

# Горизонтальные квартирные системы отопления

В современных системах отопления многоквартирных жилых домов уже неплохо прижились горизонтальные системы отопления, суть которых заключается в том, что в здании прокладывается центральный стояк системы отопления, на каждом этаже от этого стояка осуществляется ответвление либо на этажный коллектор, либо сразу на каждую квартиру. Далее трубопроводы прокладываются уже непосредственно в квартире «горизонтально».

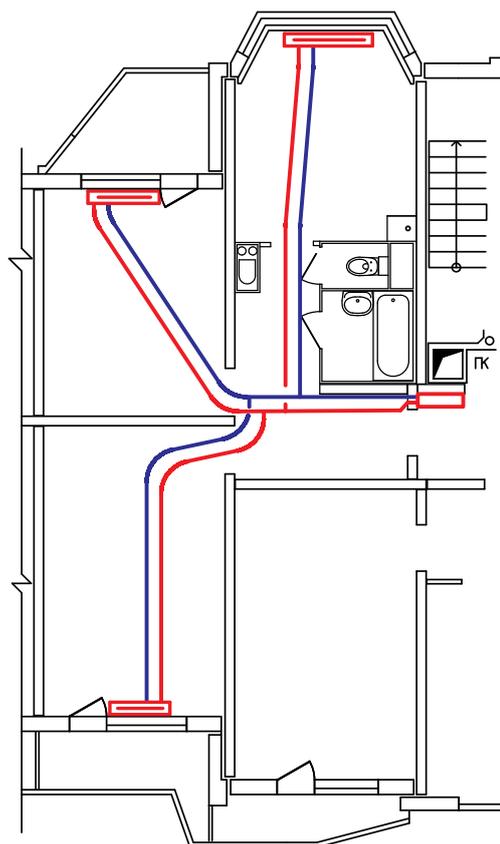
Но, одной из первых проблем, с которыми столкнулись строители при устройстве подобных систем, является сложность прокладки трубопроводов в квартирах до отопительных приборов. Если при вертикальных системах отопления трубопроводы, как правило, прокладывались открыто вдоль стен, то при горизонтальной системе, открыто проложенные трубы будут препятствовать нормальной эксплуатации помещений и, как минимум, не вписываться в интерьер.

Рассмотрим различные способы горизонтальной прокладки трубопроводов на примере одной квартиры, сопоставив экономические и технические аспекты каждого из вариантов.

## 1 РАЗВЕТВЛЕННАЯ ТУПИКОВАЯ СИСТЕМА С ТРУБОПРОВОДАМИ В СТЯЖКЕ

Одной из самых простых систем считается разветвлённая тупиковая система с прокладкой трубопроводов в стяжке пола (*см. рис. 1*)

Рис. 1 Схема разводки трубопроводов при разветвленной тупиковой системе



Согласно действующим нормам замоноличивание металлопластиковых и пластиковых трубопроводов допускается с соблюдением ряда условий. В частности, в СП 60.13330.2012 говорится:

«6.3.3 При скрытой прокладке трубопроводов следует предусматривать люки в местах расположения разборных соединений и арматуры. Прокладку трубопроводов из полимерных труб следует предусматривать скрытой: в полу (в гофротрубе), за плинтусами и экранами, в штробах, шахтах и каналах; допускается открытая прокладка их в местах, где исключаются механические и термические повреждения труб, а также прямое воздействие на них ультрафиолетового излучения».

В связи с этим, для данного метода прокладки трубопроводов должны использоваться неразборные соединения, например, пресс-фитинги (см. рис. 2).

Подключение трубопроводов к радиаторам рекомендуется осуществлять через специальный пресс-угольник с интегрированной хромированной трубкой VTm.281.

Такой соединитель позволит повысить надёжность подключения, кроме того, он значительно улучшит эстетику радиаторного узла (см.рис. 3) по сравнению с традиционным способом подключения (см. рис. 4).

