер управляет сервоприводом (<i>1.1.</i>). по заданному пользователем графику, в зависимости от показаний датчика температуры теплоносителя (<i>поз. 1.1.a</i>) и датчика температуры наружного воздуха (<i>поз. 1.1.d</i>). <i>Контроллер приобретается отдельно</i> .

1.1.d	Датчик наружной температуры. <i>Только для узла VT.Combi.S.180M</i>	Устанавливается на северной стороне здания (желательно) вне зоны воздействия прямых солнечных лучей. Показания датчика обрабатываются контроллером для корректировки температуры теплоносителя в соответствии с заданным пользователем графиком. <i>Датчик входит в комплект поставки контроллера VT.K300.</i>
2	Балансировочный клапан вторичного контура 	Задаёт соотношение между количествами теплоносителя, поступающего из обратной линии вторичного контура и прямой линии первичного контура. От настроичного значения K_{vb} этого клапана и установленного скоростного режима насоса (<i>поз. 3</i>) зависит тепловая мощность смесительного узла. <i>Регулировка клапана осуществляется шестигранным ключом (SW 10)</i>
3	Насос циркуляционный	Обеспечивает циркуляцию теплоносителя во вторичном контуре. <i>Накидные гайки насоса (G 1 1/2") обслуживаются рожковым или разводным ключом (SW 50). Насос приобретается отдельно</i>
4	Гильза резьбовая G1/2" для погружного термочувствительного элемента или датчика температуры	Гильза может быть переставлена в гнездо (<i>поз. 4a</i>). В этом случае освободившееся гнездо либо глушится пробкой, либо используется для установки предохранительного терmostата (<i>дополнительная опция</i>), отключающего циркуляционный насос (<i>поз. 3</i>) при превышении максимально допустимой температуры. Гильза имеет винт, с помощью которого фиксируется положение датчика или термочувствительного элемента. <i>Гильза обслуживается рожковым или разводным ключом (SW 22). Для фиксирующего винта требуется шестигранный ключ SW 2</i>
4a	Гнездо G1/2" для гильзы (<i>поз. 4</i>) или предохранительного терmostата	Гнездо поставляется заглушенным резьбовой пробкой. При необходимости может использоваться для гильзы (<i>поз. 4</i>) или предохранительного терmostата (<i>дополнительная опция</i>), отключающего циркуляционный насос (<i>поз. 3</i>).
5	Термометр погружной (D-41мм) с тыльным подключением	Индикация текущего значения температуры теплоносителя на входе в смесительный узел, вторичном контуре и на выходе из смесительного узла
5a	Гильза резьбовая G 3/8" для погружного термометра	В гильзу вставляется погружной термометр. В комплект поставки VT.Combi входят 3 термометра, VT.Combi.S – 2 термометра. <i>Гильза обслуживается рожковым или разводным ключом (SW 17)</i>
7	Перепускной клапан 	Обеспечивает постоянство расхода теплоносителя во вторичном контуре, независимо от ручной или автоматической регулировки петель тёплого пола. При превышении настроичного значения перепада давлений, клапан перепускает часть потока в байпас (<i>поз. 13</i>), предохраняя насос от работы на «закрытую задвижку». <i>Настройка на требуемое значение перепада давлений осуществляется с помощью пластиковой ручки</i>

