



www.valtec.ru



ВОДЯНОЙ ТЁПЛЫЙ ПОЛ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОНТАЖ, НАСТРОЙКА

2020

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	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

4. Настройка оборудования

4.1. Балансировка петель тёплого пола	42
4.2. Настройка балансировочного клапана вторичного контура	49
4.3. Настройка балансировочного клапана первичного контура	52

4.4. Подбор насоса	54
4.5. Насосно-смесительные модули системы VT.Varimix	57
4.6. Насосно-смесительные узлы поэлементной сборки	60

5. Автоматическое регулирование напольного отопления

5.1. Задачи автоматического регулирования	62
5.2. Комнатные термостаты	64
5.3. Зональный коммуникатор	75
5.4. Погодозависимое регулирование	78
5.5. Контроллер VT.K200.M	81

6. Расчёт тёплого пола

6.1. Задачи теплотехнического расчёта тёплого пола	85
6.2. Метод коэффициентов	86
6.3. Аналитический метод	89
6.4. Особенности расчёта при использовании краевых зон	92
6.5. Графический метод расчёта	93
6.6. Табличный метод расчёта	96

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Нормативные требования к тёплым полам	98
2. Гидравлические характеристики полимерных и металлополимерных труб	100
3. Коллекторы и коллекторные блоки VALTEC	101
4. Коллекторные шкафы VALTEC	105
5. Таблица подбора коллекторных шкафов VALTEC	106
6. Состав насосно-смесительного узла VT.Combi	107
7. Состав насосно-смесительного узла VT.Dual	110
8. Состав насосно-смесительного узла VT.Valmix	112
9. Состав насосно-смесительного узла VT.Technomix	113
10. Готовые комплекты для устройства тёплого пола	114

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЁПЛЫХ ПОЛАХ

1.1 ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ 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 °С) при радиаторном отоплении располагается на уровне груди стоящего человека (150 см). Ниже уровня 40 см от пола температура воздуха не превышает 16-17 °С, а припотолочный воздух прогревается до температуры 23-24 °С.

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.

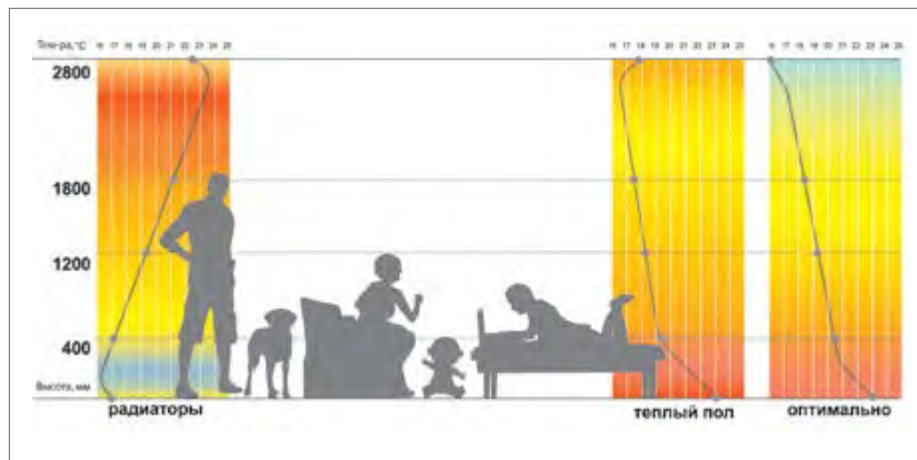


Рис. 1.1.1. Графики распределения температуры по высоте помещения

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 1.09.2019 г. в Санкт-Петербурге	Теплотворная способность	Стоимость 1 кВт
Газ природный	6,4 руб./м³	9,3 кВт/м³	0,86 руб./кВт
Дрова	3,0 руб./кг	4,2 кВт/кг	0,89 руб./кВт
Пеллеты	7 руб./кг	4,7 кВт/кг	1,86 руб./кВт
Уголь	8 руб./кг	7,5 кВт/кг	1,33 руб./кВт
Сжиженный газ	25 руб./кг	12,5 кВт/кг	2,5 руб./кВт
Солярка	40 руб./кг	11,9 кВт/кг	4,2 руб./кВт
Электроэнергия	3,5 руб./кВт ч		3,5 руб./кВт
Центральное отопление	1835 руб./Гкал	(1163кВт/Гкал)	1,57 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:

$$200 \times (3,5 - 0,86) \times 24 \times 100 \times 0,06 = 76\,032 \text{ руб./сезон.}$$

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, °С;

t_1 и t_2 — температура воздуха при условиях соответственно 1 и 2, °С.

Если принять среднюю температуру радиатора 70 °С, то увеличение температуры воздуха на 1 °С 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, °С;

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

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

Основные достоинства и недостатки напольного отопления сведены в **таблицу 1.1.2.**

Таблица 1.1.2. Достоинства 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 реакций, так как снижается концентрация пыли в воздухе	—

1.2 ЗАБЛУЖДЕНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ ТЁПЛЫХ ПОЛОВ

Заблуждение 1. Тёплые полы сушат воздух.

При температуре +10 °С и влажности 40% один кубический метр воздуха весит 1,2466 кг и содержит 3,7 г влаги. При нагревании воздуха до 20 °С 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 суше. 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:**

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

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

где:

t_m – температура поверхности пола, °С;

t_e – температура воздуха в помещении, °С

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

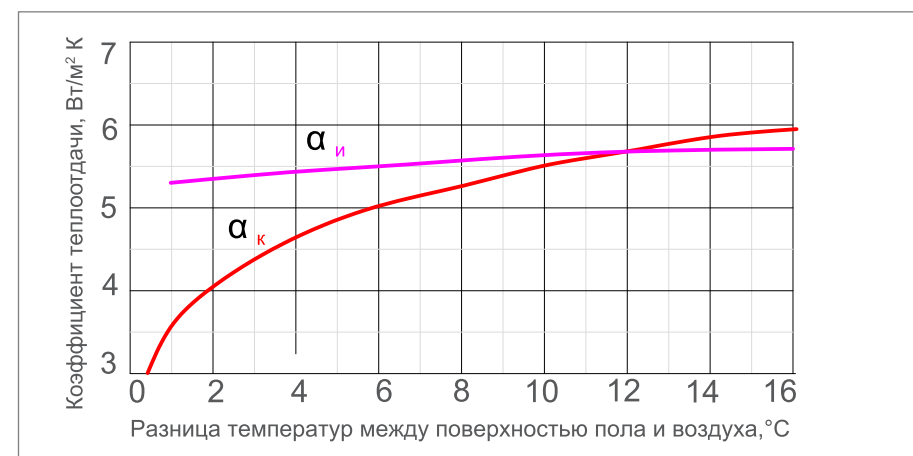


Рис. 1.2.1. Зависимость α_u и α_k от Δt

По этому графику видно, что радиационная составляющая при малой Δt действительно преобладает над конвекционной, но с ростом разницы температур конвекция растёт и примерно при $\Delta t=12\text{ }^{\circ}\text{C}$ и конвекция, и излучение выравниваются. При большей разности температур конвекция начинает отвоёвывать 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 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, а теплотери 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 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше. Температура же тёплого пола в помещениях обычно всего $25\text{--}26\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на дорожках бассейнов — $35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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 м^3 отапливаемого объема здания в единицу времени при перепаде температуры в $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и имеет размерность $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$.

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, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$, 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 60.13330.2016	DIN EN 4725-3
1	Постоянное пребывание людей	26	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.

$$q = 8.92(t_n - t_v)^{1.1}, \text{ Вт/м}^2 \quad (1.3.1),$$

Где:

t_n — температура на поверхности пола, °C;

t_v — 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/м²	
		по СП 60.13330.2016	по DIN EN 4725-3
1	Постоянное пребывание людей	64	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/м²) при количестве этажей							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
	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

Красным цветом выделены значения удельного теплового потока, при котором одно напольное отопление в помещениях с постоянным пребыванием людей не сможет покрыть теплотребность. Как видим, это *только* однокотажные здания в районах с расчётной зимней температурой -31 °C и ниже. В остальных случаях *тёплый пол в российских климатических условиях при соблюдении нормативных требований по тепловой защите способен возместить теплотери через ограждающие конструкции*.

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 теплотери;
- 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 теплоступлениям в 5-8 Вт/м² с человека;
- в дополнение к тёплому полу можно использовать фрагментарное «настенное» отопление, при котором температура поверхности стены может достигать 70 °C (п.6.4.9 СП 60.13330.2016);
- 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 теплотребность.

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

Обогрев полов в жилищах людей — вовсе не современное изобретение. Уже в 30-40-х годах нашей эры в богатых домах и термах Древнего Рима устраивались так называемые гипокаустумы (подогреваемые снизу). Они представляли собой сеть подпольных каналов, в которые подавался горячий воздух из дровяных печей, подогревая каменные плиты пола сразу нескольких помещений (рис. 1.4.1).

Но даже и римляне не были первооткрывателями подобного способа отопления. Как показывают раскопки, ещё в жилищах древних скандинавов (на территории современной Швеции) использовались заглубленные в землю костры, нагретый воздух от которых обогревал жилище, проходя по земляным каналам, перекрытым плетёными щитами из веток (рис. 1.4.2).

Широко использовался тёплый пол и в Средневековье, когда строились огромные замки с высотой помещений 10 м и выше. Отличной иллюстрацией этого служат инженерные реше-

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 теплораспределительными пластинами (см. рис. 2.1.2). Такая конструкция, как правило, используется при деревянных перекрытиях для облегчения общей нагрузки на балки перекрытия.

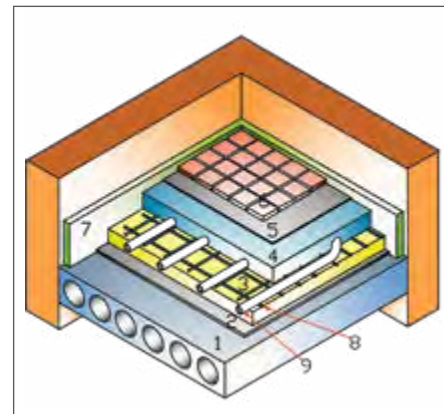


Рис. 2.1.1. Конструкция «мокрого» тёплого пола (пример)

- 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.

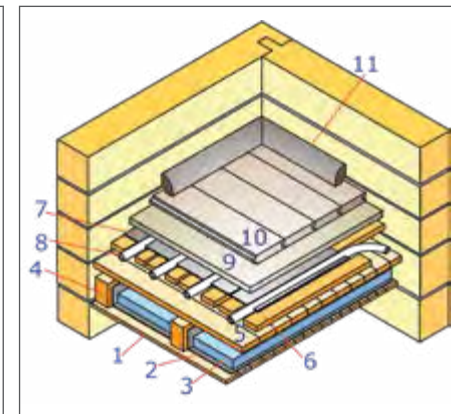


Рис. 2.1.2. Конструкция «сухого» тёплого пола (пример)

- 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 PEX. 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 PEXa (пероксидный метод), PEXb (органоцианидный метод) и PEXc (радиационный метод).

Наиболее удобны в монтаже металлополимерные трубы композиции PEX-AL-PEX, 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 PEX-EVOH, в которых роль барьерного слоя от проникновения кислорода выполняет тонкий слой этиленвинилгликоля (EVOH).

Трубы из полиэтилена повышенной термостойкости PE-RT дешевле труб PEX-AL-PEX и PEX-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 PEX-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. Труба VALTEC для устройства тёплых полов

№	Эскиз, материал трубы	Длина бухты, м	Наружный диаметр x толщина стенки, мм
1	PEX-AL-PEX 	40; 60; 80; 100; 200 40; 60; 80; 100	16x2,0 20x2,0
2	PEXb-EVOH 	100; 200; 600 100; 200	16x2,0 20x2,0

3	PEXa-EVOH 	200	16x2,2
4	PE-RT 	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 тепловой поток, 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.

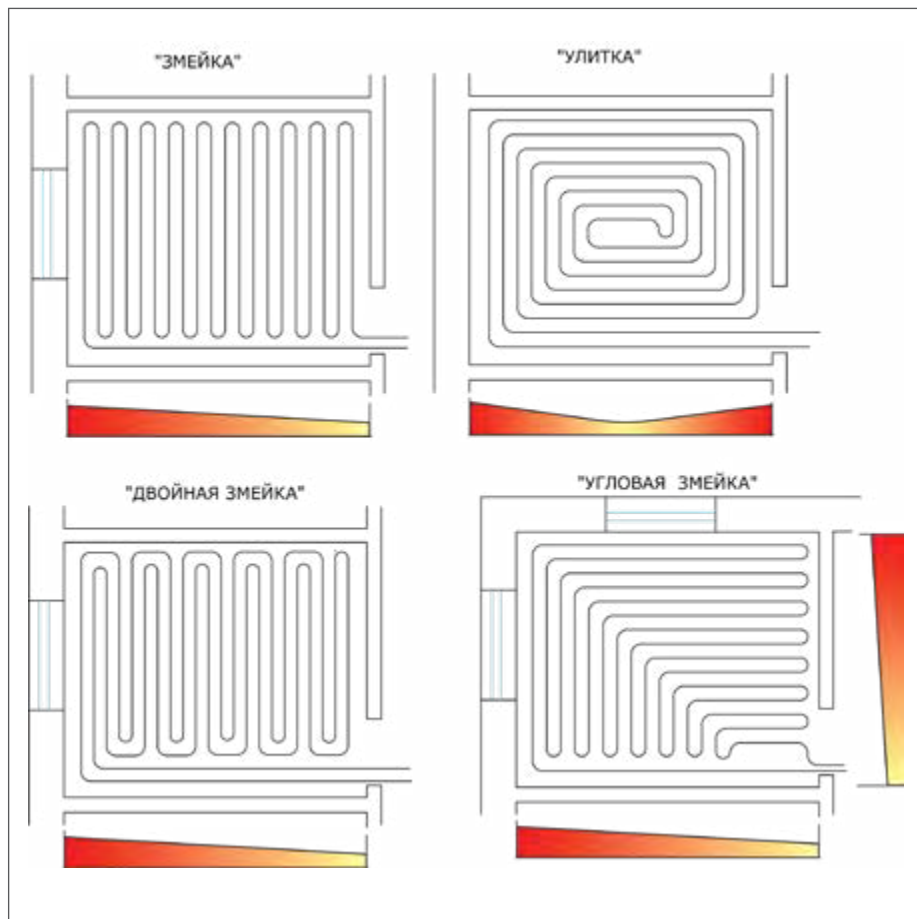


Рис. 2.3.1. Способы раскладки петель тёплого пола

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

Наращивать петли тёплого пола допускается только с применением пресс-фитингов или надвижных фитингов (при этом сопротивление фитингов включается в гидравлический расчёт), так как 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.

Подводящие участки труб от коллектора до обслуживаемого петлёй помещения следует теплоизолировать с помощью трубной изоляции или гофрокожуха (**рис. 2.3.2**). Это делается по двум причинам:

- во избежание перегрева пола на участках прокладки подводящих трубопроводов;
- теплотери 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.

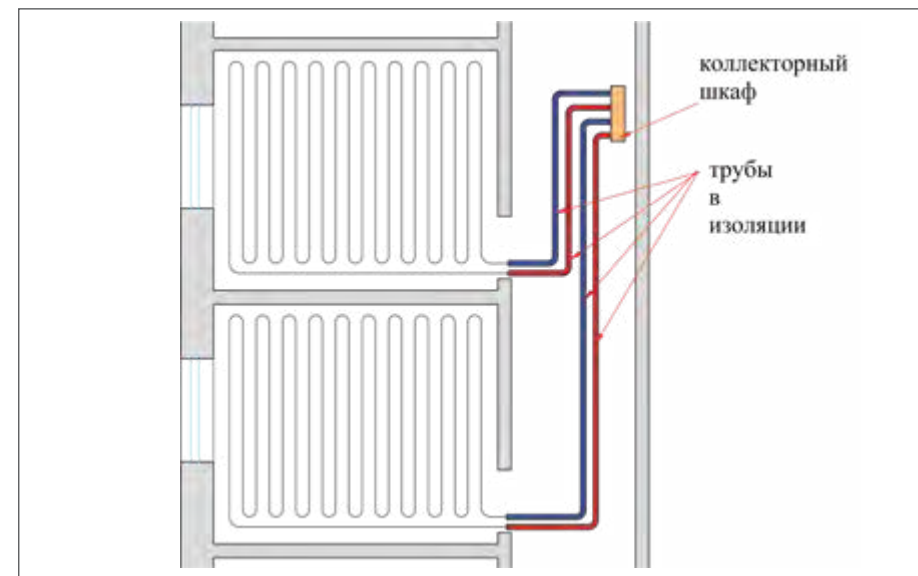


Рис. 2.3.2. Теплоизоляция подводящих участков трубопроводов

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. 2.4.1А**);
- использовать отдельную петлю с повышенной температурой теплоносителя (**рис. 2.4.1В**);
- 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)

Шаг труб, см	7,5	10	15	20	25	30
Изменение удельного теплового потока при прочих равных условиях, %	+13	+8	0	-8	-15	-22

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

Наружный диаметр трубы, мм	12	16	20	25
Изменение удельного теплового потока при прочих равных условиях, %	-9	0	+10	+25

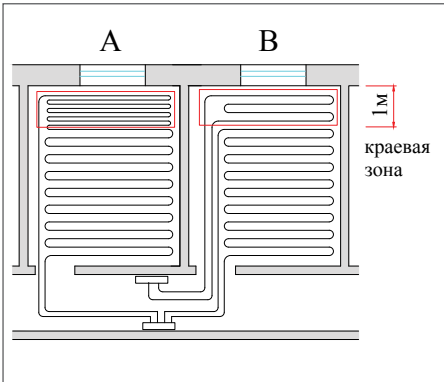


Рис. 2.4.1. Варианты устройства краевых зон тёплого пола

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 °С, 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 неводухововлекающие 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 водухововлекающими, 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 40 кг/м³;
- раствор для стяжки должен быть удобоукладываемым (пластичным). Обязательно использовать пластификатор;
- чтобы избежать появления усадочных трещин, в раствор рекомендуется добавить полипропиленовую фибру (**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 40 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/м²
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-ребневое 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.

Таблица 2.6.2. Технические характеристики пенополистирольных плит для тёплого пола

№	Характеристика	Ед. изм.	Значение характеристики для плит:		
			«Экопол 20»	«EasyFix»	
				с покрытием	без покрытия
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/м³	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



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

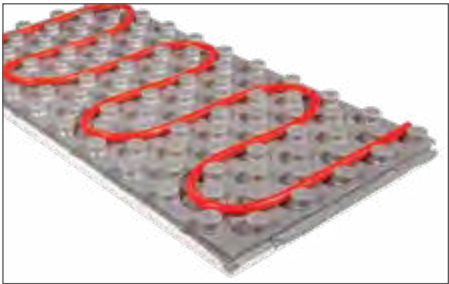


Рис. 2.6.2. Плита «EasyFix»

2.7 КРЕПЛЕНИЕ ТРУБ



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



Рис. 2.7.2. Крепление труб стяжными хомутами 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 крепежных 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 хомутов (**рис. 2.7.2**).

Крепление труб к сетке с помощью проволочных стяжек не допускается.

В продаже можно найти 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	Расстояние между точками крепления, см	
	на прямых участках	на углах поворота
PEX-AL-PEX	50	20
PEX-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 трак 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 траков между собой по длине. Ширина шины 40 мм, высота — 32 мм. Минимальный шаг укладки трубы при использовании данной шины — 50 мм. Шины SHM.1620 поставляются в упаковках по 20 шт. (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 PEX-EVOH и PE-RT, так как эти трубы не сохраняют приданную им при монтаже форму без надёжной фиксации. Кроме того, материал PEX обладает эффектом памяти формы, поэтому при нагревании теплоносителя в них трубы будут стремиться выпрямиться.



Рис. 2.7.5. Крепление труб скобами с помощью такера



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 поставяет специальную оцинкованную сетку для тёплых полов с размерами ячеей 150х150. В практике отечественного строительства чаще используется кладочная сетка из арматурной проволоки BpI Ø 5 мм с шагом ячеей 50х50 мм.

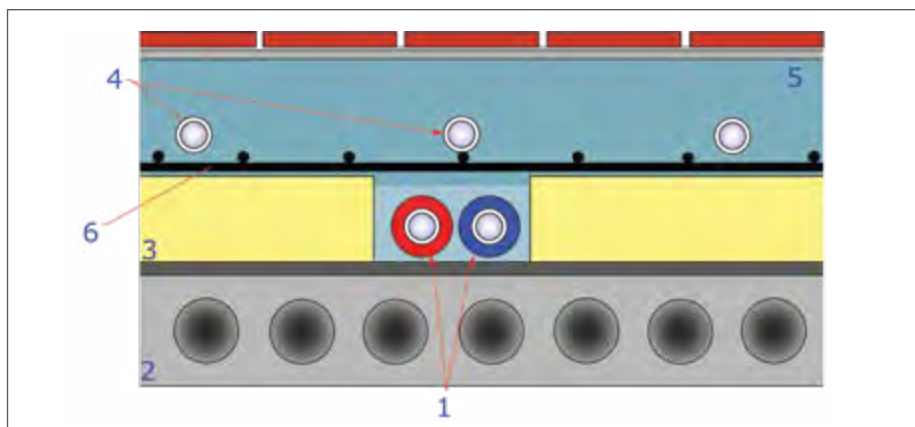


Рис. 2.8.1. Прокладка трубопроводов других инженерных систем в конструкции тёплого пола

- 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, бесосновный 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 ПВХ 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 °С 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 °С и влажности не более 40%.