Рис. 2 Пресс-фитинг



Рис. 3 Подключение радиатора с помощью угольника VTm.281



Рис. 4 Традиционное подключение радиатора



Таблица 1 Спецификация к системе отопления, представленной на рисунке 1

№	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Бренд	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Стоимость, руб.
1	Металлопластиковая (металлополимерная) труба VALTEC PEX-AL-PEX 16x2,0 мм	V1620	VALTEC	п.м.	38	55	2 090,00
2	Металлопластиковая (металлополимерная) труба VALTEC PEX-AL-PEX 20x2,0 мм	V2020	VALTEC	п.м.	6	83	498,00
3	Пресс-фитинг – тройник 20-16-16	VTm.231.N	VALTEC	шт.	2	356	712,00
4	Пресс-фитинг – тройник 16-16-16	VTm.231.N	VALTEC	шт.	2	247	494,00
5	Пресс-фитинг – угольник с хромированной трубкой	VTm.281.N	VALTEC	шт.	6	494	2 964,00
6	Узел термостатический для нижнего подключения радиатора (комплект)	VT.225K.	VALTEC	шт.	3	1 541,00	4 623,00
7	Головка термостатическая твердотельная	VT.1000.0	VALTEC	шт.	3	528	1 584,00
8	Фитинг коллекторный для медной трубы	VT.4430.NE	VALTEC	шт.	6	111	666,00
9	Кожух для трубы красный 16	SK40025к	СК-Пласт	п.м.	19	15	285,00
10	Кожух для трубы синий 16	SK40025с	СК-Пласт	п.м.	19	15	285,00
11	Кожух для трубы красный 20	SK40032к	СК-Пласт	п.м.	3	20	60,00
12	Кожух для трубы синий 20	SK40032с	СК-Пласт	п.м.	3	20	60,00
						Итого:	14 321

Рис. 5 Взаимное перекрещивание трубопроводов



В **таблице 1** приведена спецификация к схеме, представленной на (**рис. 1**), с указанием рыночной стоимости оборудования и материалов, используемых для данной системы (по состоянию на июль 2015 г.).

К достоинствам данной системы можно отнести минимальное количество трубопроводов и минимальные гидравлические потери (**гидравлический расчет приведен в приложении 1-Б**). Однако, общего экономического эффекта от этого, как правило, не возникает из-за того, что при данной схеме есть места взаимного перекрещивания трубопроводов (**рис. 5**), что вынуждает увеличивать толщину стяжки.

Рис. 6 Прокладка трубопроводов в штробах шумоизоляционных плит



В среднем, каждый дополнительный сантиметр толщины стяжки приводит к увеличению стоимости пола на 40 руб/м<sup>2</sup>. Таким образом, для взятой в качестве примера квартиры площадью 64,4 м<sup>2</sup>, утолщение стяжки на 2 см. (с 3-х до 5-ти см.) приведёт к удорожанию на 5 152 рубля. То есть, общие затраты на данную систему составят 19 473 руб. (увеличение на 36%).

Кроме того, увеличение толщины стяжки пола увеличит нагрузку на перекрытие и уменьшит полезный объем помещений.

Существуют дома, у которых на межэтажных перекрытиях укладываются шумоизоляционные плиты (**см. рис. 6**). В этом случае пересечения трубопроводов прячутся в выемках этих плит, что позволяет снизить общую толщину стяжки. Такие дома, как правило, относятся к комфорт-классу, и их, к сожалению, немного.

## 2

## ДВУХТРУБНАЯ ТУПИКОВАЯ СИСТЕМА С ТРУБОПРОВОДАМИ В СТЯЖКЕ

В такой системе прямой и обратный трубопроводы прокладываются по периметру квартиры параллельно в стяжке пола (см. рис. 7).

В этом случае на систему требуется несколько больший расход трубопроводов по сравнению с

предыдущим вариантом. Как видно из **таблицы 2** стоимость такой системы немного больше предыдущей.

Однако, укладка трубопроводов без пересечений в полу позволяет сократить объём цементно-песчаной стяжки, что снижает общие затраты на 3926 руб. или 28%.