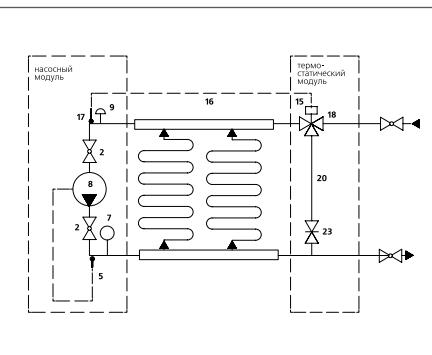
8	Запорный клапан первичного контура	Перекрывает расход теплоносителя, возвращаемого в первичный контур (<i>поз. 12</i>). <i>Для управления необходимо снять заглушку (SW 22). Управление осуществляется шестигранным ключом (SW 5).</i>
9	Автоматический поплавковый воздухоотводчик G1/2"	Автоматическое отведение воздуха и газов из системы. <i>Воздухоотводчик демонтируется и монтируется рожковым или разводным ключом (SW 30). При заполнении системы воздухоотводчик должен быть закрыт</i>
10	Поворотный дренажный клапан G1/2" с заглушкой G3/4"	Опорожнение и заполнение теплоносителем вторичного контура. К клапану может присоединяться гибкая подводка с накидной гайкой, имеющей резьбу G 3/4". <i>Клапан открывается с помощью профильного ключа, имеющегося на заглушке. Монтируется клапан с помощью рожкового или разводного ключа (SW 25)</i>
11	Шаровой клапан 	Отключение насоса для обслуживания или замены. <i>Клапаны открываются и закрываются с помощью шестигранного ключа (SW 6) или отвёртки с плоским шлицем</i>
12	Обратный трубопровод (D 15x1)	Возвращает теплоноситель в первичный контур <i>Присоединен к узлу с помощью двух накидных гаек G3/4" (SW 30)</i>
13	Перепускной байпас	Поддержание циркуляции во вторичном контуре, независимо от потребности в теплоносителе контурами тёплого пола. <i>Присоединен к узлу с помощью угольника G1/2"x3/4" (H-B) и накидной гайки G3/4" (SW 30)</i>
T1	Присоединение подающего трубопровода первичного контура	G 1" (B)
T2	Присоединение обратного трубопровода первичного контура	G 1" (B)
T11	Присоединение подающего трубопровода или коллектора вторичного контура (контура тёплого пола)	Соединение с коллекторным блоком осуществляется с помощью сдвоенного ниппеля VT.0606 G 1" (H). <i>Монтаж производится рожковым ключом VT.AC671 (SW41)</i>
T21	Присоединение обратного трубопровода или коллектора вторичного контура (контура тёплого пола)	Соединение с коллекторным блоком осуществляется с помощью сдвоенного ниппеля VT.0606 G 1" (H). <i>Монтаж производится рожковым ключом VT.AC671 (SW41)</i>

7.

СОСТАВ НАСОСНО-СМЕСИТЕЛЬНОГО УЗЛА VT.DUAL



Элементы узлов



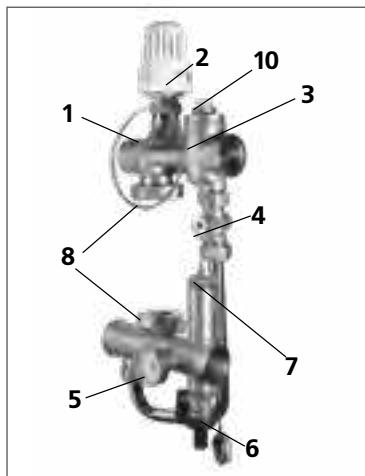
Тепломеханическая схема узла

Поз.	Наименование элемента	Функция элемента
1	Шестиходовой блок-соединитель (2 шт.)	Включает в себя шаровой кран, патрубки для присоединения коллекторов, насоса, манометров, терmostатов, датчиков и воздухоотводчика
2	Шаровой клапан	Отключение насоса для обслуживания или замены. <i>Клапаны открываются и закрываются с помощью шестигранного ключа (SW 6) или отвёртки с плоским шлицем</i>
3	Полусгон с накидной гайкой	Присоединение коллекторов G 1" (HP)
4	Пробка резьбовая 3/8"	Заглушает резьбовой патрубок, который может использоваться для установки сливного клапана 3/8"
5	Терmostат предохранительный, настраиваемый, погружной	Отключает насос в случае превышения настроичного значения температуры теплоносителя
6	Гайка накидная G 11/2"	Для присоединения насоса
7	Термометр погружной (D-41мм) с тыльным подключением	Индикация текущего значения температуры теплоносителя на входе в подающий коллектор
8	Насос циркуляционный	Обеспечивает циркуляцию теплоносителя во вторичном контуре (<i>приобретается отдельно</i>). Накидные гайки насоса (G 1 1/2") обслуживаются рожковым или разводным ключом (SW 50)
9	Воздухоотводчик ручной (кран Маевского) 3/8"	Для ручного выпуска воздуха и газов
10	Гильза резьбовая G1/2" для погружного термочувствительного элемента	В гильзу вставляется термочувствительный элемент (поз. 17) термостатической головки (поз. 15). Гильза имеет винт, с помощью которого фиксируется положение датчика. <i>Гильза обслуживается рожковым или разводным ключом (SW 22). Для фиксирующего винта требуется шестигранный ключ SW 2</i>