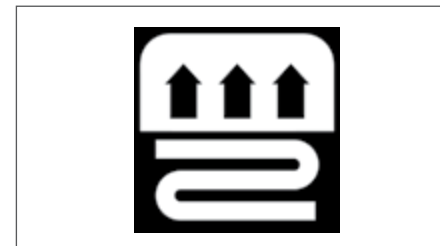


Рис. 2.9.1. Знак пригодности ковролина



Рис. 2.9.2. Знаки пригодности покрытия пола

2.10 ПАРО — И ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ

При «мокрой» 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 $\alpha_{\text{ст}}=13 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

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:
 $b=0,55 \times L$, (2.11.1),

где:
 b — толщина шва в мм;
 L — длина помещения в м.

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 м^2 ;
- по центру дверных проёмов (под порогом). Если тёплый пол расположен с двух сторон дверного проёма, 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).

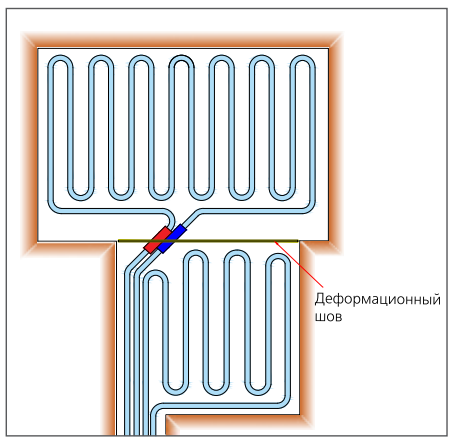


Рис. 2.11.1. Деформационный шов в помещении с входящими углами

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
$1 1/4"$	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 термостатами в состав коллекторов включаются термостатические клапаны, на которые устанавливаются электротермические сервоприводы.

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

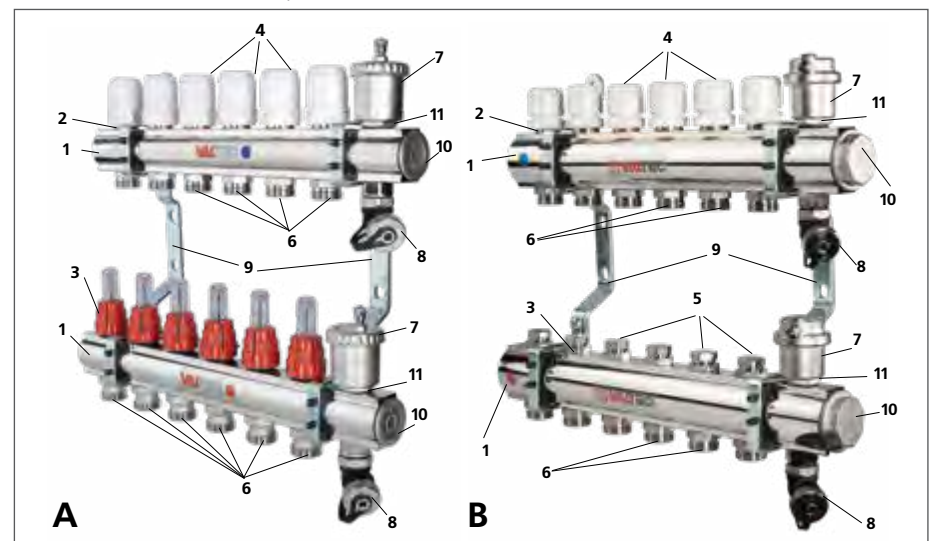


Рис. 3.1.1. Латунные коллекторные блоки VT.596 и VT.594

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 петля тёплого пола;
- на обратном коллекторе установлены термостатические клапаны **2** с колпачками ручной регулировки **4**, которые могут быть заменены электротермическими приводами, работающими по командам комнатных термостатов. Термостаты и сервоприводы в комплект поставки коллекторных блоков не входят, и должны приобретаться отдельно;
- подающий коллектор оснащён либо регулировочными клапанами с расходомерами (ротаметрами) **3А**, либо ручными балансировочными клапанами **3В**, 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.

Перепускной клапан этих байпасов может настраиваться на перепад давлений от 20 кПа до 60 кПа. Рекомендуется настраивать клапан на перепад давлений, на 10-15% выше потерь давления в расчётном циркуляционном кольце. Таким образом, в «крейсерском» режиме клапан будет закрыт. При превышении настроенного значения клапан начнёт перепускать часть теплоносителя из прямого коллектора в обратный, обеспечивая постоянную циркуляцию теплоносителя через насос. При установке байпаса следует обратить внимание на его правильное положение: рабочая среда должна поступать под золотник клапана, то есть регулировочная ручка должна находиться на обратном коллекторе.

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



Рис. 3.2.3. Коллекторный тройник с термометром VT.4615



Рис. 3.2.4. Расходомер VT.FLC15



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"x1/2"x1/2", 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).

3.3 КОЛЛЕКТОРНЫЕ (РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ) ШКАФЫ



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. 3.3.2. Пристраиваемый коллекторный шкаф (VT.541, ШРН)



Рис. 3.3.3. Крепежные планки шкафа

Пристенные (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 ползьям, что даёт возможность подогнать их в соответствии с расстоянием между кронштейнами крепления коллекторов (рис. 3.3.4).

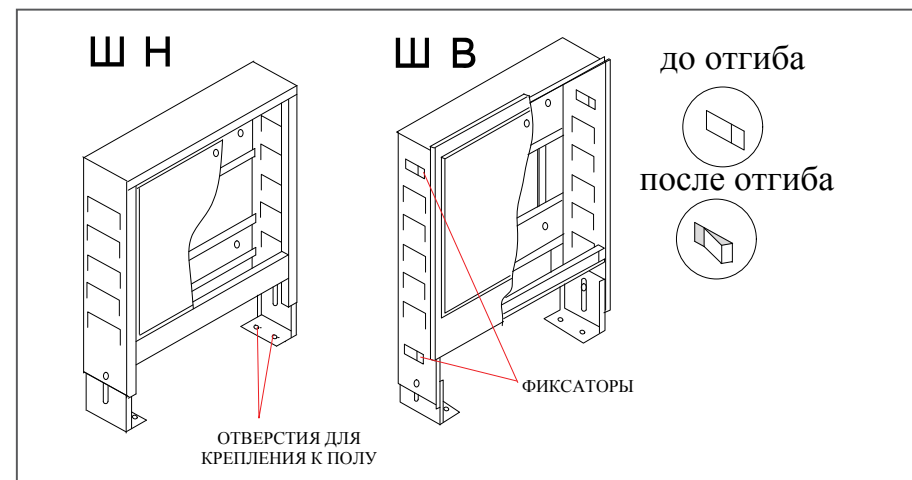


Рис. 3.3.4. Детали встраиваемых шкафов

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 °С;

ΔT — разность температур между прямым и обратным теплоносителем, °С.

В системах радиаторного отопления перепад температур ΔT обычно составляет порядка 20 °С, а в системах напольного отопления — $\Delta T = 5 \text{ °С} \div 10 \text{ °С}$. 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 °С, рабочее значение этого параметра обычно лежит в пределах 35÷45 °С.

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

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);
 - отсекаание 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.**

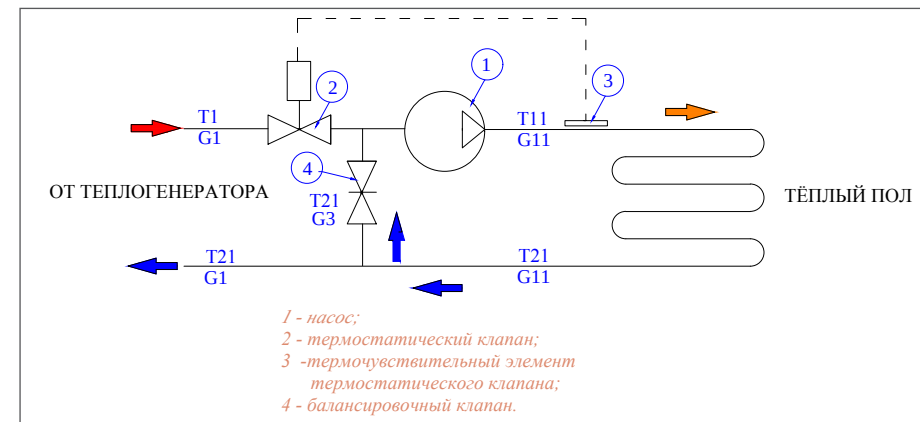


Рис. 3.4.1. Тепломеханическая схема простейшего насосно-смесительного узла

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 настроенного 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} ($\Delta T_{\text{кк}} = T_1 - T_{21}$). Температуру T_{21} задаёт пользователь. Перепад температур в петлях тёплого пола $\Delta T_{\text{тп}} = T_{11} - T_{21}$ также задаётся на стадии расчётов. Зная эти данные, и требуемую тепловую мощность тёплого пола, можно определить соотношение расходов в узле:

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

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

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

Пример:

Исходные данные:

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

Решение:

1. Температура на выходе из петель тёплого пола:

$$T_{21} = T_{11} - \Delta T_{mn} = 35 - 5 = 30 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

2. Перепад температур в первичном (котловом) контуре:

$$\Delta T_{kk} = T_1 - T_{21} = 90 - 30 = 60 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

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:

$$G_3 = G_{11} - G_1 = 0,573 - 0,048 = 0,525 \text{ кг/с}.$$

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



Рис. 3.4.1.1. Насосно-смесительный узел VT.Combi

В насосно-смесительных узлах VT.Combi и VT.Combi.S (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 аналоговым сервоприводом, который работает под управлением контроллера VT.K200.M (модель VT.Combi.S). 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 настроечного значения K_{vb} этого клапана и установленного скоростного режима насоса зависит тепловая мощность смесительного узла.

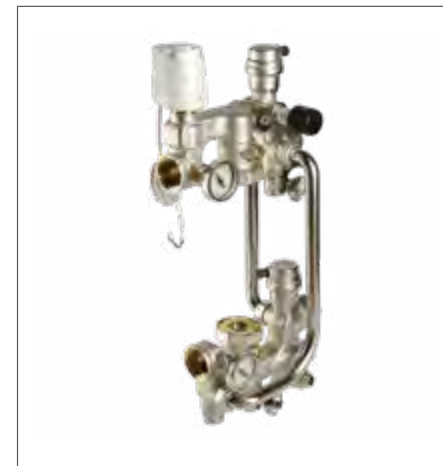


Рис. 3.4.1.2. Насосно-смесительный узел VT.Combi.S

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, их тепломеханические схемы и функции элементов узлов приведены в приложении 6.

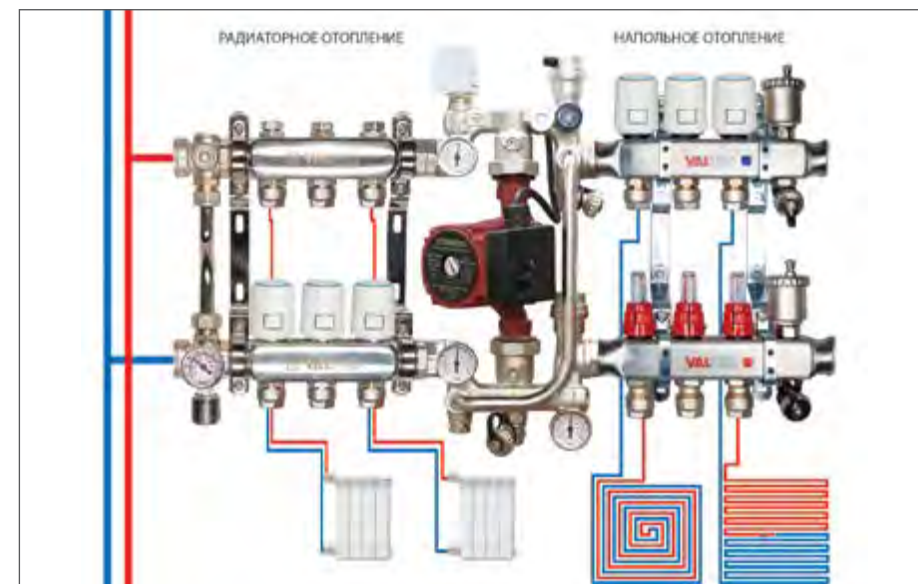


Рис. 3.4.1.3. Узел VT.Combi.S в комбинированной системе отопления

3.4.2 НАСОСНО-СМЕСИТЕЛЬНЫЙ УЗЕЛ VT.DUAL



Рис. 3.4.2.1. Насосно-смесительный узел VT.Dual



Рис. 3.4.2.2. Узел VT.Dual с коллекторным блоком (подключение справа)

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 подающего коллектора останавливает насос в случае превышения настроечного значения температуры, прекращая циркуляцию в петлях тёплого пола.

Конструкция узла предусматривает перепускной контур с балансировочным клапаном, сохраняющим неизменным расход теплоносителя в первичном контуре при перекрытии 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.

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 °С до 62 °С. Вместо термоголовки может быть установлен аналоговый термоэлектрический сервопривод VT.TE3061, работающий под управлением контроллера VT.K200.M. 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 °С до 60 °С.



Рис. 3.4.4.1. Насосно-смесительный узел VT.Technomix

Вместо термоголовки может быть установлен аналоговый термоэлектрический сервопривод VT.TE3061, работающий под управлением контроллера VT.K200.M. Узел поставляется без циркуляционного насоса.

Состав узла VT.Technomix, его тепломеханическая схема и функции элементов приведены в **приложении 9**.

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 $\Delta T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$ с насосом VT.VRS.25/4G, кВт	15	20	13	14
2	Подключаемая тепловая мощность при $\Delta T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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"B	G1"	G1"B	G1"B;H
9	K_{vs} термостатического клапана, м ³ /час	2,75	2,75	3,42	2,63
10	K_{vs} балансировочного клапана первичного контура, м ³ /час	2,8	2,6	2,27	2,27
11	K_{vs} балансировочного клапана вторичного контура, м ³ /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 термостатического 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 ТЁПЛОГО ПОЛА

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

Модули VT.ICBOX.1 и VT.ICBOX.2 (**см. рис. 3.5.1**) 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**, термостатический 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.

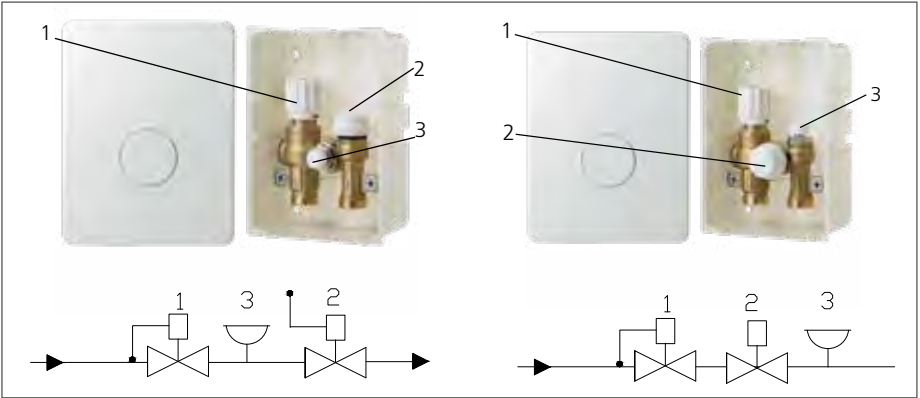


Рис. 3.5.1. Модули VT.ICBOX.1 и VT.ICBOX.2

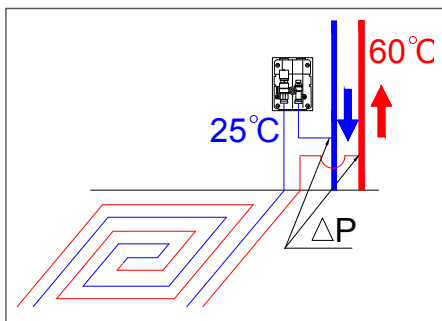


Рис. 3.5.2. Установка модулей в систему с температурой теплоносителя 60 °C

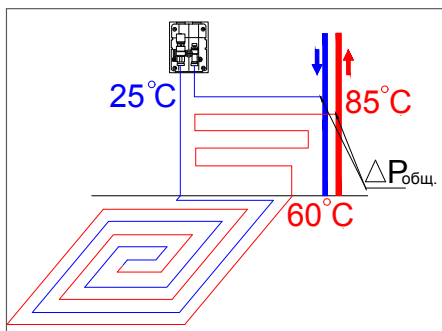


Рис. 3.5.3. Установка модулей в систему с температурой теплоносителя выше 60 °C

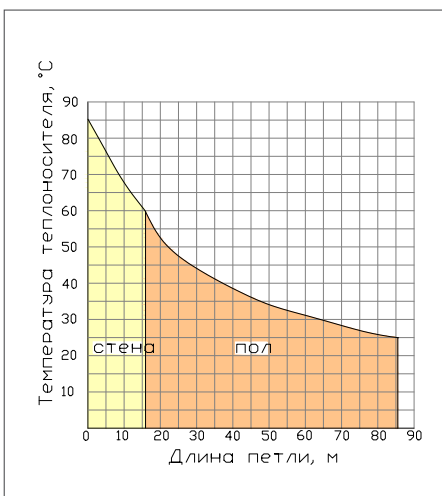


Рис. 3.5.4. График остывания теплоносителя для примера на рис. 3.5.3

Модули устанавливаются на выходе из петли тёплого пола (**рис. 3.5.2**). Ограничитель температуры регулирует количество поступающего в петлю теплоносителя так, что его температура не превышает заданного значения. Термостатический 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. 3.5.3**).

Если для полов допустимая температура их поверхности ограничена 35 °C, то для стен это значение составляет 70 °C, поэтому остывание теплоносителя в стенах идёт гораздо быстрее, чем на полу (**рис. 3.5.4**).

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 балансирующий клапан (**рис. 3.5.5**).

На схемах **рисунка 3.5.5** позицией **1** обозначен ручной воздухоотводчик, позицией **2** — балансирующий клапан и позицией **3** — термостатический клапан. Термостатический клапан модуля VT.ICBOX.4 регулируется обычной термоголовкой VT.5000. Узел VT.ICBOX.5 управляется термоголовкой с выносным термочувствительным элементом VT.5010.

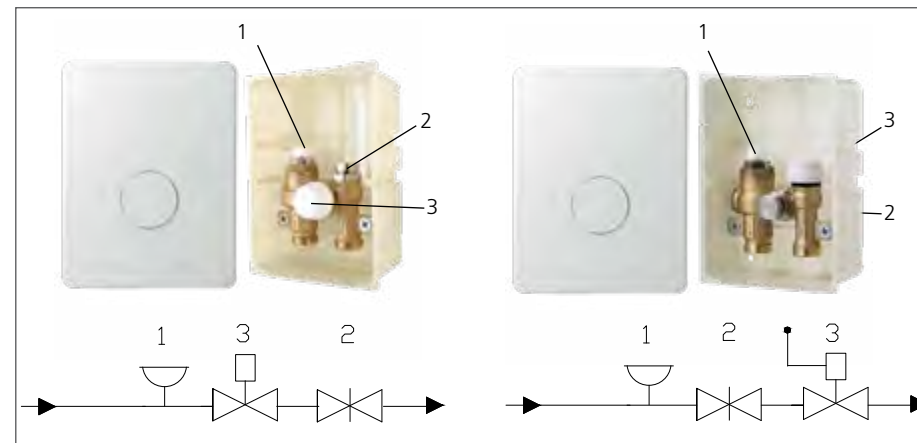


Рис. 3.5.5. Модули VT.ICBOX.4 и VT.ICBOX.5

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. 3.5.6**). В этом случае можно использовать обычные дешёвые коллекторы с отсекающими клапанами вместо дорогих коллекторных блоков.

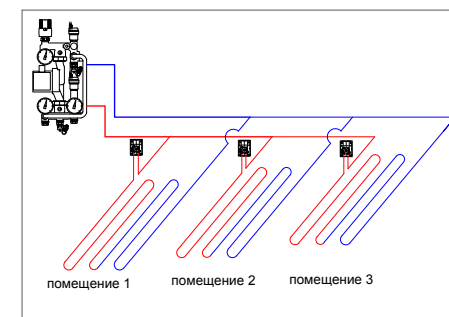


Рис. 3.5.6. Пример использования модулей VT.ICBOX.4 и VT.ICBOX.5

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 «самобалансируется» за счёт работы термостатов, контроллеров и прочих элементов автоматики. Это утверждение ошибочно. Например, при полной расчётной нагрузке, когда все термостатические клапаны будут находиться в открытом состоянии, теплоноситель пойдёт по самой короткой и ненагруженной петле. В этой петле расход увеличится, остывание 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 петлей участок. И никакая автоматика тут не спасёт.