Рис. 7 Схема разводки трубопроводов при двухтрубной тупиковой системе

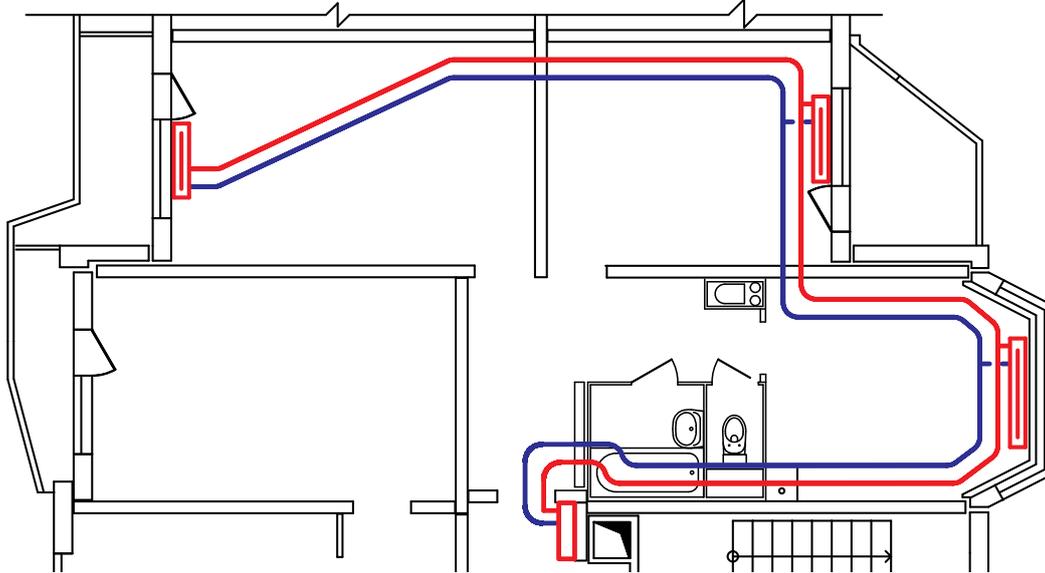


Таблица 2 Спецификация к системе отопления, представленной на рисунке 7

№	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Бренд	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Стоим-ть, руб.
1	Металлопластиковая (металлополимерная) труба VALTEC PEX-AL-PEX 16x2,0 мм	V1620	VALTEC	п.м.	35	55	1925
2	Металлопластиковая (металлополимерная) труба VALTEC PEX-AL-PEX 20x2,0 мм	V2020	VALTEC	п.м.	20	83	1660
3	Узел термостатический для нижнего подключения радиатора 100%	VT.225K.N.E 04100	VALTEC	шт.	3	1541	4623
4	Трубка соединительная из нержавеющей стали	VT.AD304.0.1000	VALTEC	шт.	2	518	1036
5	Головка термостатическая твердотельная	VT.1000.0	VALTEC	шт.	3	528	1584
6	Пресс-фитинг – угольник с хромированной трубкой 16x2 L=300	VTm.281.N.0 01615	VALTEC	шт.	2	494	988
7	Пресс-фитинг – тройник с хромированной трубкой 16 x 15 x 16 мм L=300	Tm.282.N.16 1516	VALTEC	шт.	2	517	1034
8	Пресс-фитинг – тройник с хромированной трубкой 20 x 15 x 16 мм L=300 лев.	Tm.282.N.20 1516	VALTEC	шт.	1	553	553
9	Пресс-фитинг – тройник с хромированной трубкой 16 x 15 x 20 мм L=300 прав.	Tm.282.N.16 1520	VALTEC	шт.	1	553	553
10	Фитинг коллекторный для медной трубы	VT.4430.NE	VALTEC	шт.	6	111	666
11	Кожух для трубы красный 16	SK40025к	СК - Пласт	п.м.	17,5	15	262,5
12	Кожух для трубы синий 16	SK40025с	СК - Пласт	п.м.	17,5	15	262,5
13	Кожух для трубы красный 20	SK40032к	СК - Пласт	п.м.	10	20	200
14	Кожух для трубы синий 20	SK40032с	СК - Пласт	п.м.	10	20	200
Итого:							15 547

Рис. 8 Пример подключения радиатора с помощью фитинга VTm.282



Подводить теплоноситель к радиаторам без перекрещивания трубопроводов позволяют специальные фитинги, такие, например, как тройник с хромированной трубкой VTm. 282 (см. рис. 8).

Такие тройники выпускаются для металлополимерных и полимерных PEH труб 16x2 и 20x2 мм, причем, для того, чтобы не делать лишних соединений, имеются переходные тройники, у которых с одной стороны предусмотрено подключение к трубе 16x2, с другой стороны - 20x2.

Переходные тройники выпускаются в двух вариантах: левые и правые. Для подключения радиатора необходимы один левый и один правый тройник. Концевые радиаторы подключаются при помощи пресс-угольников VTm.281 (см. рис. 3).