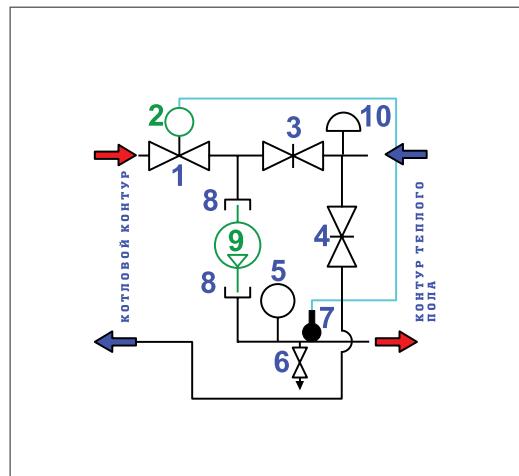
11	Пробка патрубка для установки погружного термометра G1/2"	Унифицированный шестиходовой блок (поз. 1) имеет патрубки для установки погружных термометров, которые используются в зависимости от расположения блока (правое, левое, верхнее, нижнее). Неиспользованные патрубки перекрыты пробками
12	Шнур электропитания	Для подключения насоса к электросети 220 В 50 Гц
13	Клеммная коробка	В коробке соединяются электропровода от предохранительного терmostата и насоса. <i>Схема подключения:</i>
14	Хомут крепёжный	Для крепления клеммной коробки к шестиходовому блоку-соединителю
15	Головка термостатическая жидкостная	Регулирует подачу первичного теплоносителя в зависимости от температуры на выходе из смесительного узла. Требуемая температура выставляется вручную
16	Капиллярная импульсная трубка термостатического узла	Связывает между собой жидкостную термоголовку (поз. 15) и её термочувствительный элемент (поз. 17)
17	Термочувствительный элемент термоголовки	Фиксирует мгновенное значение температуры на выходе из смесительного узла с передачей импульса к термоголовке (поз. 15) по капиллярной импульсной трубке (поз. 16)
18	Клапан трёхходовой термостатический	Регулирует подачу первичного теплоносителя (подмес) за счёт воздействия термоголовки.
19	Ниппель сдвоенный VT.0606 G 1" (H)	Для присоединения коллектора. <i>Соединение осуществляется с помощью двух рожковых ключей (SW 41)</i>
20	Байпас перепускной	При перекрытии коллекторных контуров перепускает теплоноситель из подающего коллектора к обратному. При выключении насоса обеспечивает циркуляцию теплоносителя в первичном контуре
21	Накидная гайка (с обжимным кольцом) крепления перепускного байпаса G 1/2"	Для крепления перепускного байпаса к трёхходовому клапану
22	Тройник со встроенным балансировочным клапаном	Имеет патрубки G 1"(B-B) для присоединения к первичному контуру и коллектору
23	Клапан балансировочный перепускного контура	Регулирует перепад давления между подающим и обратным коллектором в режиме перекрытия контуров тёплого пола. <i>Для регулировки необходимо снять заглушку (SW 22). Регулировка осуществляется шестигранным ключом (SW 5)</i>

8.