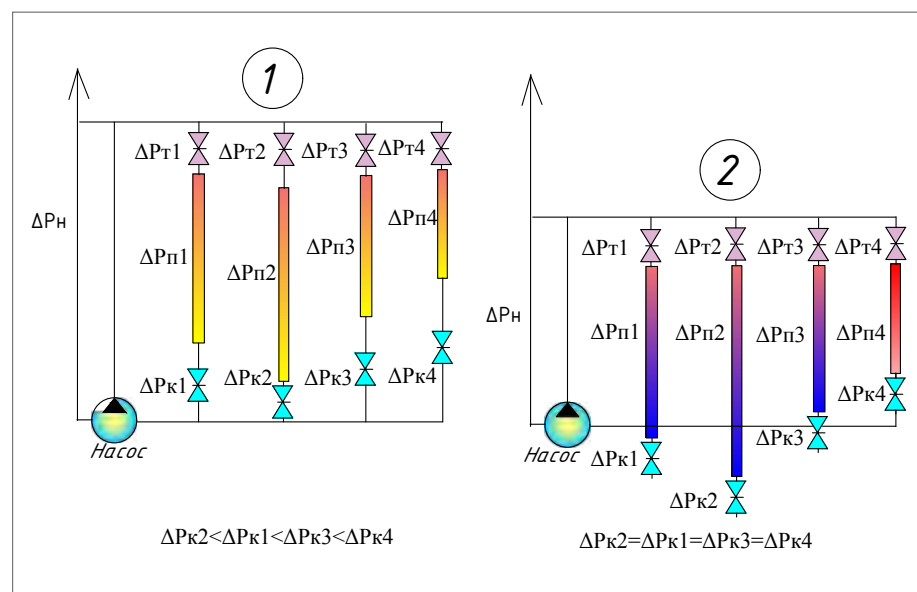


Рис. 4.1.1. Схема балансировки петель тёплого пола

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 термостатическом клапане ΔP_t , непосредственно в петле ΔP_n 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 $\Delta P_{t2} + \Delta P_{n2} + \Delta P_{k2}$. 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 $\Delta P_{t4} + \Delta P_{n4} + \Delta P_{k4}$ 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 5 «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_v (мм);
- перепады температур прямого и обратного теплоносителя Δt_{np} задаются в пределах от 5 °С до 10 °С. 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 термостатического клапана коллектора K_{vst} . Они изложены в паспорте на коллекторный блок и в **таблице 4.1.1**.

Таблица 4.1.1. Гидравлические характеристики термостатических клапанов коллекторных блоков

Пропускная способность термостатического клапана, K_{vst} , м³/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} , м³/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} , м³/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:

1. 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 °С;

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

2. 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	Температура, °С					
		25	30	35	40	45	50
Вода	ρ , кг/м³	997	995	994	992	990	988
	c , Дж/кг °С	4180	4178	4178	4178	4179	4180
Гликоль 65%	ρ , кг/м³	1083	1080	1078	1075	1072	1069
	c , Дж/кг °С	2987	3000	3018	3034	3050	3070
Гликоль 30%	ρ , кг/м³	1058	1055	1053	1051	1049	1046
	c , Дж/кг °С	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 $\Delta p_{\text{пог}}$ (Па/м), получим линейные потери в петле:

$$\Delta p_{\text{лин}} = L \Delta p_{\text{пог}}, \text{ Па} \quad (4.1.3)$$

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

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

где:

N_o — количество отводов на петле, шт. ;

N_k — количество калачей на петле, шт. .

- потери давления в полностью открытом в термостатическом и балансировочном (настроечном) 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:

$$\Delta p_{\text{пет}} = \Delta p_{\text{лин}} + \Delta p_{\text{кмс}}, \text{ Па} \quad (4.1.6)$$

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

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

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

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

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

$$K_v = \frac{3600g}{\rho \sqrt{\Delta p_{\text{дон}} \cdot 10^{-5}}}, \text{ м³/час}, \quad (4.1.9)$$

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 °С.

Теплоноситель — вода.

Максимальная пропускная способность балансировочного клапана на коллекторе:

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

Максимальная пропускная способность термостатического клапана:

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

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	$\Delta p_{пот}$ по приложению 2, Па/м	$\Delta p_{лин}$ по формуле 4.1.3, Па	$\Delta p_{кмс}$ по формуле 4.1.4, Па	Δp_r по формуле 4.1.5, Па	$\Delta p_{пет}$ по формуле 4.1.6, Па	Δp_k по формуле 4.1.5, Па	Δp_{max} по формуле 4.1.7, Па	$\Delta p_{доп}$ по формуле 4.1.8, Па	K_v по формуле 4.1.9, м³/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	1 138	—	—	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 $g_1=4$ л/мин. Значит, остальные петли настраиваются пропорционально их длине:

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

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 уменьшатся. Значит, нужно снова отрегулировать клапаны **по формуле 4.1.10**, в соответствии с изменившимися показаниями расходомера первой петли.

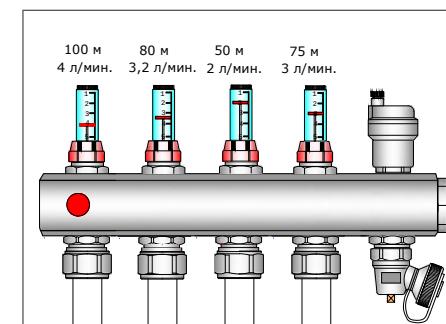


Рис. 4.1.2. Значения настроек при первичной регулировке

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 л/мин., будет показывать 2,5 л/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:

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

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.

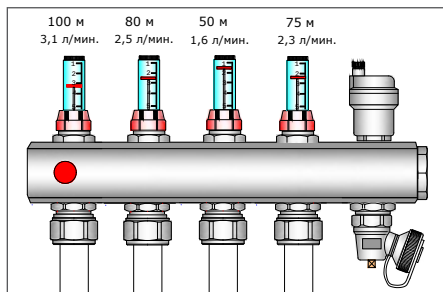


Рис. 4.1.3. Значения настроек при расчётной петле № 2

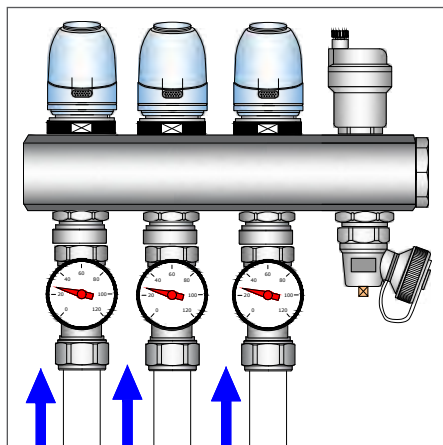


Рис. 4.1.4. Тройники с термометрами VT.4615 на обратном коллекторе



Рис. 4.1.5. Измерение температуры труб пирометром

При таком способе балансировки в подающий коллектор тёплого пола должен подаваться нагретый до 30-35 °С теплоноситель, а в помещениях необходимо обеспечить хотя бы минимальный теплосъём. То есть, настройку желательно производить при одинаковой температуре в помещениях не выше 10-12 °С. 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 пирометром (**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 баланси́ровочный 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 баланси́ровочных клапанов защитить от несанкционированного вмешательства, на коллекторах VTc.594, VTc.588 имеется механизм фиксации настроечного положения.

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

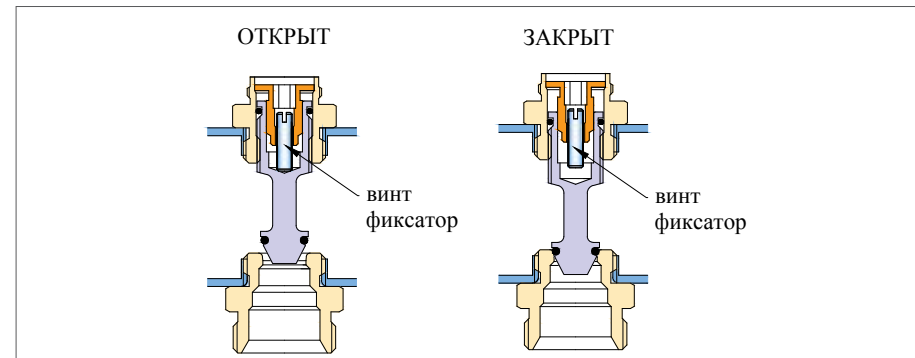


Рис. 4.1.6. Фиксация настроечного положения баланси́ровочного клапана

4.2 НАСТРОЙКА БАЛАНСИ́РОВОЧНОГО КЛАПАНА ВТОРИЧНОГО КОНТУРА

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

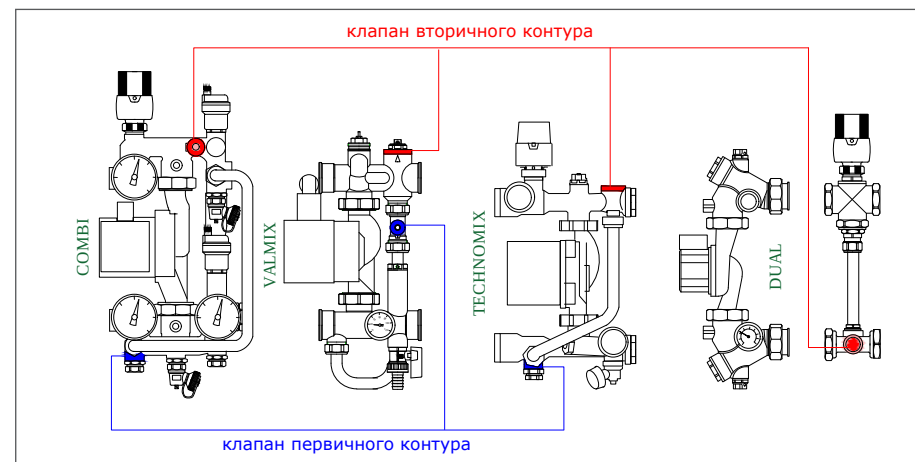


Рис. 4.2.1. Расположение баланси́ровочных клапанов на насосно-смесительных узлах VALTEC

Чем больше открыт клапан вторичного контура, тем большая доля остывшего теплоносителя поступает к насосу.

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 $5 \div 10$ °C;
- температуру теплоносителя, поступающего к насосно-смесительному узлу из первичного (греющего) контура, t_1 , °C;
- гидравлические характеристики термостатического клапана узла (**см. таблицу 4.2.1**).

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

Тип узла	VT.Combi	VT.DUAL	VT.VALMIX	VT.TECHNOMIX
$K_{v\kappa}$, м³/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
$K_{v\kappa 2}$, м³/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
$K_{v\kappa 2}$, м³/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 Dual, является разностью расходов:

$$G_{\kappa 2} = G_2 - G_1, \text{ кг/час} \quad (4.2.3)$$

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

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

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

$$K_{v\kappa 2} = \frac{G_{\kappa 2}}{\rho \sqrt{\Delta P_{\kappa}}}, \text{ м³/час} \quad (4.2.5)$$

Пример.

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

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

4. Потери давления на термостатическом клапане:

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

5. Пропускная способность балансировочного клапана вторичного контура:

$$K_{v\kappa 2} = \frac{G_{\kappa 2}}{\rho \sqrt{\Delta P_{\kappa}}} = \frac{536,7}{994 \sqrt{0,0304}} = 3,1 \text{ м³/час}. \quad (4.2.10)$$

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:

$$K_{v\kappa 2} = \frac{t_1 - t_{mn1}}{\Delta t_{mn}} \cdot K_{v\kappa}, \text{ м³/час} \quad (4.2.11)$$

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

Рассчитав потери давления в петлях и клапанах узла $\Delta p_{\max}$ (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:

$$K_{v62} = \frac{G_1}{\rho \sqrt{10^{-5} \Delta P_{\max}}}, \text{ м}^3/\text{час} \quad (4.212)$$

Пример:

Исходные данные:

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

Решение:

1. Расход в первичном контуре:

$$G_1 = \frac{3600Q}{c(t_1 - t_{\text{mnl}} + \Delta t_{\text{mn}})} = \frac{3600 \cdot 8000}{4196 \cdot (80 - 45 + 10)} = 152,5 \text{ кг/час} \quad (4.213)$$

2. Требуемая пропускная способность клапана:

$$K_{v62} = \frac{G_1}{\rho \sqrt{10^{-5} \Delta P_{\max}}} = \frac{152,5}{972 \cdot \sqrt{10^{-5} \cdot 6000}} = 0,64 \text{ м}^3/\text{час} \quad (4.214)$$

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

4.3 НАСТРОЙКА БАЛАНСИРОВОЧНОГО КЛАПАНА ПЕРВИЧНОГО КОНТУРА

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 настроечного клапана отопительного прибора в двухтрубной системе.

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

Допустим, система тёплых полов, присоединённая к разводящим трубопроводам первого яруса, потребляет 8 кВт тепловой мощности (Q) при температурном режиме в первичном контуре $80^\circ\text{C}/35^\circ\text{C}$. Пропускная способность термостатического клапана при полном открытии $K_{v\text{vstк}}=2,5\text{ м}^3/\text{час}$ (узел VT.Combi).

При этих условиях расход в первичном контуре составит:

$$G_1 = \frac{3600Q}{c(t_1 - t_2)} = \frac{3600 \cdot 8000}{4196 \cdot (80 - 35)} = 152,5 \text{ кг/час} \quad (4.3.1)$$

Падение давления на термостатическом клапане узла:

$$\Delta P_{\text{мк}} = \left(\frac{G_1}{\rho K_{v\text{мк}}} \right)^2 = \left(\frac{152,5}{972 \cdot 2,5} \right)^2 = 0,00394 \text{ бар, или } 394 \text{ Па} \quad (4.3.2)$$

На схеме рисунка 4.3.1 показаны падения давления на отдельных участках.

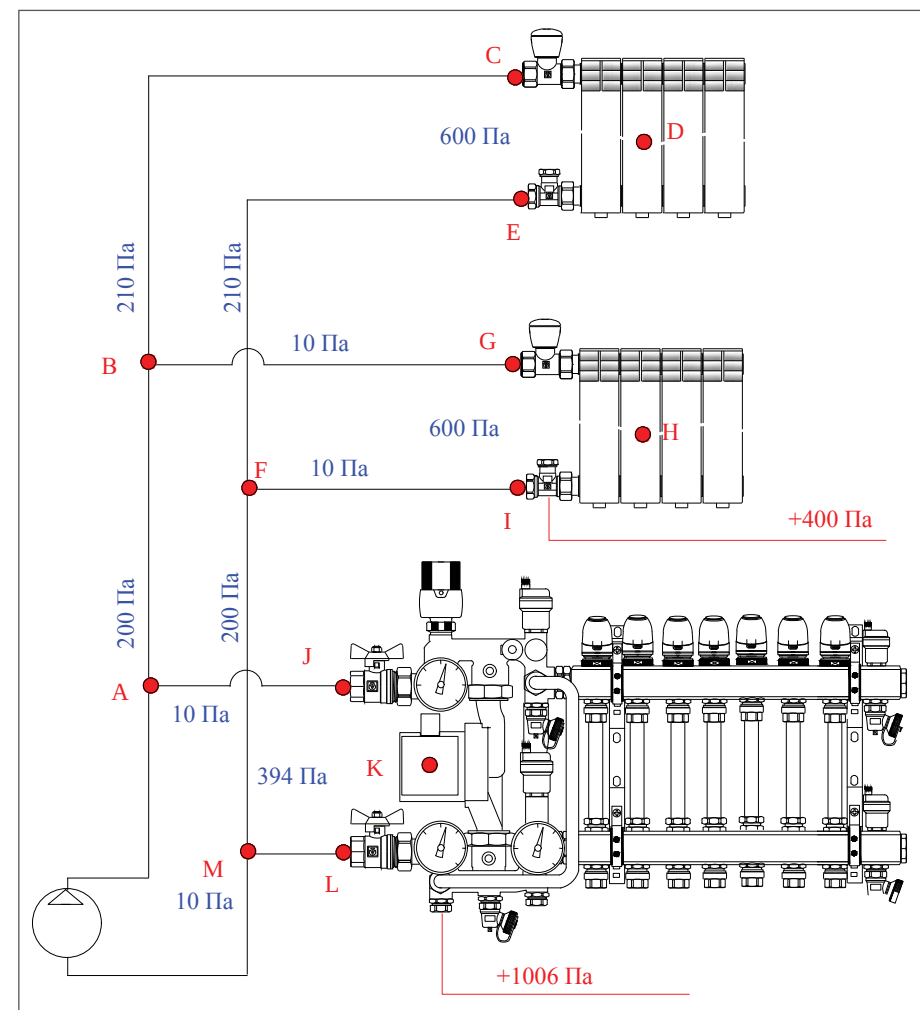


Рис. 4.3.1. Схема к расчёту настройки балансировочного клапана первичного контура

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

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

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

Для кольца A-D-M — потери давления составят $200+210+600+210+200=1420\text{ Па}$.

Для кольца A-K-M этот перепад составит $10+394+10=414\text{ Па}$.

Для слияния потоков в точках A и M балансировочный клапан узла должен быть настроен на перепад $1420-414=1006\text{ Па}$.

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

$$K_{v61} = \frac{G1}{\rho \sqrt{\Delta P_{61}}} = \frac{152,5}{994 \sqrt{10^{-5} \cdot 1006}} = 1,73 \text{ м}^3/\text{час} \quad (4.3.3)$$

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

Таблица 4.3.1. Пропускная способность балансировочных клапанов первичного контура

Тип узла	VT.Combi	VT.VALMIX	VT.TECHNOMIX
K_{v61} , 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
K_{v61} , 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	—	—

Для рассмотренного примера клапан открывается на три оборота от полностью закрытого положения.

4.4 ПОДБОР НАСОСА

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

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

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

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 $G_{6к2}$ (кг/час) по формуле 4.2.3;
- пропускная способность балансировочного клапана вторичного контура K_{v62} (м³/час) по формуле 4.2.5;
- потери давления в петлях тёплого пола $\Delta p_{рmax}$ (Па) по формуле 4.2.7;
- К потерям давления в петлях тёплого пола необходимо добавить потери давления в балансировочном клапане:

$$\Delta P_{6к2} = \left(\frac{G_{6к2}}{\rho K_{v62}} \right)^2, \text{ бар} \quad (4.4.3)$$

Требуемый напор насоса составит:

$$H_{mp} = 10^{-4} \cdot \Delta p_{max} + 10 \cdot \Delta P_{6к2}, \text{ м вод. ст.} \quad (4.4.4)$$

Определив $H_{тр}$ и $G_{тр}$, 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.

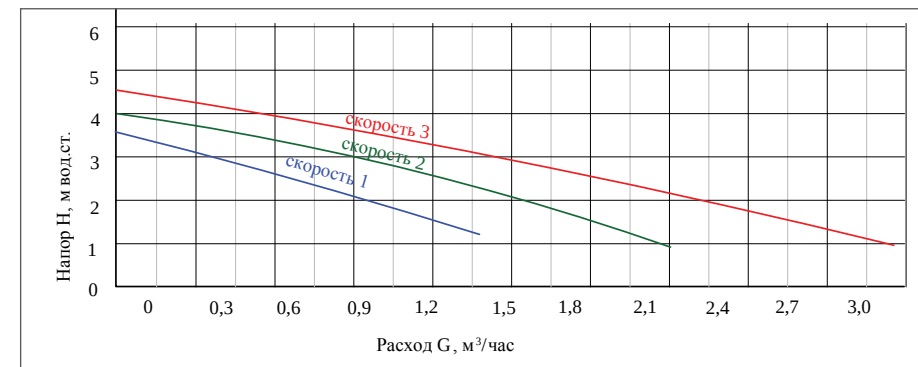


Рис. 4.4.1. Рабочий график насоса VT.VRS25/4

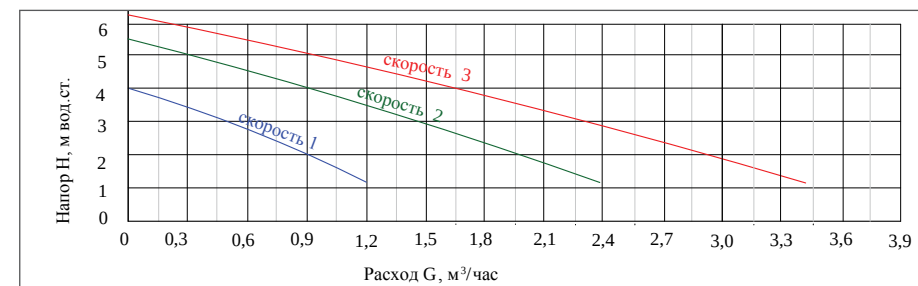


Рис. 4.4.2. Рабочий график насоса VT.VRS25/6

Пример расчёта

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

Потери в расчётном циркуляционном кольце составляют $\Delta p_{\max} = 20\,000$ Па.

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

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

Расчётная температура на выходе из узла VT.Combi $t_{\min 1} = 45^\circ\text{C}$.

Балансировочный клапан вторичного контура настроен на $K_{v62} = 3,1$ м³/час.