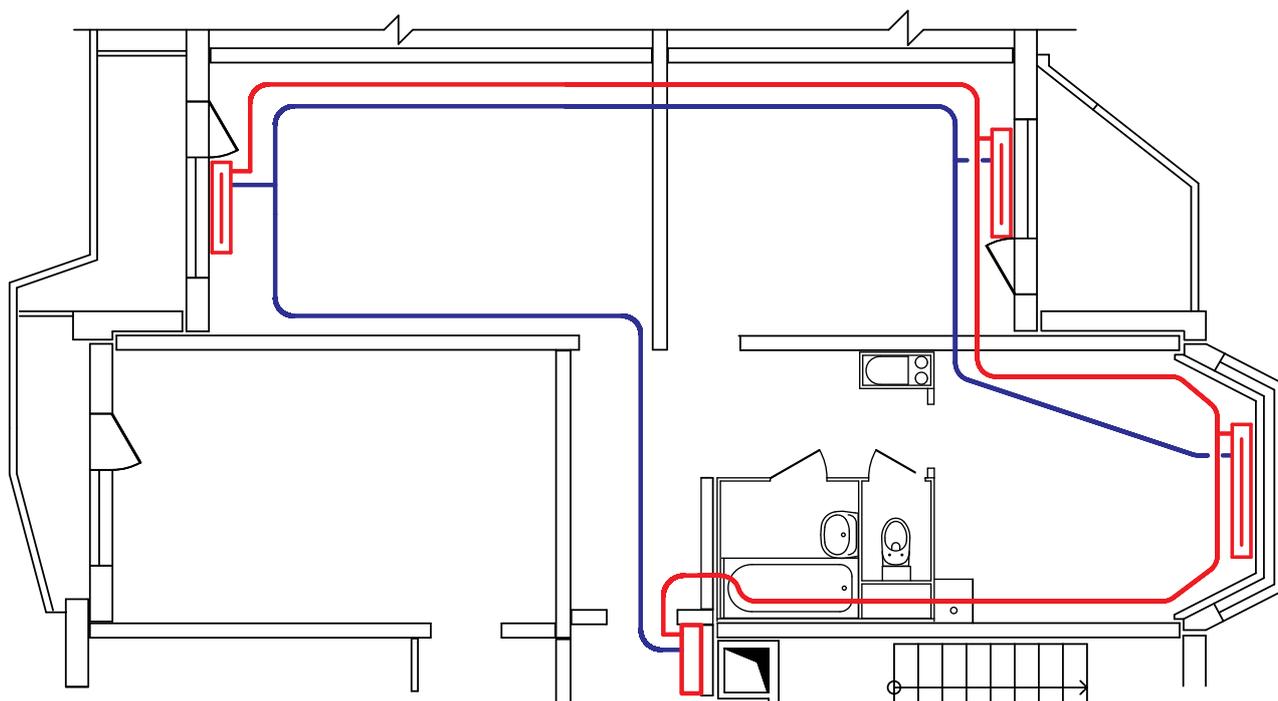
При устройстве подобной системы потребуется делать отверстия в стенах и перегородках для прокладки труб. В приведённом примере потребуется просверлить 5 отверстий. Этот факт требует учёта при сопоставлении стоимостей.

### 3

#### СИСТЕМА С ПОПУТНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ С ТРУБОПРОВОДАМИ В СТЯЖКЕ

Второе название этой системы – «система Тихельмана». Этот вариант (рис. 9) по стоимости и трудозатратам, практически, не отличается от предыдущего, но, с гидравлической точки зрения он позволяет легко сбалансировать, практически, любое количество отопительных приборов в ветке.

Рис. 9 Схема разводки трубопроводов с попутным движением теплоносителя



Гидравлический расчет такой схемы приведен в **приложении 1-В**. Как видно из этого расчёта, утверждение о том, что система с попутным движением теплоносителя «самобалансируется», не всегда корректно.

В приведенном примере разброс настройки радиаторных клапанов получился ещё значительнее, чем при тупиковой схеме. Дело в том, что в этих системах существенную часть от потерь давления составляют потери на самих радиаторных клапанах, а они, в свою очередь, зависят от мощности радиатора. Нередки случаи, когда в тупиковой системе при большом количестве радиаторов (более пяти) не удастся оптимально сбалансировать систему. У системы с попутным движением теплоносителя напротив, количество радиаторов на настройки не влияет, но зато существенно влияет разница в мощности отопительных приборов.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что попутная система эффективна при количестве радиаторов в ветке более пяти или (при меньшем количестве радиаторов) при разнице в тепловой мощности радиаторов не более 50%.

## 4

### ДВУХТРУБНАЯ ТУПИКОВАЯ СИСТЕМА С ПРОКЛАДКОЙ ТРУБОПРОВОДОВ В ПЛИНТУСЕ

Часто случается, что на объекте нет возможности расположить трубопроводы в стяжке пола. В этом случае решением проблемы может служить плинтусная разводка трубопроводов. По конструктивному решению и расчёту подобное решение аналогично схеме, представленной на **рисунке 7**. Отличие состоит лишь в способе прокладки трубопроводов и фитингов.

Трубы при прокладке за плинтусом (**см. рис. 10**) крепятся к стене через 40-50 см хомутами. На углах поворота, как внутренних, так и внешних, используются пресс-угольники.