СОСТАВ НАСОСНО-СМЕСИТЕЛЬНОГО УЗЛА VT.VALMIX



Элементы узла

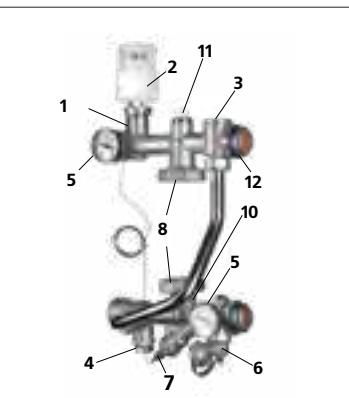


Тепломеханическая схема узла

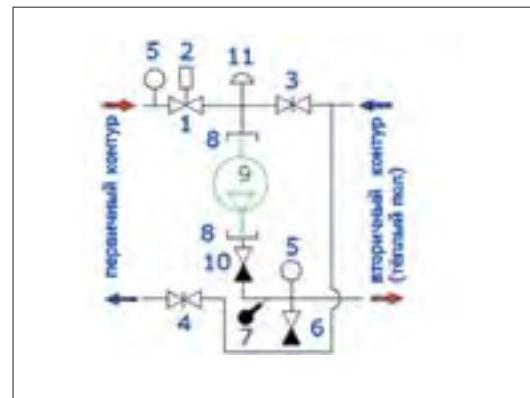
Поз.	Наименование элемента	Функция элемента
1	Термостатический регулирующий клапан	Регулирование потока теплоносителя, поступающего из первичного контура в зависимости от температуры теплоносителя на выходе из смесительного узла
2	Жидкостная термоголовка VT.3011 с выносным погружным термочувствительным элементом	Управление термостатическим клапаном (поз. 1) по температуре смешанного теплоносителя. <i>Требуемая температура устанавливается по шкале термоголовки</i>
3	Балансировочный клапан вторичного контура	Задаёт соотношение между количествами теплоносителя, поступающего из обратной линии вторичного контура и прямой линии первичного контура. От настроечного значения K_{vb} этого клапана и установленного скоростного режима насоса (поз. 9) зависит тепловая мощность смесительного узла
4	Балансировочный клапан первичного контура	Регулирует расход теплоносителя, возвращаемого в первичный контур.
5	Термометр погружной с тыльным подключением	Индикация текущего значения температуры смешанного теплоносителя на подаче в тёплый пол
6	Дренажный кран G1/2" с заглушкой G3/4"	Опорожнение и заполнение теплоносителем вторичного контура. К клапану может присоединяться гибкая подводка с накидной гайкой, имеющей резьбу G 3/4"
7	Погружной термочувствительный элемент	Фиксирует текущее значение температуры на выходе из смесительного узла с передачей импульса к термоголовке (поз. 2) по капиллярной импульсной трубке.
8	Накидные гайки G1 1/2	Для присоединения насоса VT.VRS.25
9	Насос циркуляционный VT.VRS25 длиной 130 мм	Обслуживает вторичный контур (тёплого пола). <i>Насос в комплект поставки узла не входит</i>
10	Ручной воздухоотводчик	Для выпуска воздуха из смесительного узла

9.

СОСТАВ НАСОСНО-СМЕСИТЕЛЬНОГО УЗЛА VT.TECHNOMIX



Элементы узла



Тепломеханическая схема узла

Поз.	Наименование элемента	Функция элемента
1	Термостатический регулирующий клапан	Регулирование потока теплоносителя, поступающего из первичного контура в зависимости от температуры теплоносителя на выходе из смесительного узла
2	Жидкостная термоголовка с выносным погружным термочувствительным элементом	Управление термостатическим клапаном (поз. 1) по температуре смешанного теплоносителя. <i>Требуемая температура устанавливается по шкале термоголовки</i>
3	Балансировочный клапан вторичного контура	Задаёт соотношение между количествами теплоносителя, поступающего из обратной линии вторичного контура и прямой линии первичного контура. От настроечного значения K_{vb} этого клапана и установленного скоростного режима насоса (поз. 9) зависит тепловая мощность смесительного узла
4	Балансировочный клапан первичного контура	Регулирует расход теплоносителя, возвращаемого в первичный контур
5	Термометр погружной с тыльным подключением	Индикация текущего значения температуры теплоносителя на подаче в тёплый пол
6	Дренажный клапан G1/2" с заглушкой G3/4"	Опорожнение и заполнение теплоносителем вторичного контура. К клапану может присоединяться гибкая подводка с накидной гайкой, имеющей резьбу G 3/4"
7	Погружной термочувствительный элемент	Фиксирует текущее значение температуры на выходе из смесительного узла с передачей импульса к термоголовке 2 по капиллярной импульсной трубке.
8	Накидные гайки G1 1/2	Для присоединения насоса VT.VRS.25
9	Насос циркуляционный VT.VRS25 длиной 130 мм	Обслуживает вторичный контур (тёплого пола). <i>Насос в комплект поставки узла не входит</i>
10	Обратный клапан	Предотвращает обратную циркуляцию теплоносителя при выключенном насосе
11	Ручной воздухоотводчик	Удаление воздуха из узла

Никакая часть этого издания не может быть воспроизведена,
скопирована, сохранена на электронном носителе, размножена
или передана в любой форме и любыми средствами, в том числе элек-
тронными, механическими или фотокопированием,
без письменного разрешения автора/ правообладателя.
Любое нарушение прав автора/ правообладателя
влечет граждансскую и уголовную ответственность
на основании российского и международного законодательства.

Типография ООО «Первый ИПХ»
Договор № 06.1-15 от 04.06.2015 года
Юридический адрес типографии:
125464, г. Санкт-Петербург, Б Самсониевский пр., д. 60 лит. У
Тираж: 5000 экз. Количество страниц: 122
Автор: Поляков В.И.
© Правообладатель: ООО «Веста Регионы»
142100, Московская область, г. Подольск, ул. Свердлова, д.30, корп.1
Подписано к печати: 22.07.2020

Все авторские права защищены.



www.valtec.ru