Расчёт:

- расход теплоносителя в первичном контуре:

$$G_1 = \frac{3600Q}{c(t_1 - t_{\min 1} + \Delta t_{\min})} = \frac{3600 \cdot 8000}{4196(80 - 45 + 10)} = 152,5 \text{ кг/час} \quad (4.4.5)$$

- расход теплоносителя во вторичном контуре:

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

- требуемый расход насоса:

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

- расход через балансировочный клапан вторичного контура:

$$G_{\text{ок2}} = G_2 - G_1 = 689,2 - 152,5 = 536,7 \text{ кг/час} \quad (4.4.8)$$

- потери давления на балансировочном клапане вторичного контура:

$$\Delta p_{\text{ок2}} = \left(\frac{G_2}{\rho K_{v62}} \right)^2 = \left(\frac{536,7}{972 \cdot 3,1} \right)^2 = 0,0317 \text{ бар} \quad (4.4.9)$$

- расчётные гидравлические потери в узле:

$$\Delta p_{\text{расч}} = \Delta p_{\max} + 10^5 \Delta p_{\text{ок2}} = 20000 + 10^5 \cdot 0,0317 = 23\,170 \text{ Па} \quad (4.4.10)$$

- требуемый напор насоса:

$$H_{\text{тр}} \geq 0,0001 \Delta p_{\text{расч}} = 0,0001 \times 23\,170 = 2,317 \text{ м вод. ст.} \quad (4.4.11)$$

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).

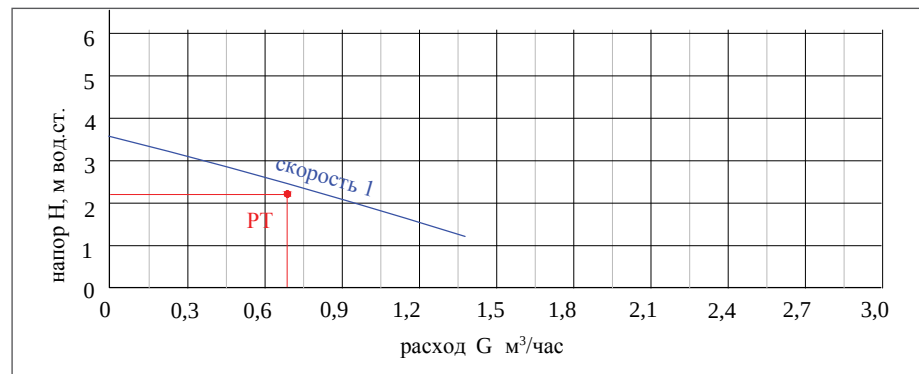


Рис. 4.4.3. Рабочая точка узла на рабочем графике насоса VT.VRS.25/4

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 теплоносителями 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.

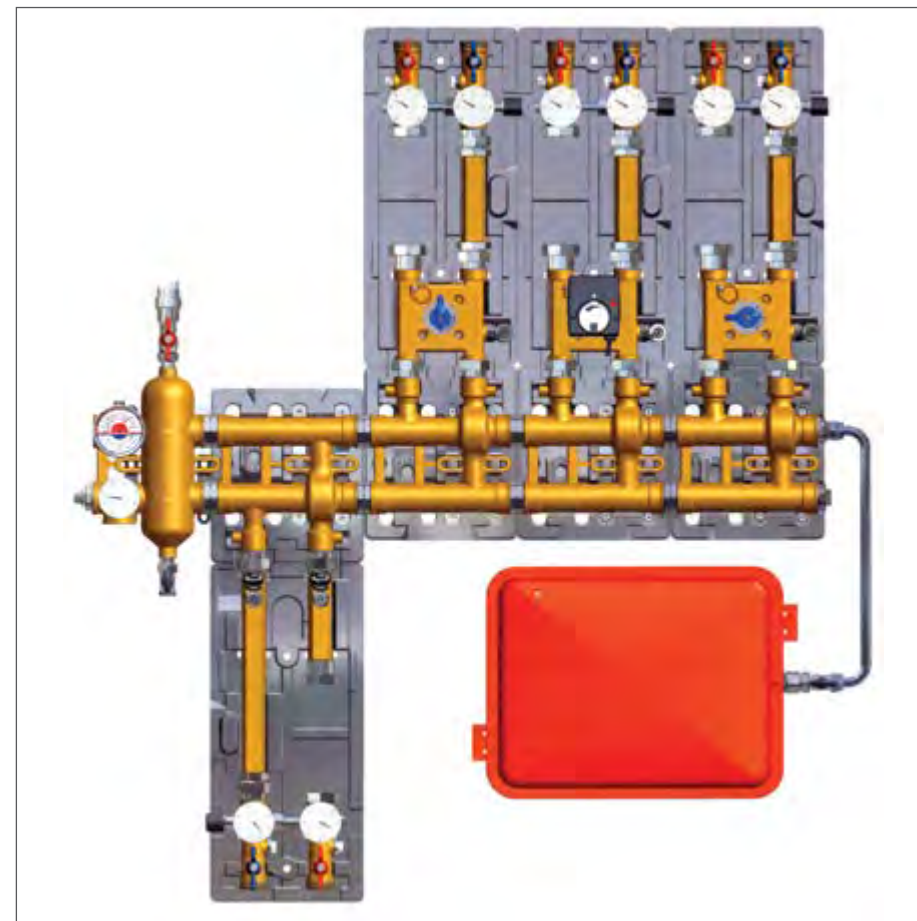


Рис. 4.5.1. Тепловой пункт из модулей системы VT.Varimix

В качестве привода рекомендуется использовать аналоговый ротационный привод VT.ACC10 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 4.5.2. 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}	м³/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	Ду, мм	32	32
Монтажная длина насоса	мм	180	180
Пределы настройки перепада давлений перепускного клапана	бар	0,2÷0,6	0,2÷0,6
Пропускная способность смесительного клапана при положении настройки:			
1	м³/час	0,2	0,2
3	м³/час	1,0	1,0
5	м³/час	1,9	1,9
7	м³/час	3,2	3,2
10	м³/час	4,1	4,1

Таблица 4.5.1. Состав системы VT.Varimix

VT.VAR.00 Гидрострелка	VT.VAR10 Насосный модуль без байпаса	VT.VAR.11 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

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.**

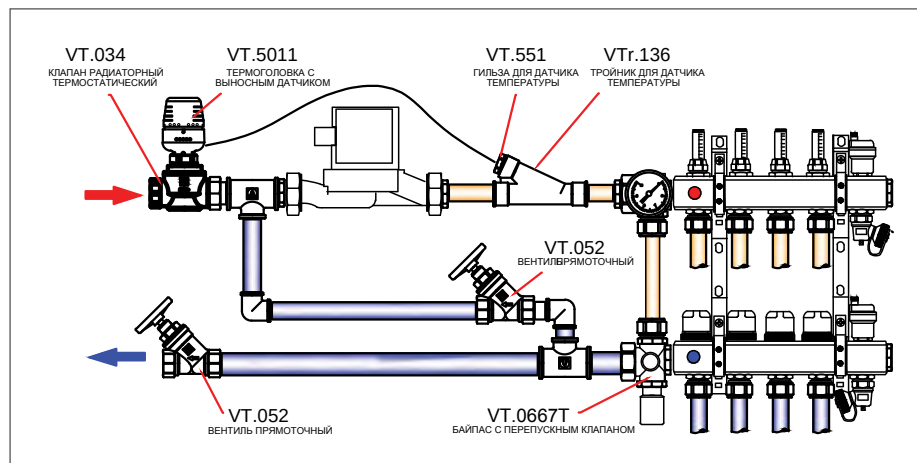


Рис. 4.6.1. Узел на базе радиаторного термостатического клапана повышенной пропускной способности VT.034 под управлением термоголовки VT.5011

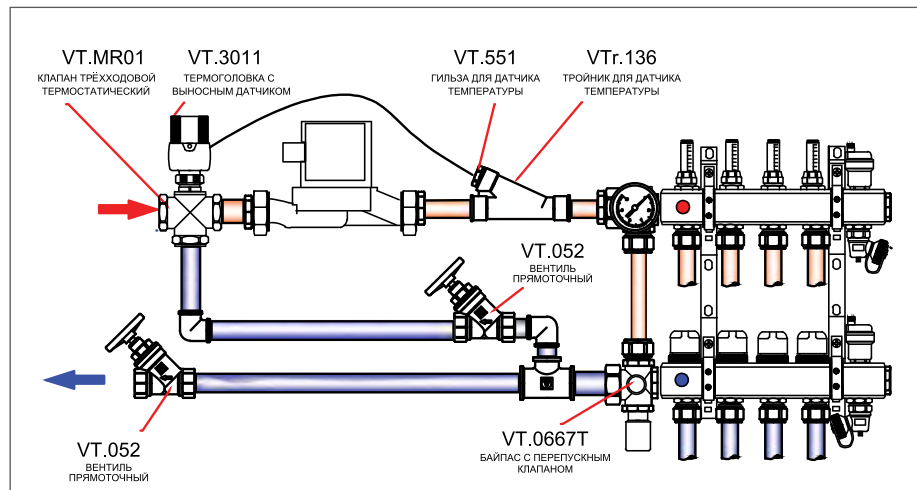


Рис. 4.6.2. Узел на базе трёхходового смесительного клапана VT.MR01 под управлением термоголовки VT.3011

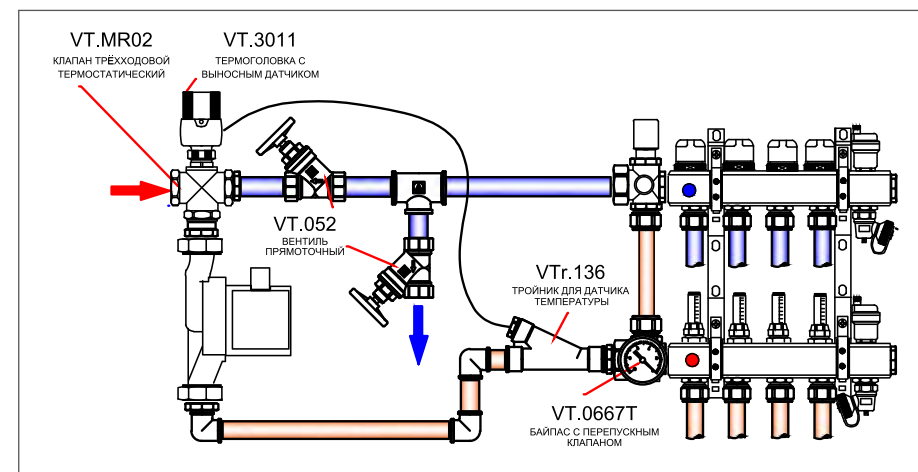


Рис. 4.6.3. Узел на базе трёхходового смесительного клапана VT.MR02 под управлением термоголовки VT.3011

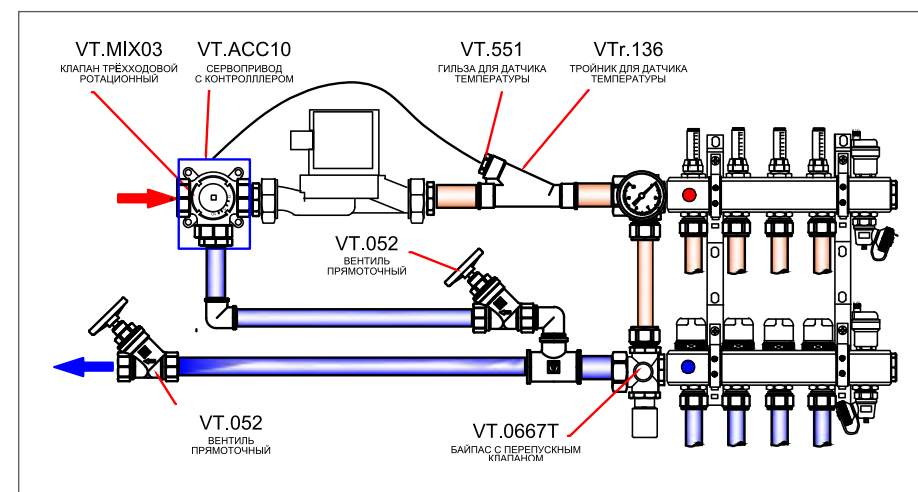


Рис. 4.6.4. Узел на базе трёхходового смесительного клапана VT.MIX03 под управлением сервопривода с контроллером VT.ACC10

5. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

5.1 ЗАДАЧИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

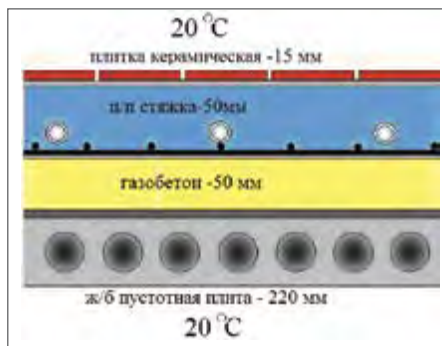


Рис. 5.1.1. Конструкция тёплого пола

Конструкция «пирога» пола показана на рисунке 5.1.1.

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

Средняя температура теплоносителя составляет $t_t=31,5$ °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 $t_{n0}=20$ °C. Однако с повышением температуры наружного воздуха картина будет меняться.

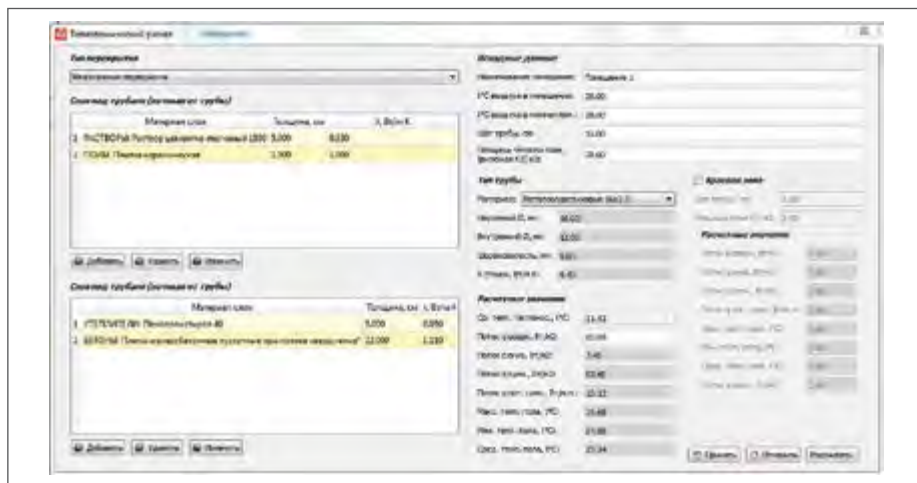


Рис. 5.1.2. Результат расчёта температуры теплоносителя

Температуру воздуха в помещении при изменившейся температуре наружного воздуха t_{n0} нетрудно определить из уравнения теплового баланса:

$$t_{n1} = \frac{t_{n0}(t_m - t_{n1}) + t_m(t_{n1} - t_{n0})}{t_m - t_{n0}}, \text{ °C} \quad (5.1.1),$$

где:

t_{n1} – текущая температура наружного воздуха, °C.

Удельный тепловой поток можно определить по формуле:

$$q_i = \frac{(t_m - t_{n1})q_0}{t_m - t_{n0}}, \text{ Вт/м}^2 \quad (5.1.2)$$

Текущая температура пола составит:

$$t_{n1} = t_{n0} + 0,137q_i^{0,91}, \text{ °C} \quad (5.1.3)$$

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 термостатическими клапанами коллекторного блока.

Принцип работы термостата элементарен: пользователем задаётся желаемая температура внутреннего воздуха (уставка). При отклонении температуры воздуха в помещении от уставки 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 термостатического 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 нормально открытому приводу. При повышении температуры воздуха в помещении термостат подаст питание на сервопривод, также перекрыв петлю.

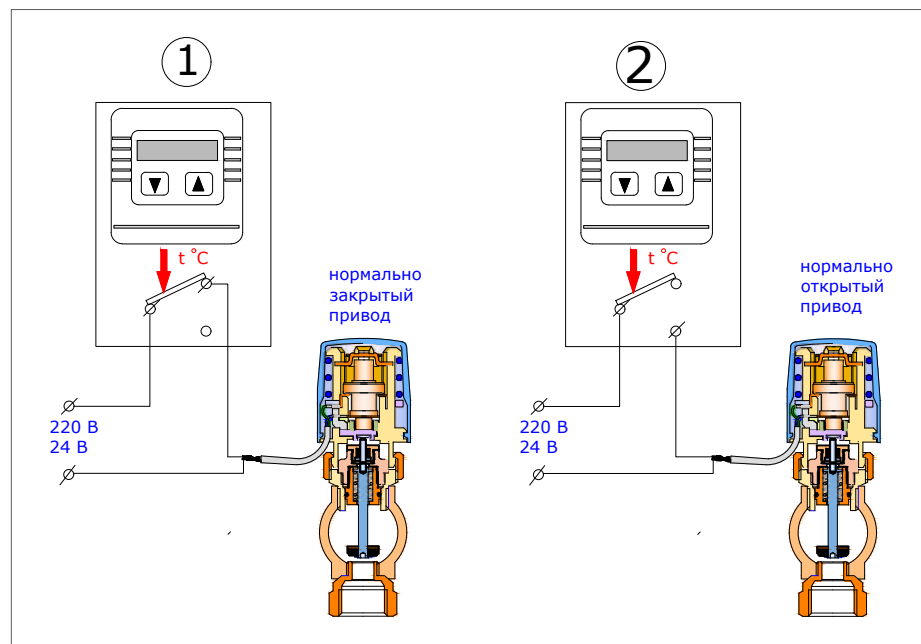


Рис. 5.2.1. Принцип работы комнатного термостата и сервопривода

В номенклатуре VALTEC имеется несколько видов комнатных термостатов.

Термостат комнатный проводной с датчиком температуры пола VT.AC602

Термостат VT.AC602 (**см. рис. 5.2.2**) 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. 5.2.3**).

К термостату подводится питание 220 В, которое он при понижении температуры воздуха ниже уставки передаёт на сервопривод (**рис. 5.2.4**).

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



Рис. 5.2.2. Комнатный термостат VT.AC602



Рис. 5.2.3. Схема переключения датчиков

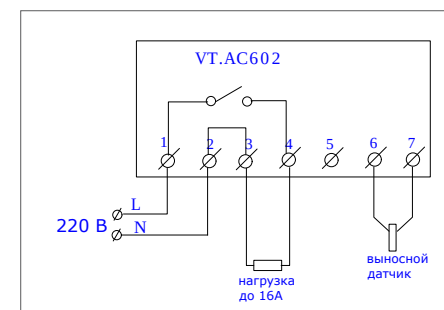


Рис. 5.2.4. Схема подключения термостата VT.AC602



Рис. 5.2.5. Термостат комнатный VT.AC701

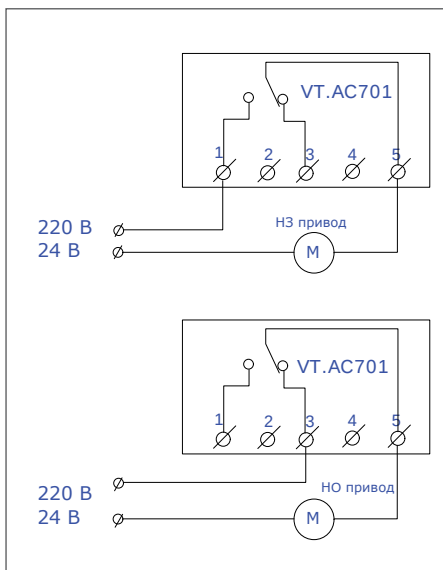


Рис. 5.2.6. Схемы подключения термостата VT.AC701

14–15 °С. Вечером семья возвращается домой, и до тех пор, пока все не улягутся спать, нужно снова поддерживать 20 °С. Наконец семья уснула. Для нормального здорового сна температура воздуха в помещении не должна превышать 17 °С (рис. 5.2.7).

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

Термостат комнатный проводной VT.AC701

Термостат VT.AC701 (рис. 5.2.5) 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.

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. 5.2.6).

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 °С. Затем квартира остаётся на попечение кошек и собак, и вполне достаточно, чтобы температура не опускалась ниже

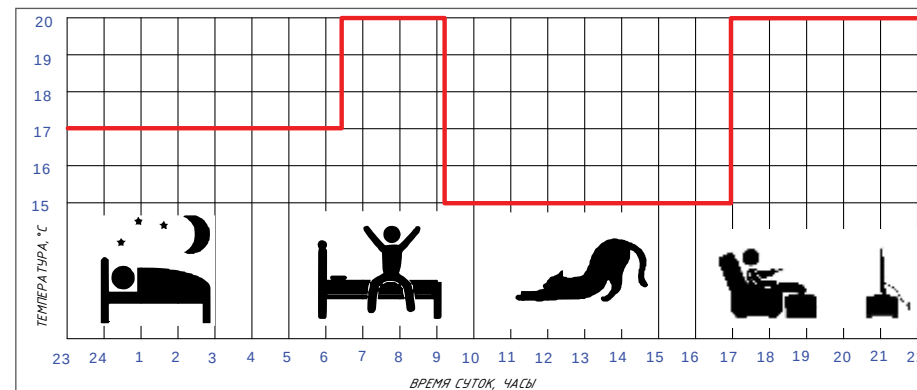


Рис. 5.2.7. Пример графика температуры воздуха в помещении

Можно, конечно, ничего не регулировать, а по старинке открывать и закрывать форточку, установив на термостате стабильные 20 °С. 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. 5.2.8).