Для подключения радиаторов в этой схеме применяются специальные разборные фитинги VTm.233.I (**рис. 11; 14**) и VTm.253.I (**рис. 12**), а также отвод из нержавеющей стали VTi.960 (**рис. 13**).

Номенклатура фитингов VTm.233.I включает в себя также и переходные тройники (с трубы 16x2 на 20x2), что позволяет обойтись без дополнительных переходников.

Рис. 10 Плинтусная прокладка трубопроводов



Рис. 11 Фитинг VTm.233.I



Рис. 12 Фитинг VTm.253.I



Рис. 13 Отвод VTi.960



Рис. 14 Подключение прибора с помощью фитингов VTm.233.I и отвода VTi.960



Таблица 3 Спецификация к схеме на рисунке 7 при использовании плинтусной разводки

№	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Бренд	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Стои-сть, руб.
1	Металлопластиковая (металлополимерная) труба VALTEC PEX-AL-PEX 16x2,0 мм	V1620	VALTEC	п.м.	35	55	1925
2	Металлопластиковая (металлополимерная) труба VALTEC PEX-AL-PEX 20x2,0 мм	V2020	VALTEC	п.м.	20	83	1660
3	Узел термостатический для нижнего подключения радиатора 100%	VT.225K.N.E 04100	VALTEC	шт.	3	1541	4623
4	Трубка соединительная из нержавеющей стали	VT.AD304.0. 1000	VALTEC	шт.	2	518	1036
5	Головка термостатическая твердотельная	VT.1000.0	VALTEC	шт.	3	528	1584
6	Пресс-тройник тройник с переходом на обжим 16x15x16	VTm.233.I. 161516	VALTEC	шт.	2	219	438
7	Пресс-тройник тройник с переходом на обжим 20x15x16	VTm.233.I. 201516	VALTEC	шт.	2	315	630
8	Пресс-тройник угольник с переходом на обжим 16x15	VTm.253.I. 1615	VALTEC	шт.	2	145	290
9	Трубка-отвод 90° из нержавеющей стали L 250	VTi.960	VALTEC	шт.	6	215	1290
10	Фитинг коллекторный для медной трубы	VT.4430.NE	VALTEC	шт.	6	111	666
11	Кронштейн для труб пластиковый 16	OSKM00016	КЗПК	шт.	70	1,7	119,00
12	Кронштейн для труб пластиковый 20	OSKM00016	КЗПК	шт.	40	2	80,00
						Итого:	14 341

Рис. 15 Плинтус из деревянного уголка (стоимость плинтуса с учетом покраски 180 руб. за погонный метр)



Как видно из **таблицы 3**, если учитывать стоимость только инженерного оборудования, то цена прокладки трубопроводов в стяжке пола и в плинтусах не сильно отличается (15547 руб. и 14341 руб. – 8%). Поэтому, в случае выбора между этими двумя вариантами, можно руководствоваться стоимостью стяжки и стоимостью плинтусов. Разброс цен на стяжки и плинтусы значительно варьируется в зависимости от используемых материалов, технологии и региона строительства. Поэтому окончательное технико-экономическое сравнение должно быть выполнено для каждого случая индивидуально.

Стоимость стяжки за квадратный метр сейчас в среднем составляет от 400 до 900 рублей за м<sup>2</sup>. Стоимость плинтуса для трубопровода составляет от 200 до 600 рублей за погонный метр (**см. рис. 15**).

Гидравлический расчёт такой системы не отличается от расчета, приведенного в **приложении 1-Б**. Разница заключается только в коэффициентах местных сопротивлений фитингов (**см. приложение 2-А**).

Выше описан пример плинтусной разводки с установкой радиаторного узла VT.225K. Однако, предлагаемая система позволяет использовать не только радиаторный узел, но и отдельные термостатические и настроечные клапаны, например, комплект VT.045.N (рис. 16).

Для подвода теплоносителя к верхнему клапану используется отвод из нержавеющей стали VTi.960 с длиной 600 мм (рис. 17).

Спецификация для схемы с использованием комплекта VT.045 приведена в таблице 4.

Система получается значительно дешевле, однако монтаж отдельно термостатического и настроечного клапана займет больше времени. Гидравлический расчет системы с комплектами VT.045 приведен в приложении 1-Г.

Вместо термостатического и настроечного клапанов можно установить один термостатический клапан с предварительной настройкой (см. рис. 18).

На выходе из радиатора в этом случае достаточно установить шаровой кран.

Рис. 16 Терморегулирующий радиаторный комплект VT.045



Рис. 17 Подключение радиатора с использованием комплекта VT.045



Рис. 18 Термостатический клапан с преднастройкой VT.037



Таблица 4 Спецификация к схеме рисунок 7 при использовании комплектов VT.045

№	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Бренд	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Стои-сть, руб.
1	Металлопластиковая (металлополимерная) труба VALTEC PEX-AL-PEX 16x2,0 мм	V1620	VALTEC	п.м.	35	55	1925
2	Металлопластиковая (металлополимерная) труба VALTEC PEX-AL-PEX 20x2,0 мм	V2020	VALTEC	п.м.	20	83	1660
3	Пресс-тройник тройник с переходом на обжим 16x15x16	VTm.233.I.161516	VALTEC	шт.	2	219	438
4	Пресс-тройник тройник с переходом на обжим 20x15x16	VTm.233.I.201516	VALTEC	шт.	2	315	630
5	Пресс-тройник угольник с переходом на обжим 16x15	VTm.253.I.1615	VALTEC	шт.	2	145	290
6	Трубка-отвод 90° из нержавеющей стали L 250	VTi.960	VALTEC	шт.	3	215	645
7	Трубка-отвод 90° из нержавеющей стали L 700	VTi.960	VALTEC	шт.	3	298	894
8	Фитинг коллекторный для медной трубы	VT.4430.NE	VALTEC	шт.	6	111	666
9	Комплект терморегулирующего оборудования: клапан, термоголовка и настроечный клапан угловой	VT.045.N.04	VALTEC	шт.	3	1141	3423
10	Ниппель с переходом на евроконус	VTr.580.NE.040E	VALTEC	шт.	6	89	534
11	Кронштейн для труб пластиковый 16	OSKM00016	КЗПК	шт.	70	1,7	119
12	Кронштейн для труб пластиковый 20	OSKM00016	КЗПК	шт.	40	2	80
						Итого:	11 304

Рис. 19 Схема разводки трубопроводов при коллекторно-лучевой системе

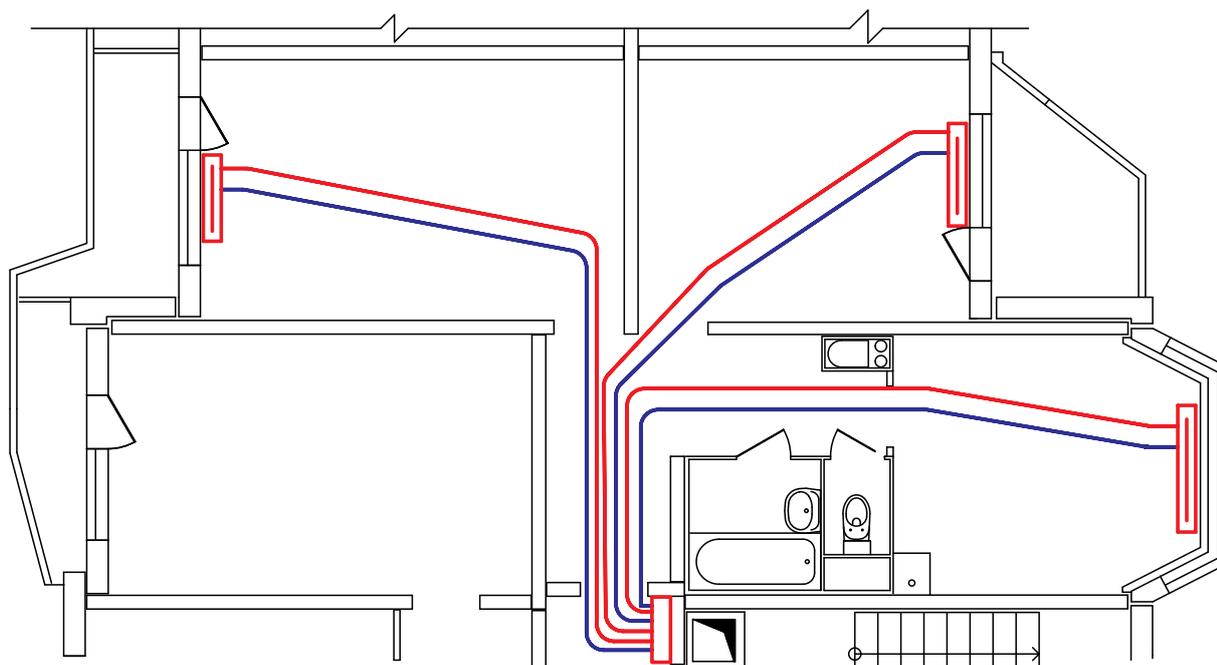


Рис. 20 Подключение радиаторов при коллекторно-лучевой схеме



Рис. 21 Коллекторный шкаф с узлом учета тепловой энергии



## 5

### КОЛЛЕКТОРНО-ЛУЧЕВАЯ СИСТЕМА

Одной из самых распространённых в настоящее время горизонтальных систем квартирного отопления является коллекторно-лучевая система (рис. 19), в которой трубопроводы прокладываются в стяжке пола, при этом к каждому радиатору подводится пара трубопроводов непосредственно от коллектора.