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 2х6=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. Перейдя 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. 5.2.8. Хронотермостат проводной VT.AC709

В обычных комнатных термостатах гистерезис (разница между температурами размыкания и замыкания контактов) является фиксированной величиной и составляет, как правило, 1 °С. 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 °С.

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. 5.2.9). Даже при выключенном термостате (режим OFF) снижение температуры воздуха ниже 5 °С подаст напряжение на сервопривод, обеспечив циркуляцию теплоносителя.

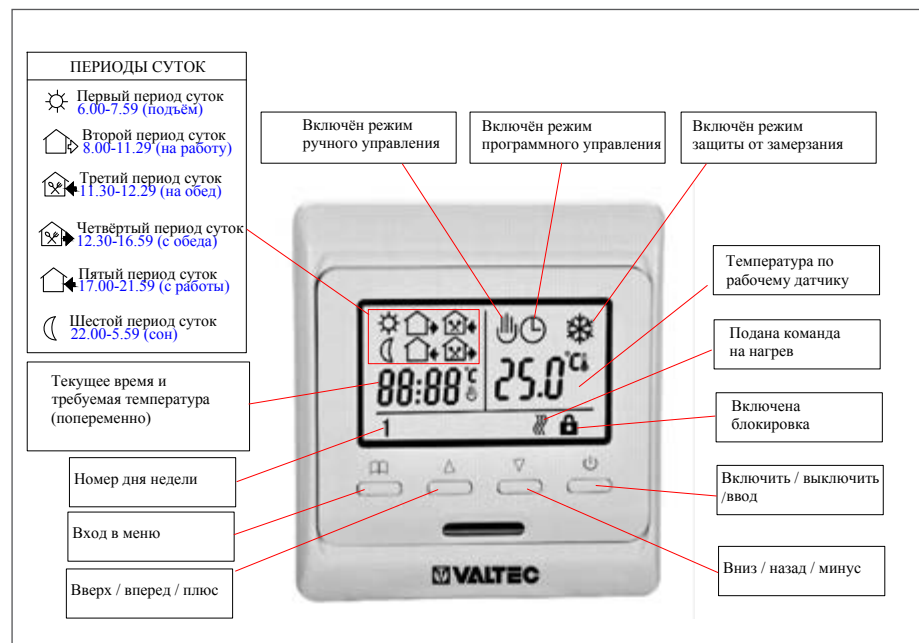


Рис. 5.2.9. Информация, отображаемая на экране и назначение кнопок управления VT.AC709 (синим цветом показано значение заводских настроек)

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, термостат подаст команду на отключение отопления (рис. 5.2.10а и 5.2.10б).

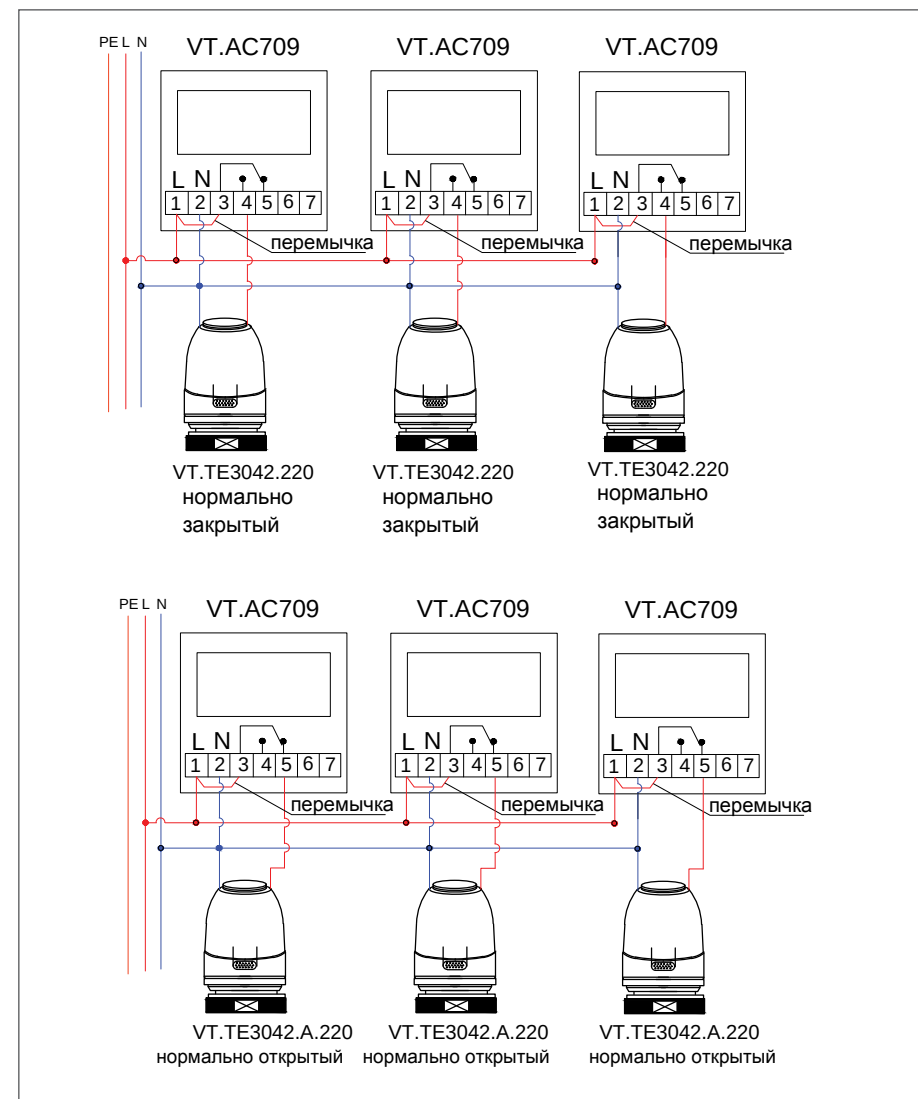


Рис. 5.2.10а. Схемы подключения хронотермостата VT.AC709 к сервоприводам 220 В

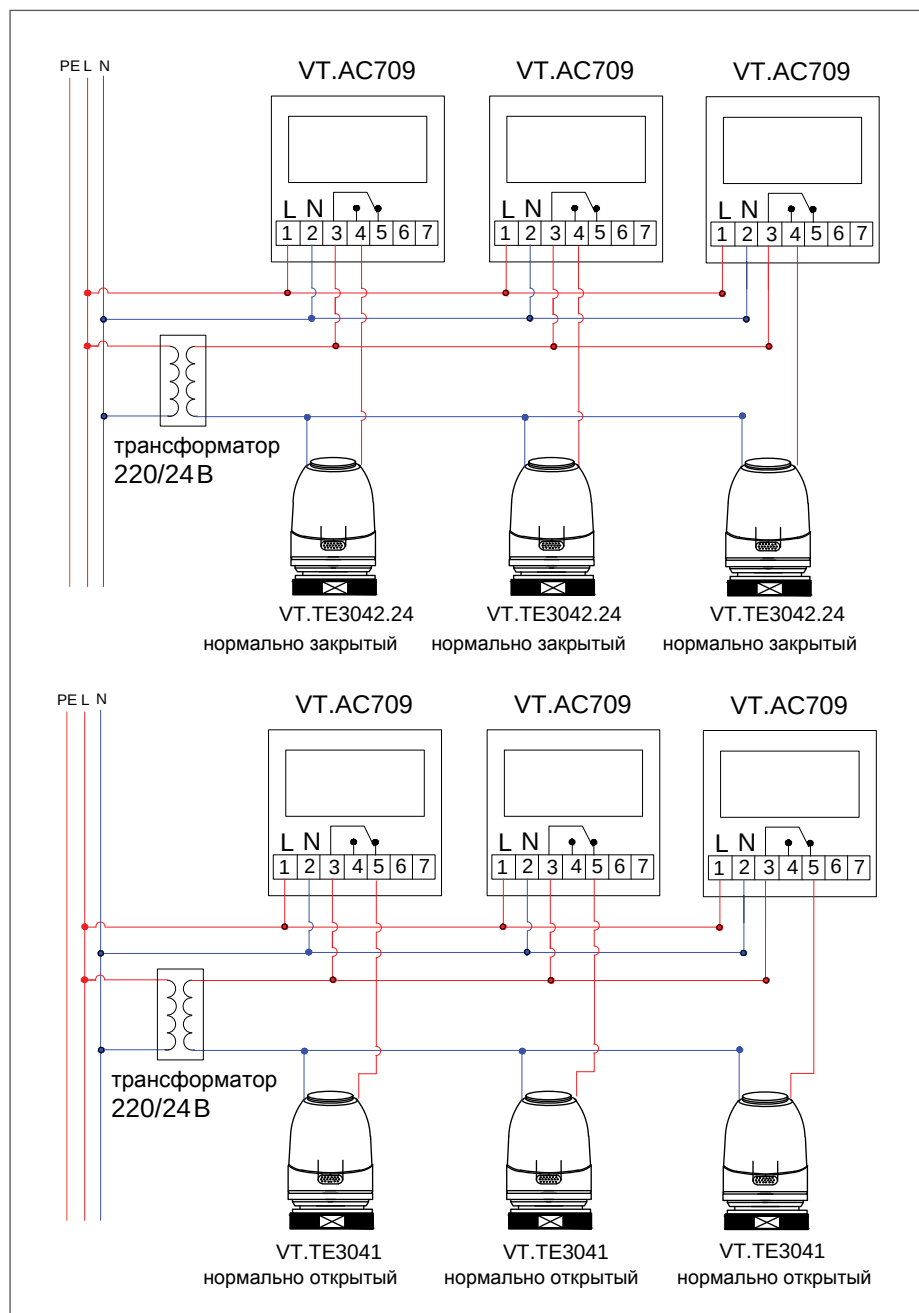


Рис. 5.2.106. Схемы подключения хронотермостата VT.AC709 к сервоприводам 24 В

Хронотермостат комнатный проводной с датчиком температуры пола VT.AC710

В отличие от VT.AC709 хронотермостат VT.AC710 (рис. 5.2.11) 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. 5.2.12).

Хронотермостат комнатный 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. 5.2.13).



Рис. 5.2.11. Хронотермостат VT.AC710

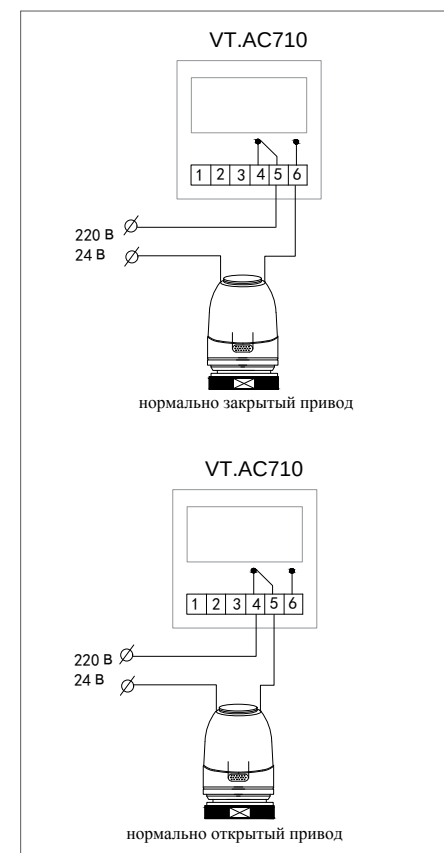


Рис. 5.2.12. Схема подключения хронотермостата VT.AC710



Рис. 5.2.13. Хронотермостат беспроводной VT.AC707

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.

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. 5.2.14).



Рис. 5.2.14. Хронотермостат двухконтурный VT.AC711

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. 5.2.15).

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).

При возрастании температуры выше уставки (20 °C + $0,5$ °C = $20,5$ °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 $20 + dT + 0,5 = 23,5$ °C приведёт к выключению и тёплого пола (рис. 5.2.16).

Остывание помещения сначала запустит тёплый пол при температуре $20 + dT - 0,5 = 22,5$ °C, а при понижении температуры до величины $20 - 0,5 = 19,5$ °C подключится и радиаторное отопление.

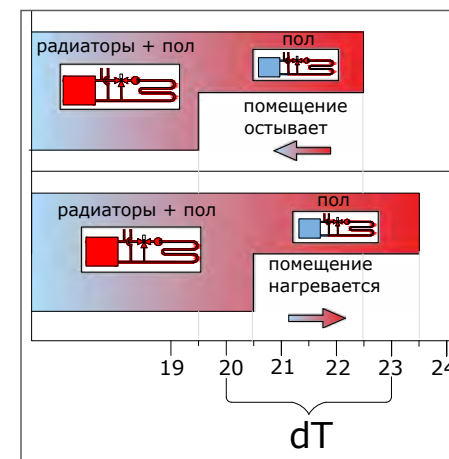


Рис. 5.2.15. Схема работы хронотермостата VT.AC711

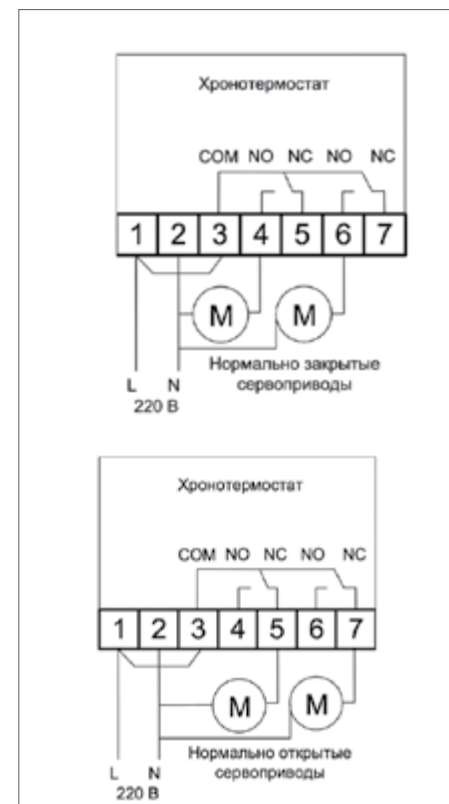


Рис. 5.2.16. Схемы подключения хронотермостата VT.AC711

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

Таблица 5.2.1. Таблица основных технических характеристик комнатных термостатов

Характеристика, ед. изм.	Модель термостата					
	VT.AC602	VT.AC701	VT.AC709	VT.AC710	VT.AC707	VT.AC711
Тип соединения	проводное	проводное	проводное	проводное	радио	проводное
Количество датчиков температуры	2	1	2	2	1	1
Количество управляемых контуров	1	1	1	1	1	2
Наличие ЖК-дисплея	нет	есть	есть	есть	есть	есть
Программирование	нет	нет	недельное	недельное	недельное	недельное
Электропитание, В	220 AC	3 DC	220 AC	3 DC	3DC-термостат 220 – приемник	220 AC
Коммутируемый ток, А	16	8	3	10	3	3
Коммутируемая мощность, Вт	3400	1800	650	1000	650	650
Диапазон регулирования температуры рабочего датчика, °C	+5...+40	+5...+40	+10...+55	5÷35	+5...+60	+10...+55
Предельная температура настройки выносного датчика, °C	+50	—	+60	—	—	—
Монтаж	в коробку K201 УХЛ4; D68	настенный	в коробку K201 УХЛ4; D68	настенный	настенный	в коробку K201 УХЛ4; D68
Совместимость с коммуникатором ZC8	нет	да	да	да	да	да
Совместимость с сервоприводами	VT.TE3040; VT.TE3042/220; VT.TE3043	VT.TE3040; VT.TE3041; VT.TE3042; VT.TE3043	VT.TE3040; VT.TE3041; VT.TE3042; VT.TE3043	VT.TE3040; VT.TE3041; VT.TE3042; VT.TE3043	VT.TE3040; VT.TE3041; VT.TE3042; VT.TE3043	VT.TE3040; VT.TE3041; VT.TE3042; VT.TE3043

5.3 ЗОНАЛЬНЫЙ КОММУНИКАТОР

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

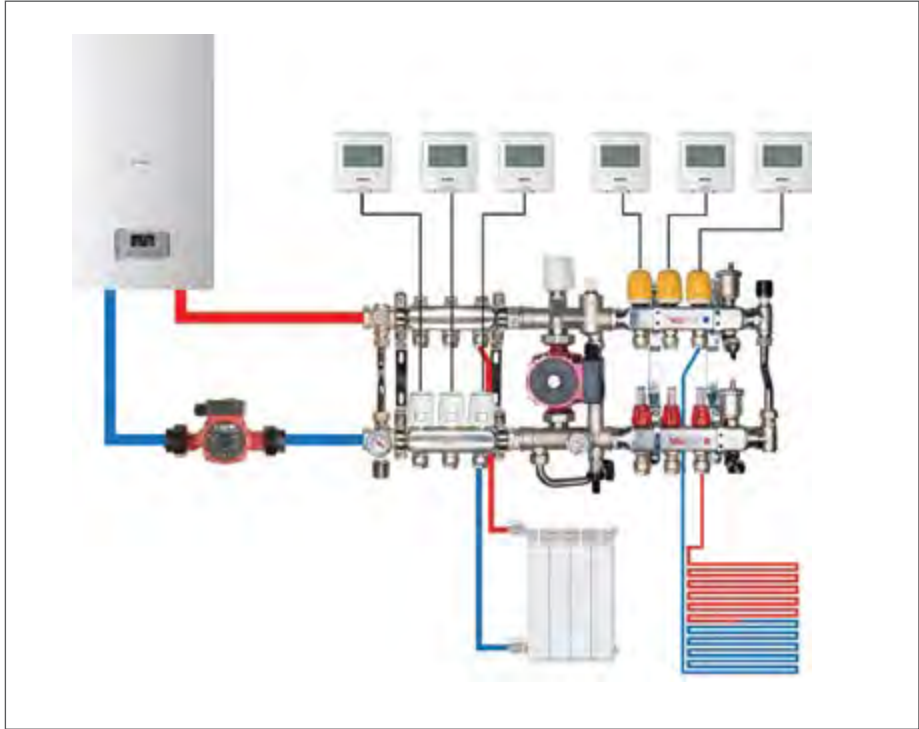


Рис. 5.3.1. Регулирование комбинированной системы отопления с помощью комнатных термостатов и сервоприводов

Очевидно, что в этой ситуации откроются перепускные клапаны на контурах и теплоноситель будет циркулировать по малым циркуляционным кольцам через байпасы. При этом насосы будут расходовать электроэнергию впустую. 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 свыше 150 °C, однако, это является аварийным режимом, и его регулярное повторение всё-таки 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 термостатические 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.

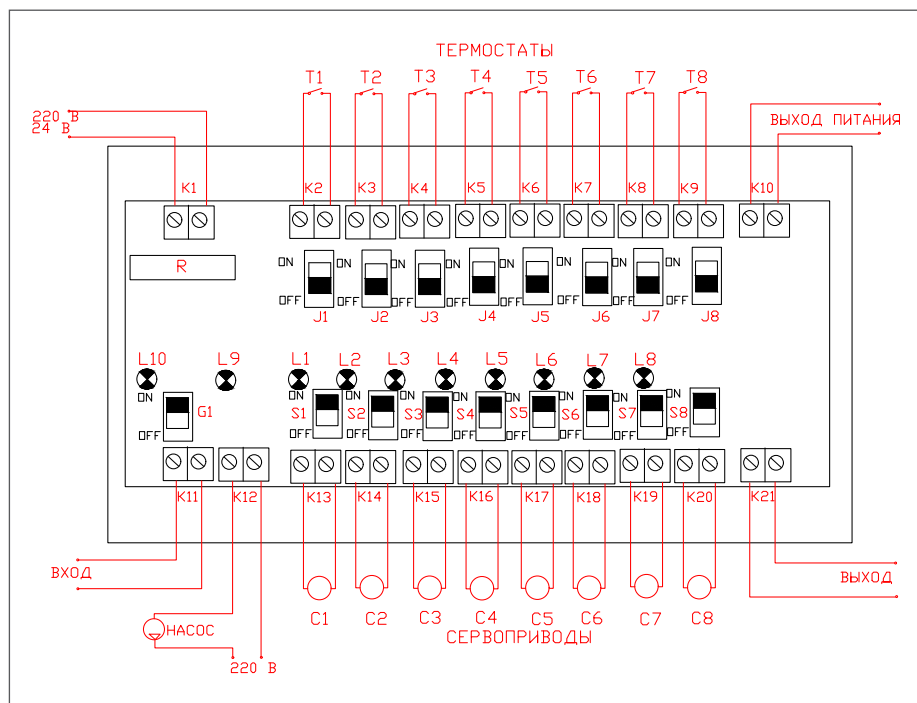


Рис. 5.3.3. Пример схемы подключения коммуникатора VT.ZC8

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 термостатических клапанов коллектора; J9÷J16 — переключатели типа сервопривода. В положении OFF подключаются 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 включён 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.