Такая система наиболее проста в монтаже, однако, капитальные затраты на её устройство оказываются больше, чем на предыдущие, из-за повышенного расхода труб и дополнительных расходов на коллекторный узел.

Так как трубы прокладываются в стяжке пола, то подключение к радиатору рекомендуется выполнять угольниками VTm.281.N. Управление температурой воздуха в такой системе осуществляется при помощи термостатических клапанов.

Металлопластиковые и PEX трубы должны прокладываться либо в защитном гофрированном кожухе, либо в теплоизоляции (см. рис. 20).

Одним из несомненных достоинств данной системы является то, что коллекторный узел может быть совмещен с узлом учета тепловой энергии в едином коллекторном шкафу (см. рис. 21).

В этом случае решается вопрос о месте расположения теплосчётчиков и их подключении. Кроме того, такая система более гидравлически устойчива по сравнению с предыдущими.

При наличии на коллекторе перепускного клапана (см. рис. 22) или регулятора перепада давления, отключение какого либо прибора не влияет на режим работы оставшихся приборов.

Как видно из **таблицы 5**, данная система дороже аналогичных тупиковых и попутных схем. К преимуществам такой схемы можно отнести относительную простоту монтажа и низкие потери давления в системе.

Гидравлический расчёт коллекторно-лучевой системы приведен в **приложении 1-Д**.

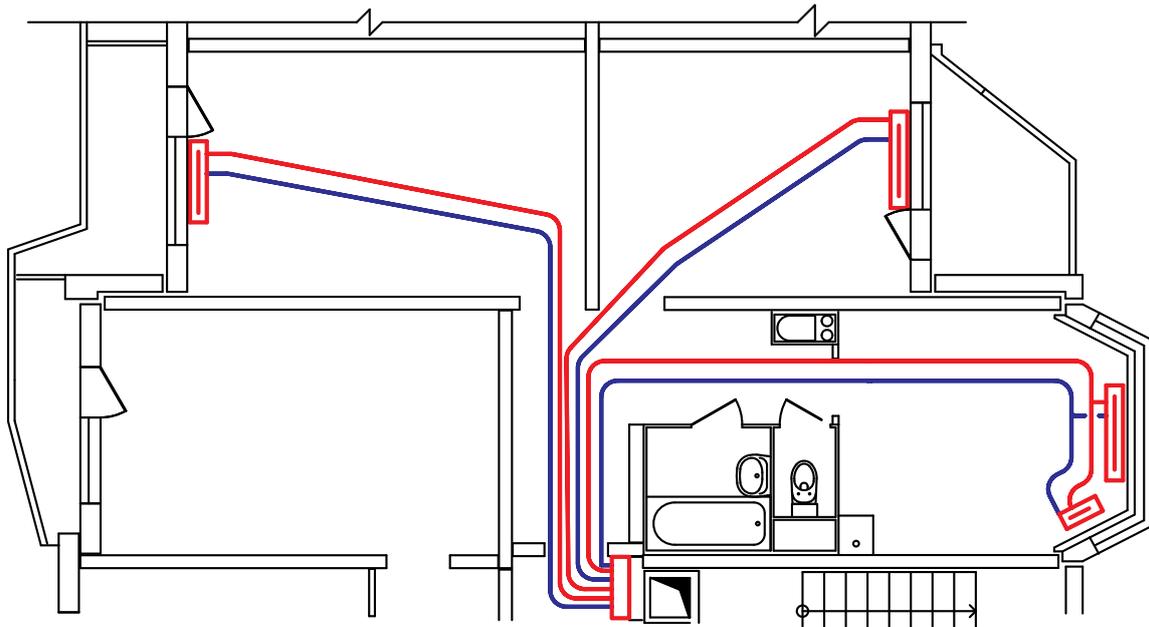
Рис. 22 Коллекторный шкаф с узлом учета и перепускным клапаном