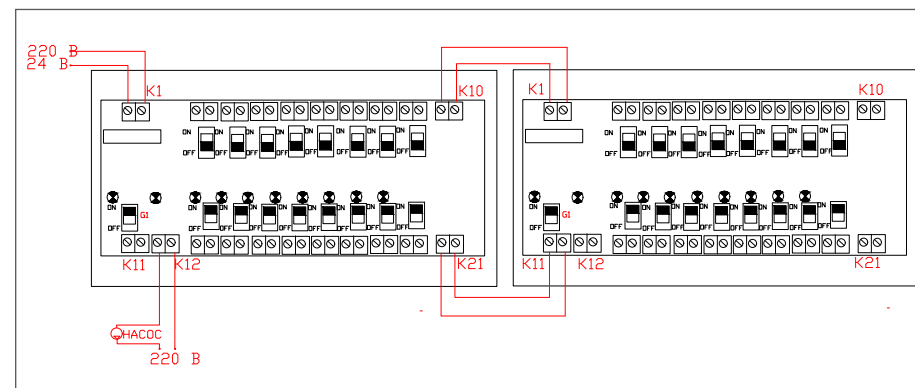


Рис. 5.3.4. Схема соединения двух коммуникаторов

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	мм²	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	мм²	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 справятся 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 скупости — 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:

$$\tau = \beta \cdot LN \left(\frac{t_o - t_n}{t_x - t_n} \right), \text{ час},$$

где:

t_x — температура помещения после остывания, °C;

t_b — температура помещения до начала остывания, °C;

t_n — 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 ($R_{пр}$). 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:

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

При этом температура воздуха и пола практически уравниваются.

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:

$$\tau_{пол} = \Delta t (c_{ст} S_{ст} \delta_{ст} \gamma_{ст} + c_n S_n \delta_n \gamma_n) / 3600 q_{расч} =$$

$$= 6 \cdot (880 \cdot 1 \cdot 0,05 \cdot 1800 + 840 \cdot 1 \cdot 0,015 \cdot 2000) / 3600 \cdot 80 = 2,2 \text{ часа}$$

где:

$c_{ст}$ — удельная теплоёмкость стяжки (880 Дж/кг °C);

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

c_t — удельная теплоёмкость воды (4187 Дж/кг °C);

$S_{\text{ст}}; S_{\text{п}}$ — расчётная площадь стяжки и плиточного покрытия (1 м^2);
 $\delta_{\text{ст}}; \delta_{\text{п}}$ — расчётная толщина стяжки (50 мм) и плиточного покрытия (15 мм);
 $\gamma_{\text{ст}}$ — удельный вес материала стяжки (1800 кг/м^3);
 $\gamma_{\text{п}}$ — удельный вес материала плиточного покрытия (2000 кг/м^3).

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.K200.M

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



Рис. 5.5.1. Контроллер VT.K200.M

Полностью оценить преимущества погодозависимого управления системой тёплых полов позволит контроллер VT.K200.M (**рис. 5.5.1**). Он не только обеспечит энергоэффективную работу напольного отопления, но и продлит ресурс безаварийной эксплуатации всей системы в целом.

По заданному графику, в котором каждой конкретной температуре наружного воздуха соответствует строго определённая температура теплоносителя, контроллер управляет аналоговым сервоприводом VT.ТЕ3061, который в свою очередь определяет степень открытия термостатического клапана насосно-смесительного узла тёплого пола. В результате в контур тёплого пола поступает теплоноситель с температурой, которая требуется в данный момент для восполнения теплопотерь помещений. Контроллер совместим со всеми насосно-смесительными узлами торговой марки VALTEC.

Управляющий сигнал контроллера, лежащий в диапазоне от 0 до 10 В, рассчитывается по пропорционально-интегрально-дифференциальному (ПИД) закону регулирования.

Смысл такого регулирования в следующем:

Прибор вычисляет величину управляющего сигнала по формуле:

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

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 этой 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 даёт возможность контроллеру оперативно устанавливать в системе требуемый уровень температуры теплоносителя при малейших колебаниях температуры наружного воздуха.

Необходимая температура теплоносителя определяется контроллером по пользовательскому температурному графику. Данный график устанавливается на стадии наладки системы отопления и определяется заданными пользователем точками (от 2 до 10).

Крайняя левая точка графика (рис. 5.5.2, точка А или С) задаёт максимальную температуру теплоносителя в системе тёплого пола, которой соответствует расчётная отрицательная температура наружного воздуха.

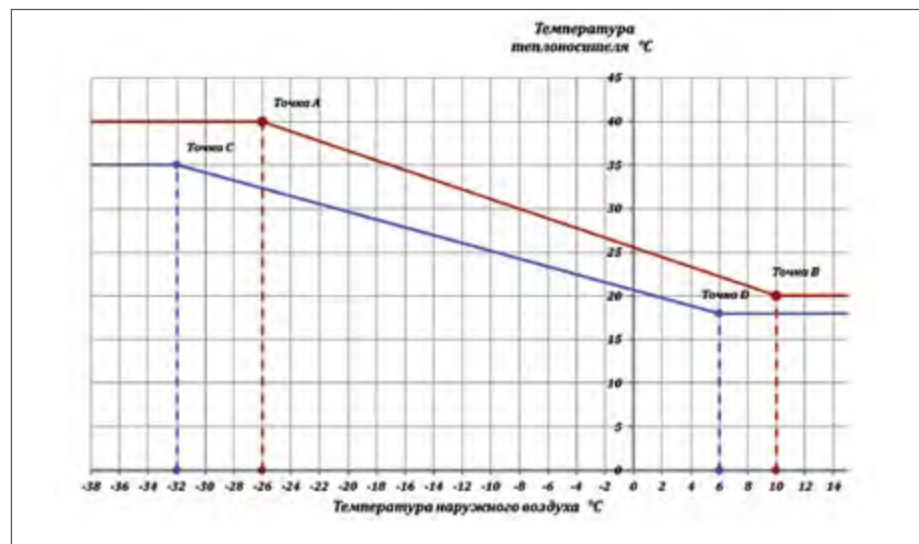


Рис. 5.5.2. Примеры пользовательских графиков регулирования

Максимальная температура теплоносителя тёплого пола определяется проектом системы отопления.

Крайняя правая точка (точка В или D) определяется по личностным теплоощущениям конкретного потребителя и далее корректируется на основании опыта эксплуатации.

Заводская настройка температурного графика (-30 °C/ +50 °C; +15 °C/ +25 °C) позволяет поддерживать достаточно комфортную температуру в помещениях с любой конструкцией тёплого пола и при любых климатических условиях.

Контроллер обладает функцией адаптивности, которая даёт возможность в процессе эксплуатации вырабатывать наиболее эффективный алгоритм работы, соответствующий конкретной системе, объекту и динамике изменения теплового режима (см. таблицу 5.5.1).

Встроенная функция ограничения температуры в контуре «тёплого пола» (+60 °C) позволяет отказаться от использования внешнего предохранительного термостата. В этом случае питание насоса подаётся через контроллер (рис. 5.5.3).

Настройка контроллера проста и занимает у пользователя не более 10-15 минут.

Благодаря наличию встроенного цифрового интерфейса RS-485 контроллер может быть внедрён в сеть диспетчеризации и контроля данных.

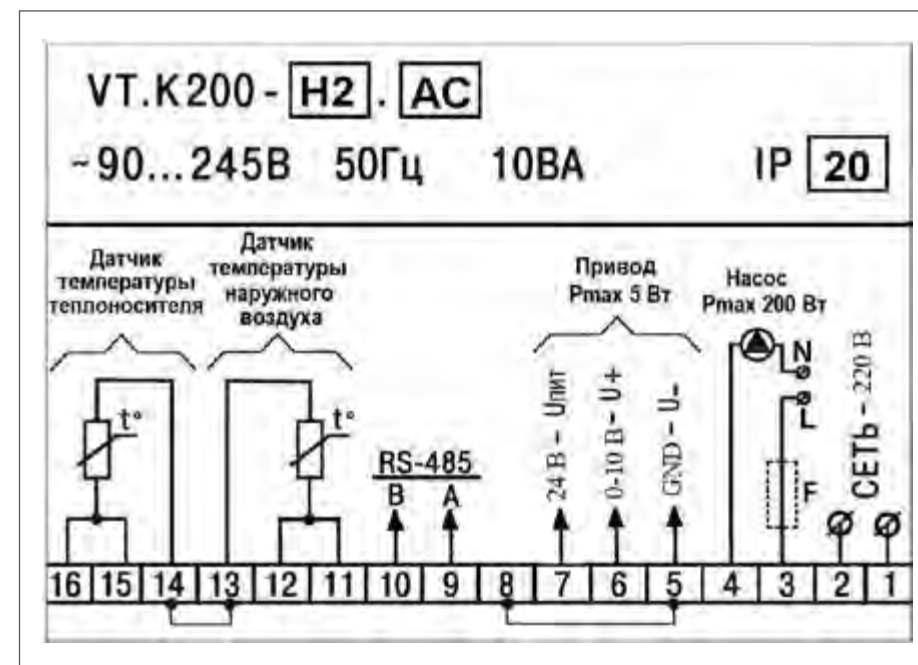


Рис. 5.5.3. Схема подключения контроллера VT.K200.M

Таблица 5.5.1. Основные технические характеристики контроллера VT.K200.M

Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение
Напряжение питания	В	~90÷245 (АС)
Потребляемая мощность	ВА	6
Периодичность опроса (время между двумя соседними измерениями), $\Delta t_{изм}$	сек.	1,0
Предел основной допускаемой приведённой погрешности	%	±0,25
Диапазон напряжений выходного управляющего сигнала	В	0÷10
Сопrotивление нагрузки выходного сигнала	кОм	> 2
Степень защиты корпуса		IP20
Тип интерфейса связи		RS-485
Параметры выхода ВУ1 (привод смесительного клапана)		
Напряжение питания	В	24 (АС)
Максимальный ток	мА	300
Мощность	Вт	5
Параметры реле выхода ВУ2 (циркуляционный насос)		
Коммутируемое напряжение	В	220 (АС)
Максимальный ток	А	1,0

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 «пирога» тёплого пола как над трубами, так и под ними;
- расчётная (требуемая) температура воздуха в отапливаемом помещении;
- коэффициенты теплопроводности каждого слоя «пирога» 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/м² 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/м² К	10,8
8	Шаг труб	см	7,5

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

где:

q – удельный тепловой поток, Вт/м;²

Δt – логарифмическая разность температур теплоносителя и температурой воздуха в помещении, °С;

$K_{тр}$ – приведённый коэффициент теплопередачи стенки трубы, Вт/м² °С;

K_{mn} – 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, °С;

t_b – расчётная температура воздуха в помещении, °С.

Коэффициент теплопередачи стенки трубы:

$$K_{mp} = \frac{K_{тр0}}{1 + \frac{1,1}{\pi} \cdot K_{mp0} \cdot K_{mn} \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_D \cdot b \left(\frac{1}{2\lambda_{ст}} LN \frac{D}{D-2\delta} - \frac{1}{2\lambda_{ст0}} LN \frac{D_0}{D_0-2\delta_0} \right)} = \frac{6,7}{1 + 2,347 \cdot K_{mn} \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_D \cdot b \left(\frac{1}{2\lambda_{ст}} LN \frac{D}{D-2\delta} - 0,41 \right)} \quad (6.2.3),$$

где:

$K_{тр0}$ – 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;

$\lambda_{ст}$ – коэффициент теплопроводности стенки трубы, Вт/м °С;

$\lambda_{ст0}$ – коэффициент теплопроводности стенки эталонной трубы, – 0,35 Вт/м °С.

Коэффициент влияния термического сопротивления покрытия пола:

$$K_{mn} = \frac{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_{с0}}{\lambda_{с0}}}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_{с0}}{\lambda_c} + R_{mn}} = \frac{0,1376}{0,0926 + \frac{0,045}{\lambda_c} + \Sigma R_{mn}} \quad (6.2.4),$$

где:

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

$\delta_{с0}$ – толщина эталонной стяжки, – 0,045 м;

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

$\lambda_{с0}$ – коэффициент теплопроводности эталонной стяжки, – 1,00 Вт/м °С;

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

Коэффициент шага укладки труб:

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

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, м² 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 труб:

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

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 расчётных программ.

6.3 АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД

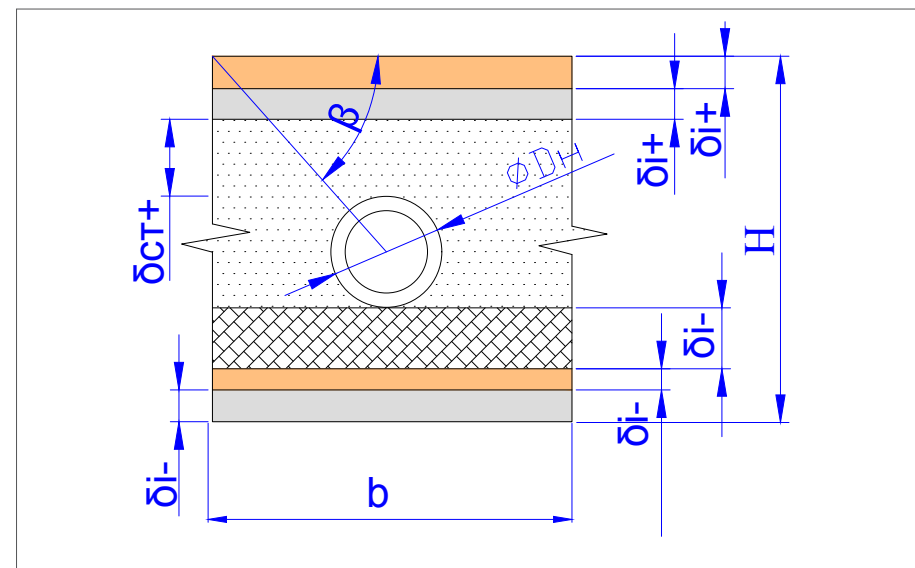


Рис. 6.3.1. Расчётный элемент тёплого пола

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:

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

где:

$\lambda_{ст}$ — коэффициент теплопроводности стяжки, Вт/м °C;

$\lambda_{i,+}$ — коэффициенты теплопроводности слоёв пола над трубой, Вт/м °C;

α^+ — коэффициент теплоотдачи поверхности пола, Вт/м² °C. Этот коэффициент является функцией от температуры поверхности пола $t_{п+}$, а значит — удельного теплового потока:

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

где: t_+ — температура воздуха в обслуживаемом помещении, °C.

Для диапазона температур поверхности пола 24÷35 °C этот коэффициент можно принять 10,8 Вт/м² °C.

Приведённое термическое сопротивление слоёв пола под трубой:

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

где:

λ_i — коэффициенты теплопроводности слоёв пола под трубой, Вт/м °С;

α — коэффициент теплоотдачи поверхности потолка нижележащего помещения, Вт/м² °С. Коэффициент теплоотдачи нижней поверхности конструкции (если полы не по грунту) для гладких и малоорёбренных потолков ($h/a \leq 0,3$) принимается 8,7 Вт/м °С, для сильноорёбренных потолков — 7,6 Вт/м °С. Для полов по грунту приведённое сопротивление теплопередаче слоёв пола под трубой следует считать по формуле:

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

Второе слагаемое в этой формуле учитывает толщины и коэффициенты теплопроводности только теплоизоляционных слоёв ($\lambda < 1,2$ Вт/м °С).

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 °С;
- для третьей зоны (от 4 до 6 метров) — плюс 5 °С;
- для четвёртой зоны (более 6 метров) — плюс 14 °С.

Приведённое сопротивление теплопередаче стенок трубы с учётом коэффициента теплоотдачи на внутренней поверхности трубы $\alpha_{\text{вн}}$, принимаемого 400 Вт/м² °С.

$$R_{mp} = \frac{1}{\pi \alpha_{\text{вн}} D_{\text{вн}}} + \frac{LN \frac{D_n}{D_{\text{вн}}}}{2\pi \lambda_{cm}} (\text{м}^2 \text{°С/Вт}) \quad (6.3.5),$$

где:

$D_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр трубы, м;

D_n — наружный диаметр трубы, м;

λ_{cm} — коэффициент теплопроводности материала стенок трубы, Вт/м °С.

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

Удельный тепловой поток по направлению вверх:

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

где: t_c — температура стенки трубы, °С;

t^+ — температура воздуха в расчётном помещении, °С.

Из формулы 6.3.6 можно получить выражение для температуры стенки трубы:

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

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

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

где:

t^- — температура воздуха в нижележащем помещении, °С;

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

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

где:

b — шаг труб, м.

Температура пола над трубой:

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

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

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

Максимальное термическое сопротивление над трубами:

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

Минимальная температура пола составит:

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

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

Температура стенки трубы, выраженная через термическое сопротивление стенки трубы:

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

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

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

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

$$q = \frac{t_0 (R^+ + R^-) - R^- t^+ - R^+ t^-}{R^- R^+ + b R_{mp} (R^+ + R^-)}, \text{Вт/м}^2 \quad (6.3.16)$$

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:

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

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

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

Пример:

Исходные данные:

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

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

Предельная температура пола основной зоны $t_{n.oz} = 26 \text{ }^\circ\text{C}$;

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

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:

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

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.

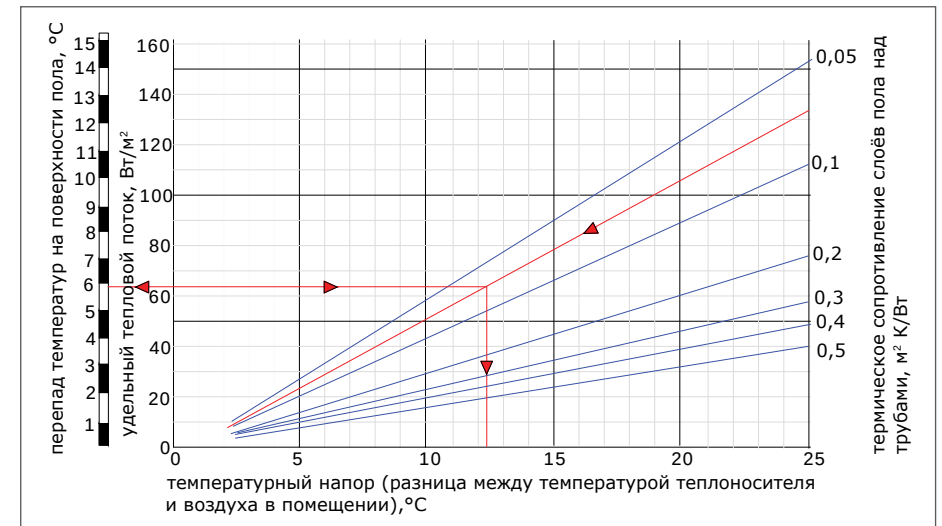


Рис. 6.5.1. График расчёта параметров тёплого пола

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 $12,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.
5. Прибавив температурный напор к температуре воздуха в помещении, получаем требуемую среднюю температуру теплоносителя в петлях тёплого пола $20+12,3=32,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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).

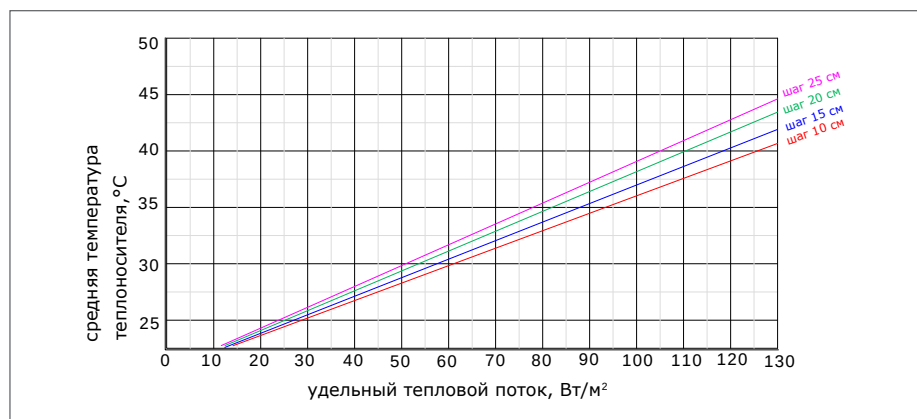


Рис. 6.5.2. Зависимость теплового потока от средней температуры теплоносителя (стяжка 30 мм; керамическая плитка; труба 16x2,0)

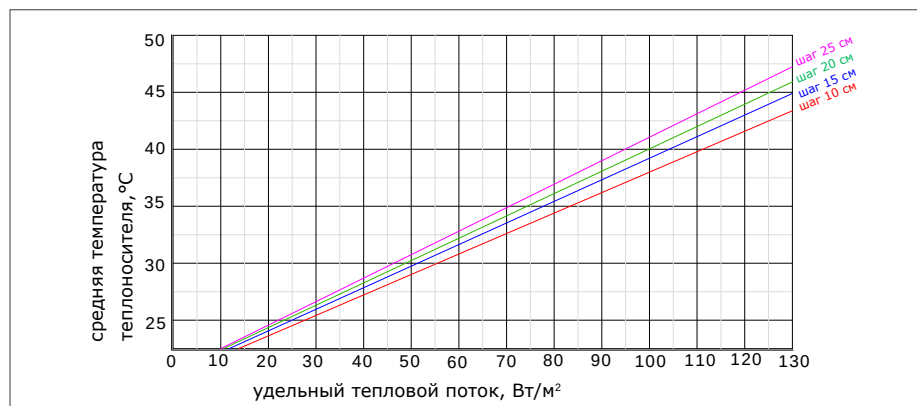


Рис. 6.5.3. Зависимость теплового потока от средней температуры теплоносителя (стяжка 50 мм; керамическая плитка; труба 16x2,0)

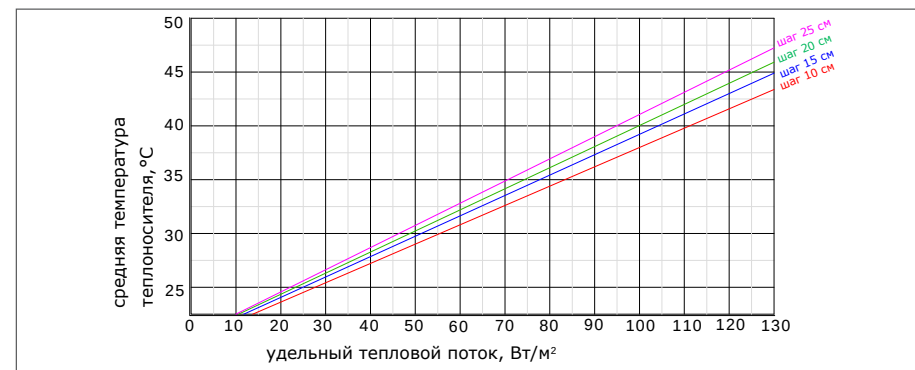


Рис. 6.5.4. Зависимость теплового потока от средней температуры теплоносителя (стяжка 70 мм; керамическая плитка; труба 16x2,0)

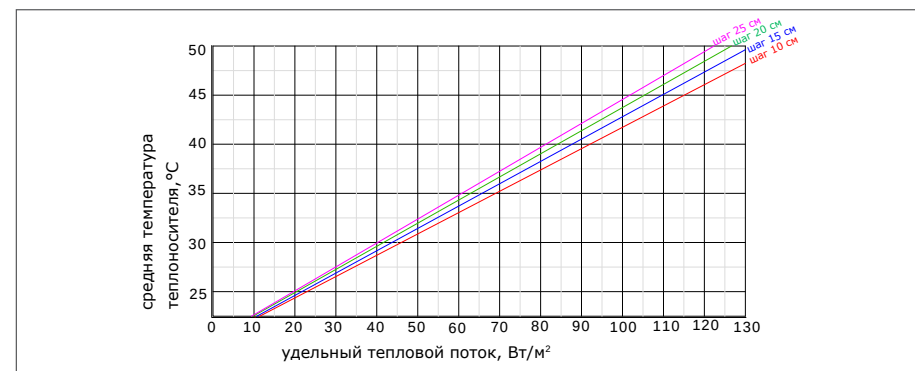


Рис. 6.5.5. Зависимость теплового потока от средней температуры теплоносителя (стяжка 30 мм; ковровый; труба 16x2,0)



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

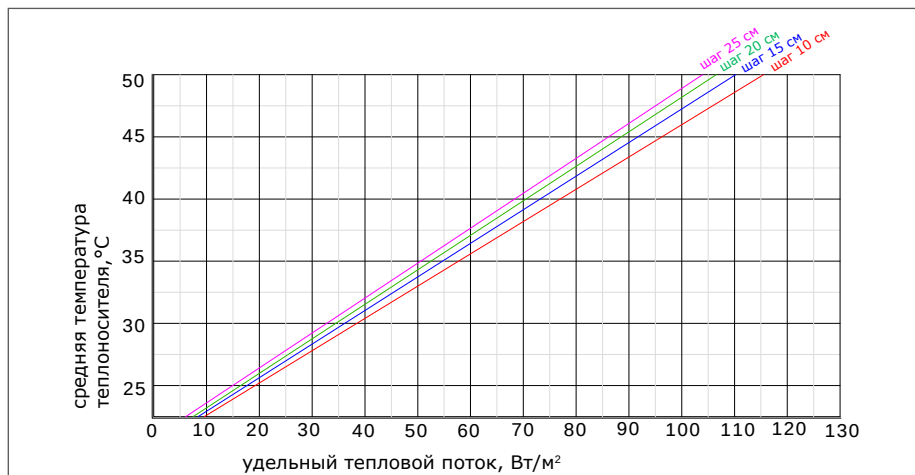


Рис. 6.5.7. Зависимость теплового потока от средней температуры теплоносителя (стяжка 70 мм; ковролин; труба 16х2,0)

6.6 ТАБЛИЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЁТА

Табличный метод расчёта тёплых полов является наиболее практичным 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/м²								
		шаг труб 10 см			шаг труб 15 см			шаг труб 20 см		
		в=30 мм	в=40 мм	в=50 мм	в=30 мм	в=40 мм	в=50 мм	в=30 мм	в=40 мм	в=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	15	128	120	112	121	113	107	114	107	101
	20	96	90	84	91	85	80	85	81	76
	25	64	60	56	60	57	53	57	54	51
37,5	15	144	135	127	136	127	120	128	121	114
	20	112	105	98	106	99	93	100	94	89
	25	80	75	70	75	71	67	71	67	63
40	15	160	150	141	151	142	133	143	134	127
	20	128	120	112	121	113	107	114	107	101
	25	96	90	84	91	85	80	86	81	76

Таблица 6.6.2. Покрытие пола — ковролин ($\lambda=0,07$ Вт/м °C) толщиной 5 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/м²								
		шаг труб 10 см			шаг труб 15 см			шаг труб 20 см		
		в=30 мм	в=40 мм	в=50 мм	в=30 мм	в=40 мм	в=50 мм	в=30 мм	в=40 мм	в=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 °C) толщиной 15 мм по фанере ($\lambda=0,18$ 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/м²								
		шаг труб 10 см			шаг труб 15 см			шаг труб 20 см		
		в=30 мм	в=40 мм	в=50 мм	в=30 мм	в=40 мм	в=50 мм	в=30 мм	в=40 мм	в=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

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
6.3.5. Полимерные трубы прокладывают в гофротрубе в местах возможного механического повреждения (под порогами, в местах выхода их пола, на стыках плит перекрытий). При напольном отоплении полимерные трубы следует прокладывать без гофротрубы	СП 60.13330.2016
6.4.9. Среднюю температуру поверхности строительных конструкций со встроенными нагревательными элементами в расчётных условиях следует принимать не выше: -26 °С — для полов помещений с постоянным пребыванием людей; -23 °С — для полов детских учреждений, согласно СП 118.13330; -31 °С — для полов помещений с временным пребыванием людей, а также для обходных дорожек, скамей крытых плавательных бассейнов. Температура поверхности пола по оси нагревательного элемента в детских учреждениях, жилых зданиях и плавательных бассейнах не должна превышать 35 °С. Ограничения температуры поверхности пола не распространяются на встроенные в перекрытие или пол одиночные трубы системы отопления	СП 60.13330.2016
3.11. Перепад температуры на отдельных участках пола при напольном отоплении не должен превышать 10 °С (оптимально 5 °С)	СП 41-102-98
6.2.1. Оптимальное значение температуры поверхности пола составляет 24±1,5 °С	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 м² °С/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	АВОК 4.4-2013

5.6.8. Верхнюю часть шва необходимо обработать герметиком.	АВОК 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	АВОК 4.4-2013
5.7.4. Один коллектор 1" может обеспечивать теплоносителем до 12 петель	АВОК 4.4-2013
5.6. При монтаже систем напольного отопления должны выполняться следующие условия: • 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	АВОК 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 °С с ежедневным увеличением температуры на 5 °С до тех пор, пока она не будет соответствовать проектной величине	АВОК 4.4-2013

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

Расход, л/с	Вода				Раствор гликоля			
	Труба 16x2,0		Труба 20x2,0		Труба 16x2,0		Труба 20x2,0	
	v, м/с	Δр, Па/м	v, м/с	Δр, Па/м	v, м/с	Δр, Па/м	v, м/с	Δр, 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

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 (PEX; PERT) VTc.710; VTc.712 (МП); VTc.711 (медь); VTr.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 (PEX; PERT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTr.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.IV130.0635 (200 мм) VTc.130 (115 мм)
 VTc.550.N латунный, 3/4"; 1"; шаг 36 мм	2, 3, 4	1/2"ВР	VTm.201 (МПТ; PEX; PERT) VTm.301 (МПТ) VTr.701 (PPR) VTi.901 (H/Ж)	VTc.IV130.0635 (200 мм) VTc.130 (115 мм)
 VTc.560.N латунный с регулирующими вентильми для петель обратки, 3/4"; 1", шаг 36 мм	2, 3, 4	1/2"НР конус	VTc.709 (PEX; PERT) VTc.710; VTc.712 (МП); VTc.711 (медь); VTr.708.K (PPR)	VTc.IV130.0635 (200 мм) VTc.130 (115 мм)
 VTc.560.NE латунный с регулирующи- ми вентильми для петель обратки, 1", шаг 40 мм	2, 3, 4	3/4"НР евроконус	VT.4410 (PEX; PERT)VT.4420 (МПТ)VT.4430 (медь)VTr.708.E (PPR)VTc.712.NE	VTc.IV130.0635 (200 мм) VTc.130 (115 мм)
 VTc.570.N латунный с регулирующими вентильми для петель пода- чи, 3/4", шаг 45 мм	2, 3, 4	1/2"НР конус	VTc.709 (PEX; PERT) VTc.710; VTc.712 (МП); VTc.711 (медь); VTr.708.K (PPR)	VTc.IV130.0635 (200 мм) VTc.130 (115 мм)

 VTc.580.N латунный с отсекающими кранами, 3/4"; 1", шаг 36 мм	2, 3	1/2"HP конус	VTc.709 (PEX; PERT) VTc.710; VTc.712 (МПТ); 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"HP евроконус	VT.4410 (PEX; PERT) 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"HP евроконус	VT.4410 (PEX; PERT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.130.INX
 VTc.510.SS из нержавеющей стали, 1"; 1 1/2", шаг 100 мм	2÷10 (1") 4÷7(1 1/2")	1/2"HP (1") 3/4" HP (1 1/2")	VTm.202; VTm.222 (МПТ; PEX; PERT) 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; PEX; PERT) VTm.302 (МПТ) VTp.702 (PPR) VTi.902 (H/Ж)	VTc.130.INX RUS.833
 VTc.582.EMNX блок из нержавеющей стали, с термостатическими клапанами и расходомера- ми 1", шаг 50 мм	3÷10	3/4"HP евроконус	VT.4410 (PEX; PERT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.IV130.0635

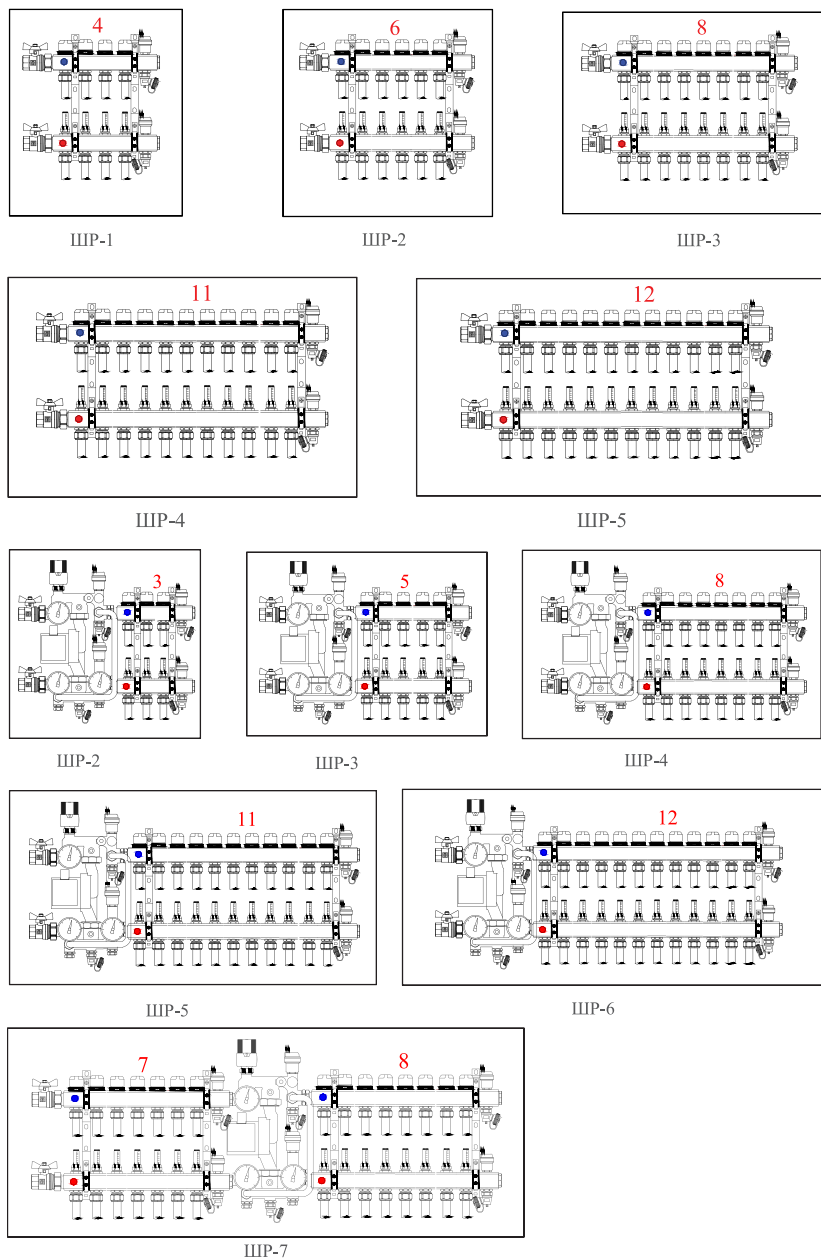
 VTc.584.EMNX блок из нержавеющей стали, с термостатическими и балансировочными клапа- нами, 1", шаг 50 мм	3÷10	3/4"HP евроконус	VT.4410 (PEX; PERT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.IV130.0635
 VTc.586.EMNX блок из нержавеющей стали, с термостатическими клапанами и расходомера- ми 1", шаг 50 мм	2÷12	3/4"HP евроконус	VT.4410 (PEX; PERT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.IV130.0650
 VTc.588.EMNX блок из нержавеющей стали, с термостатическими и балансировочными клапанами, 1", шаг 50 мм	3÷10	3/4"HP евроконус	VT.4410 (PEX; PERT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.130.IN
 VTc.589.EMNX блок из нержавеющей стали, с термостатическими клапанами и расходо- мерами, 1", шаг 50 мм	3÷10	3/4"HP евроконус	VT.4410 (PEX; PERT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTp.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc.130.IN

 VTc.594.EMNX латунный блок, с термостатическими и балансировочными клапанами, 1", шаг 50 мм	3÷12	3/4"HP евроконус	VT.4410 (PEX; PERT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTr.708.E (PPR) VTc.712.NE	VTc. IV130.0650
 VTc.596.EMNX латунный блок, с термостатическими кла- панами и расходомерами, 1", шаг 50 мм	3÷12	3/4"HP евроконус	VT.4410 (PEX; PERT)VT.4420 (МПТ)VT.4430 (медь)VTr.708.E (PPR)VTc.712.NE	VTc. IV130.0650
 VTr.734 тройник коллекторный PPR, DN40, шаг 54 мм		1/2" HP конус 3/4"HP евроконус	для конуса VTc.709 (PEX; PERT)VTc.710; VTc.712 (МП); VTc.711 (медь); VTr.708.K (PPR) для евроконуса VT.4410 (PEX; PERT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTr.708.E (PPR) VTc.712.NE	RUS.833
 VTr.781 тройник коллекторный PPR с отсекающими кранами, DN40, шаг 54 мм		1/2" HP конус 3/4"HP евроконус	для конуса VTc.709 (PEX; PERT) VTc.710; VTc.712 (МП); VTc.711 (медь); VTr.708.K (PPR) для евроконуса VT.4410 (PEX; PERT) VT.4420 (МПТ) VT.4430 (медь) VTr.708.E (PPR) VTc.712.NE	RUS.833

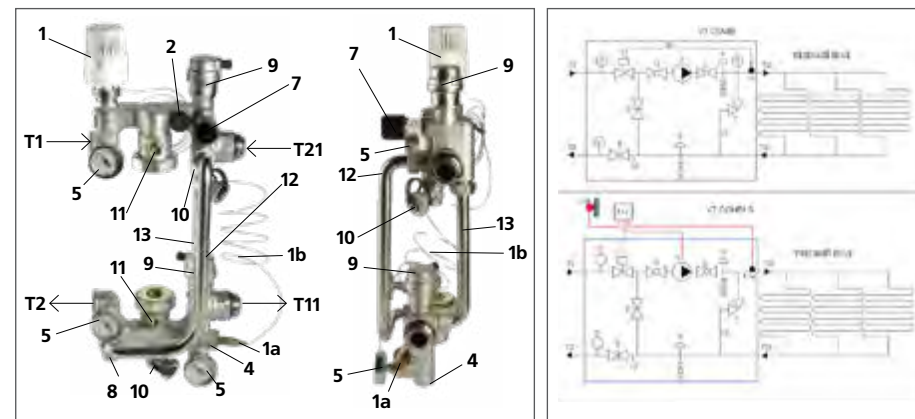
4. КОЛЛЕКТОРНЫЕ ШКАФЫ VALTEC

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 VALTES



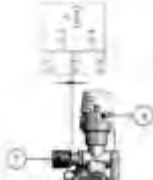
6. СОСТАВ НАСОСНО-СМЕСИТЕЛЬНОГО УЗЛА VT.COMBI

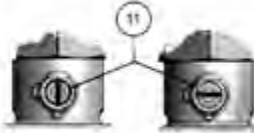


Элементы узлов

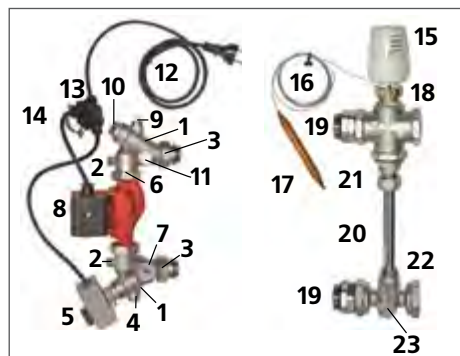
Тепломеханические схемы узлов

Поз.	Наименование элемента	Функция элемента
1	Термостатический регулирующий клапан с жидкостной термоголовкой VT.3011 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.	Термостатический регулирующий клапан с электротермическим аналоговым сервоприводом. <i>VT.TE3061. Только для узла VT.Combi.S</i>	Регулирование потока теплоносителя по командам контроллера (рекомендуется VT.K200.M). 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 (поз. 1) по капиллярной импульсной трубке (поз. 1b)
1.1.a	Погружной датчик температуры теплоносителя. <i>Только для узла VT.Combi.S</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.K200.M.</i>
1b	Капиллярная импульсная трубка термостатического узла. <i>Только для узла VT.Combi</i>	Связывает между собой жидкостную термоголовку (поз. 1) и погружной термочувствительный элемент (поз. 1a)
1.1.c	Контроллер VT.K200.M. <i>Только для узла VT.Combi.S</i>	Контроллер управляет аналоговым сервоприводом (поз. 1.1.) по заданному пользователем графику, в зависимости от показаний датчика температуры теплоносителя (поз. 1.1.a) и датчика температуры наружного воздуха (поз. 1.1.d). <i>Контроллер приобретается отдельно</i>

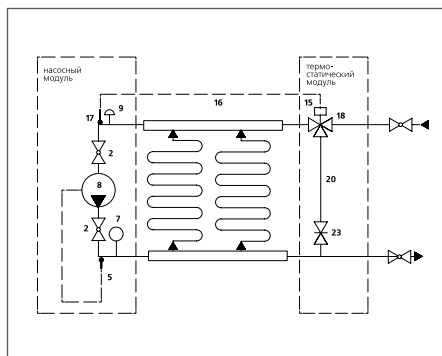
1.1.d	Датчик наружной температуры. <i>Только для узла VT.Combi.S</i>	Устанавливается на северной стороне здания (желательно) вне зоны воздействия прямых солнечных лучей. Показания датчика обрабатываются контроллером для корректировки температуры теплоносителя в соответствии с заданным пользователем графиком. <i>Датчик входит в комплект поставки контроллера VT.K200.M</i>
2	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. 3) зависит тепловая мощность смесительного узла. <i>Регулировка клапана осуществляется шести-гранным 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 (поз. 4a). В этом случае освободившееся гнездо либо глушится пробкой, либо используется для установки предохранительного термостата (<i>дополнительная опция</i>), отключающего циркуляционный насос (поз. 3) 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 шести-гранный ключ SW 2</i>
4a	Гнездо G1/2" для гильзы (поз. 4) или предохранительного термостата	Гнездо поставляется заглушенным резьбовой пробкой. При необходимости может использоваться для гильзы (поз. 4) или предохранительного термостата (<i>дополнительная опция</i>), отключающего циркуляционный насос (поз. 3).
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 настроечного значения перепада давлений, клапан перепускает часть потока в байпас (поз. 13), предохраняя насос от работы на «закрытую задвижку». <i>Настройка на требуемое значение перепада давлений осуществляется с помощью пластиковой ручки</i>

8	Балансировочно-запорный клапан первичного контура	Регулирует расход теплоносителя, возвращаемого в первичный контур (поз. 12). <i>Для регулировки необходимо снять заглушку (SW 22). Регулировка 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

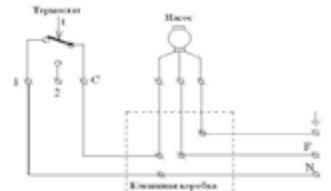


Элементы узлов

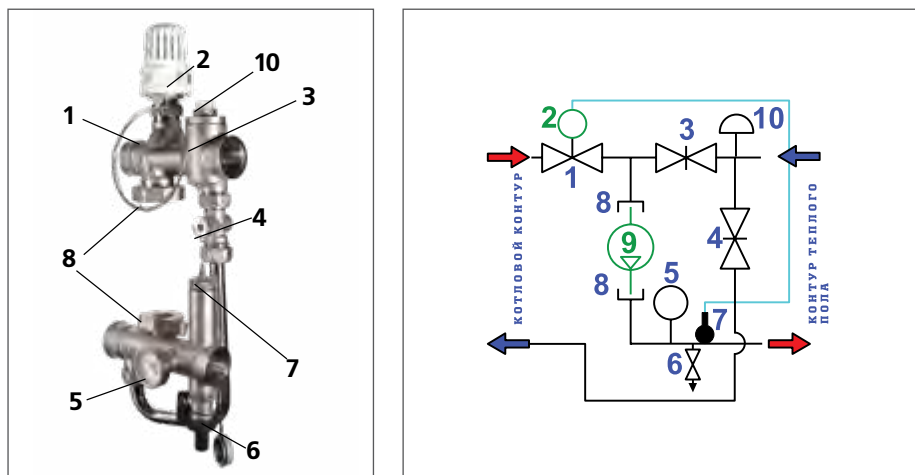


Тепломеханическая схема узла

Поз.	Наименование элемента	Функция элемента
1	Шестиходовой блок-соединитель (2 шт. .)	Включает в себя шаровой кран, патрубки для присоединения коллекторов, насоса, манометров, термостатов, 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" (НР)
4	Пробка резьбовая 3/8"	Заглушает резьбовой патрубок, который может использоваться для установки сливного клапана 3/8"
5	Термостат предохранительный, настраиваемый, погружной	Отключает насос в случае превышения настроечного значения температуры теплоносителя
6	Гайка накидная G 1 1/2"	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>). <i>Накидные гайки насоса (G 1 1/2") обслуживаются рожковым или разводным ключом (SW 50)</i>
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 термостата 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 двоянный VT.0606 G 1" (Н)	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

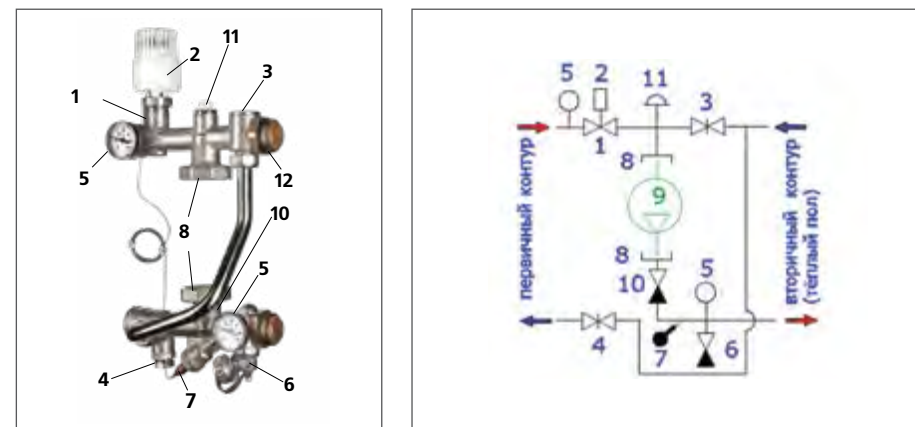


Элементы узла

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 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

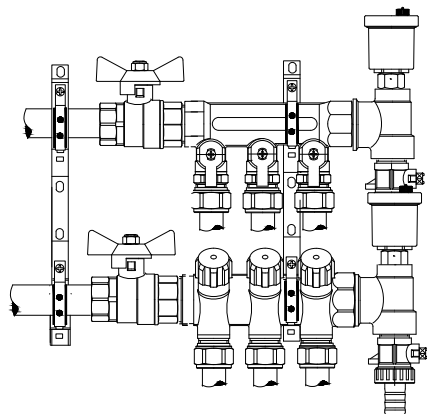
Тепломеханическая схема узла

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, подающегося на узел из системы и теплоносителя на подаче в тёплый пол
6	Дренажный клапан поворотный 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
12	Вращающийся полуниппель	Соединение с коллекторным блоком

10. ГОТОВЫЕ КОМПЛЕКТЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ТЁПЛОГО ПОЛА

Комплект «20»

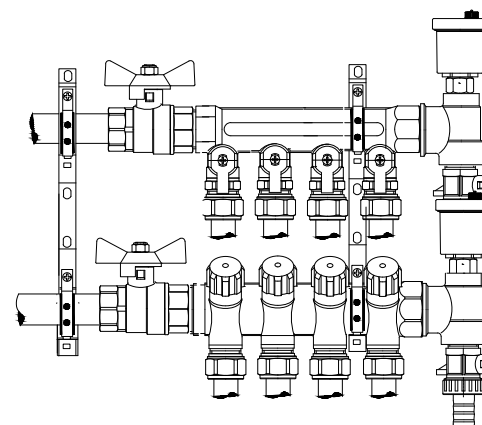
без насосно-смесительного узла для площади тёплого пола 20 м²



Наименование изделий, входящих в комплект	Артикул	Кол-во	Ед. изм
Кран шар. BASE, рукоятка бабочка, 1", вн.-вн.	VT.217.N.06	2	шт.
Кран дренажный, 1/2"	VT.430.N.04	2	шт.
Воздухоотводчик автоматический, 1/2"	VT.502.NH.04	2	шт.
Клапан отсекающий, 1/2"	VT.539.N.04	2	шт.
Труба металлопластиковая, PEX-AL-PEX, 16x2,0	V1620	150	пог. м
Шкаф коллекторный	ШРВ1/ШРН1	1	шт.
Пара кронштейнов для коллекторов 1"	VTc.130.N.0600	1	шт.
Тройник коллекторный, 1"x1/2"x1/2", нар.-вн.-вн.	VTc.530.N.060404	2	шт.
Коллектор с регулирующими вентилями, 1"x3 вых. x3/4" нар.	VTc.560.NE.060503	1	шт.
Коллектор с отсекающими кранами, 1"x3 вых. x3/4" нар.	VTc.580.NE.0603	1	шт.
Соединитель для металлопластиковой трубы	VT.4420.NE.16	6	шт.
Фиксатор поворота пластиковый	FS 16	6	шт.
Плита пенополистирольная для тёплого пола с покрытием	EasyFix L	40	шт.
Лента демпферная	THG000008	50	м

Комплект «40»

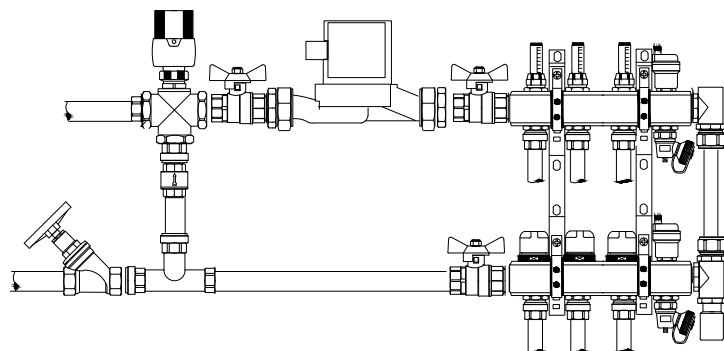
без насосно-смесительного узла для площади тёплого пола 40 м²



Наименование изделий, входящих в комплект	Артикул	Кол-во	Ед. изм
Кран шар. BASE, рукоятка бабочка, 1", вн.-вн.	VT.217.N.06	2	шт.
Кран дренажный, 1/2"	VT.430.N.04	2	шт.
Воздухоотводчик автоматический, 1/2"	VT.502.NH.04	2	шт.
Клапан отсекающий, 1/2"	VT.539.N.04	2	шт.
Труба металлопластиковая, PEX-AL-PEX, 16x2,0	V1620	300	пог. м
Шкаф коллекторный	ШРВ1/ШРН1	1	шт.
Пара кронштейнов для коллекторов 1"	VTc.130.N.0600	1	шт.
Тройник коллекторный, 1"x1/2"x1/2", нар.-вн.-вн.	VTc.530.N.060404	2	шт.
Коллектор с регулирующими вентилями, 1"x4 вых. x3/4" нар.	VTc.560.NE.060503	1	шт.
Коллектор с отсекающими кранами, 1"x4 вых. x3/4" нар.	VTc.580.NE.0603	1	шт.
Соединитель для металлопластиковой трубы	VT.4420.NE.16	8	шт.
Фиксатор поворота пластиковый	FS 16	8	шт.
Плита пенополистирольная для тёплого пола с покрытием	EasyFix L	80	шт.
Лента демпферная	THG000008	75	м

Комплект «40-MR01»

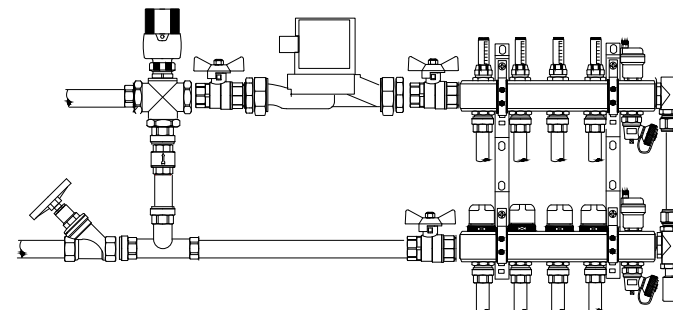
Насосно-смесительный узел на клапане VT.MR01 для площади тёплого пола 40 м²



Наименование изделий, входящих в комплект	Артикул	Кол-во	Ед. изм
Кран шар. BASE с полусгоном, 1" вн.-нар.	VT.227.N.06	3	шт.
Вентиль прямоточный запорно-регулирующий 1"	VT.052.N.06	1	шт.
Труба металлопластиковая PEX-AL-PEX, 16x2,0	V1620	300	пог. м
Труба металлопластиковая PEX-AL-PEX, 26x3,0	V2630	1	пог. м
Клапан обратный, 1/2"	VT.151.N.04	1	шт.
Соединитель обжимной с переходом на нар. р. 16x1/2"	VTm.301.N.001604	1	шт.
Соединитель обжимной с переходом на нар. р. 26x1"	VTm.301.N.002606	1	шт.
Шкаф коллекторный	ШРБ5/ШРН5	1	шт.
Соединитель для металлопластиковой трубы PEX-AL-PEX	VT.4420.NE.16	6	шт.
Тройник обжимной 26x16x26	VTm.331.N.261626	1	шт.
Ниппель переходной 1"x1/2" нар.-нар.	VTr.580.N.0604	1	шт.
Ниппель 1" нар.-нар.	VTr.582.N.0006	2	шт.
Клапан трехходовой смесительный 1"	VT.MR01.N.0603	1	шт.
Коллекторный блок 1"x3 вых. Евроконус 3/4"	VTc.596. EMNX.0603	1	шт.
Насос циркуляционный	VRS.25/4.130	1	шт.
Термоголовка с выносным накладным датчиком	VT.5012.0.0	1	шт.
Байпас тупиковый 200 мм	VT.0666.0.0	1	шт.
Фиксатор поворота пластиковый	FS 16	6	шт.
Плита пенополистирольная для тёплого пола с покрытием EasyFix L	EasyFix L	80	шт.
Лента демпферная	THG000008	75	м

Комплект «60-MR01»

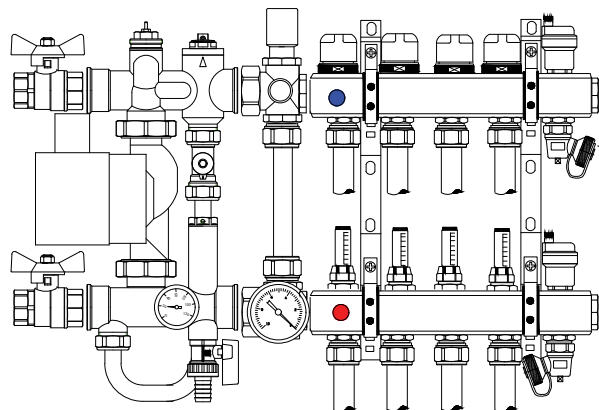
Насосно-смесительный узел на клапане VT.MR01 для площади тёплого пола 60 м²



Наименование изделий, входящих в комплект	Артикул	Кол-во	Ед. изм
Кран шар. BASE с полусгоном, 1" вн.-нар.	VT.227.N.06	3	шт.
Вентиль прямоточный запорно-регулирующий 1"	VT.052.N.06	1	шт.
Труба металлопластиковая PEX-AL-PEX, 16x2,0	V1620	500	пог. м
Труба металлопластиковая PEX-AL-PEX, 26x3,0	V2630	1	пог. м
Клапан обратный, 1/2"	VT.151.N.04	1	шт.
Соединитель обжимной с переходом на нар. р. 16x1/2"	VTm.301.N.001604	1	шт.
Соединитель обжимной с переходом на нар. р. 26x1"	VTm.301.N.002606	1	шт.
Шкаф коллекторный	ШРБ5/ШРН5	1	шт.
Соединитель для металлопластиковой трубы PEX-AL-PEX	VT.4420.NE.16	8	шт.
Тройник обжимной 26x16x26	VTm.331.N.261626	1	шт.
Ниппель переходной 1"x1/2" нар.-нар.	VTr.580.N.0604	1	шт.
Ниппель 1" нар.-нар.	VTr.582.N.0006	2	шт.
Клапан трехходовой смесительный 1"	VT.MR01.N.0603	1	шт.
Коллекторный блок 1"x4 вых. Евроконус 3/4"	VTc.596. EMNX.0603	1	шт.
Насос циркуляционный	VRS.25/4.130	1	шт.
Термоголовка с выносным накладным датчиком	VT.5012.0.0	1	шт.
Байпас тупиковый 200 мм	VT.0666.0.0	1	шт.
Фиксатор поворота пластиковый	FS 16	8	шт.
Плита пенополистирольная для тёплого пола с покрытием EasyFix L	EasyFix L	120	шт.
Лента демпферная	THG000008	100	м

Комплект «60-VALMIX»

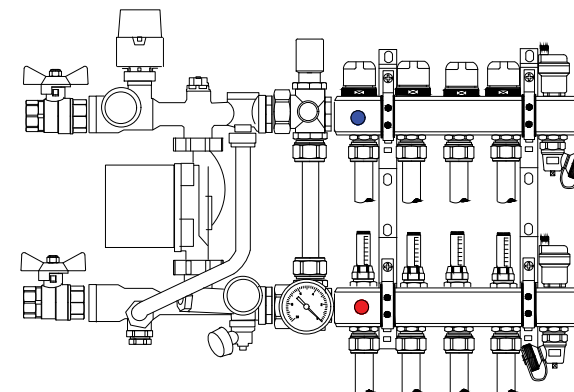
Насосно-смесительный узел VT.Valmix для площади тёплого пола 60 м²



Наименование изделий, входящих в комплект	Артикул	Кол-во	Ед. изм
Кран шар. BASE с полусгоном, 1" вн.-нар.	VT.227.N.06	2	шт.
Труба металлопластиковая PEX-AL-PEX, 16x2,0	V1620	500	пог. м
Соединитель обжимной с переходом на нар. р. 16x1/2"	VTm.301.N.001604	1	шт.
Сдвоенный ниппель	VT.0606.0.06	2	шт.
Шкаф коллекторный	ШРВЗ/ШРНЗ	1	шт.
Соединитель для металлопластиковой трубы PEX-AL-PEX	VT.4420.NE.16	8	шт.
Насосно-смесительный узел VT.Valmix	VT.VALMIX.0.130	1	шт.
Байпас с перепускным клапаном	VT.0667T	1	шт.
Коллекторный блок 1"x4 вых. Евроконус 3/4"	VTc.596.EMNX.0603	1	шт.
Насос циркуляционный	VRS.25/4.130	1	шт.
Фиксатор поворота пластиковый	FS 16	8	шт.
Плита пенополистирольная для тёплого пола с покрытием EasyFix L	EasyFix L	120	шт.
Лента демпферная	THG000008	100	м

Комплект «60-TECHNOMIX»

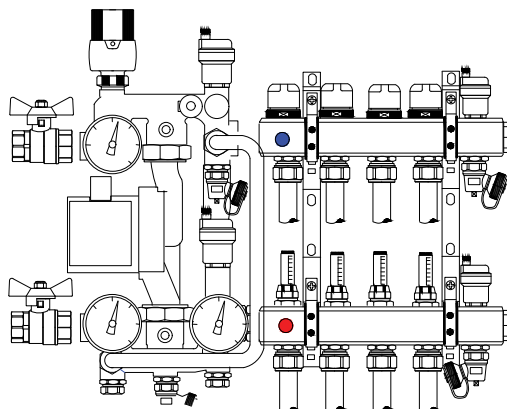
Насосно-смесительный узел VT.Technomix для площади тёплого пола 60 м²



Наименование изделий, входящих в комплект	Артикул	Кол-во	Ед. изм
Кран шар. BASE с полусгоном, 1" вн.-нар.	VT.227.N.06	2	шт.
Труба металлопластиковая PEX-AL-PEX, 16x2,0	V1620	500	пог. м
Соединитель обжимной с переходом на нар. р. 16x1/2"	VTm.301.N.001604	1	шт.
Сдвоенный ниппель	VT.0606.0.06	2	шт.
Шкаф коллекторный	ШРВЗ/ШРНЗ	1	шт.
Соединитель для металлопластиковой трубы PEX-AL-PEX	VT.4420.NE.16	8	шт.
Байпас с перепускным клапаном	VT.0667T	1	шт.
Коллекторный блок 1"x4 вых. Евроконус 3/4"	VTc.596.EMNX.0603	1	шт.
Насосно-смесительный узел VT.Technomix	VT.TECHNOMIX.0.130	1	шт.
Насос циркуляционный	VRS.25/4.130	1	шт.
Фиксатор поворота пластиковый	FS 16	8	шт.
Плита пенополистирольная для тёплого пола с покрытием EasyFix L	EasyFix L	120	шт.
Лента демпферная	THG000008	100	м

Комплект «60-Combi»

Насосно-смесительный узел VT.Combi для площади тёплого пола 60 м²



Наименование изделий, входящих в комплект	Артикул	Кол-во	Ед. изм
Кран шар. BASE с полусгоном, 1" вн.-нар.	VT.227.N.06	2	шт.
Труба металлопластиковая PEX-AL-PEX, 16x2,0	V1620	500	пог.м.
Соединитель обжимной с переходом на нар. р. 16x1/2"	VTm.301.N.001604	1	шт.
Сдвоенный ниппель	VT.0606.0.06	2	шт.
Шкаф коллекторный	ШПВЗ/ШПНЗ	1	шт.
Соединитель для металлопластиковой трубы PEX-AL-PEX	VT.4420.NE.16	8	шт.
Коллекторный блок 1"x4 вых. Евроконус 3/4"	VTc.596.EMNX.0603	1	шт.
Насосно-смесительный узел VT.Combi	VT.Combi.0.180	1	шт.
Насос циркуляционный	VRS.25/4.180	1	шт.
Фиксатор поворота пластиковый	FS 16	8	шт.
Плита пенополистирольная для тёплого пола с покрытием EasyFix L	EasyFix L	120	шт.
Лента демпферная	THG000008	100	м

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 электронными, механическими или фотокопированием, без письменного разрешения автора/правообладателя. Любое нарушение прав автора/правообладателя влечёт гражданскую и уголовную ответственность на основе российского и международного законодательств.

Типография ООО «Первый ИПХ».

Договор № 06-1-15 от 04.06.2015 года

Юридический адрес типографии:

125464, г. Санкт-Петербург, Б. Сампсониевский пр., д. 6, лит. У

Тираж: 3000 экз. Количество страниц: 120

Автор: Поляков В.И.

© Правообладатель: ООО «Веста Регионы»

142104, Московская область, г. Подольск, ул.Свердлова, д.30, корп.1

Подписано к печати: 17.12.2019

Все авторские права защищены.



www.valtec.ru