Таблица 5 Спецификация к коллекторно-лучевой системе

№	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Бренд	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Стои-сть, руб.
1	Металлопластиковая (металлополимерная) труба VALTEC PEX-AL-PEX 16x2,0 мм	V1620	VALTEC	п.м.	61	55	3355
2	Кожух для трубы красный 16	SK40025к	СК-Пласт	п.м.	30,5	15	457,5
3	Кожух для трубы красный 20	SK40032к	СК-Пласт	п.м.	30,5	20	610
4	Узел термостатический для нижнего подключения радиатора 100%	VT.225K.N.E04100	VALTEC	шт.	3	1541	4623
5	Трубка соединительная из нержавеющей стали	VT.AD304.0.1000	VALTEC	шт.	2	518	1036
6	Головка термостатическая твердотельная	VT.1000.0	VALTEC	шт.	3	528	1584
7	Пресс-фитинг – угольник с хромированной трубкой 16x2 L=300	VTm.281.N.001615	VALTEC	шт.	6	494	2964
8	Фитинг коллекторный для медной трубы	VT.4430.NE	VALTEC	шт.	6	111	666
9	Коллектор из нержавеющей стали 1",3x3/4"	VTc.505.SS.060503	VALTEC	шт.	2	971	1942
10	Тройник коллекторный 1" x 1/2" x 1/2"	VTc.530.N.060404	VALTEC	шт.	2	175	350
11	Кронштейны для крепления коллекторов	VTc.130.N.0600	VALTEC	шт.	2	391	782
12	Воздухоотводчик автоматический	VT.502.NH.04	VALTEC	шт.	2	260	520
13	Клапан отсекающий	VT.539.N.04	VALTEC	шт.	2	68	136
14	Кран дренажный	VT.430.N.04	VALTEC	шт.	2	229	458
15	Шкаф коллекторный (размер только под коллектор, без учета доп. элементов)	ШРН1	VALTEC	шт.	1	1774	1774
16	Фитинг коллекторный для металлопластиковой трубы Евроконус-16x2.0	VT.4420.NE.16	VALTEC	шт.	6	164	984
						Итого:	21 257

Рис. 23 Пример комбинированной схемы системы отопления



## 6

### КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА

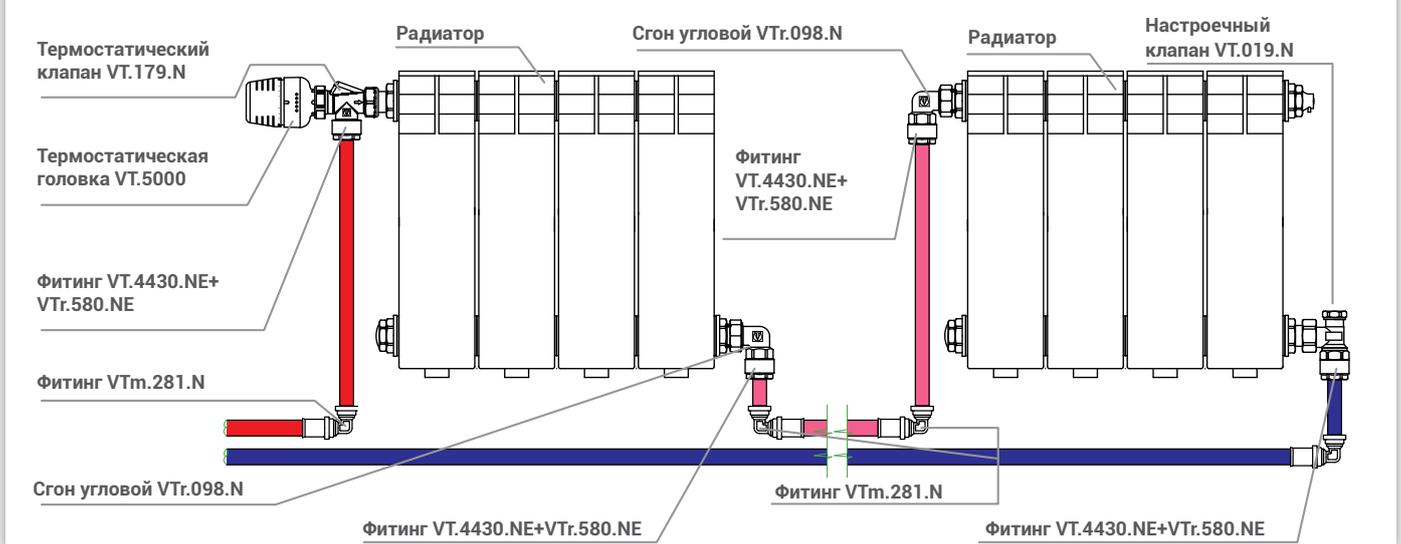
Когда в одном помещении располагаются несколько отопительных приборов, нецелесообразно вести для каждого прибора отдельную ветку при коллекторно-лучевой схеме. Рациональнее до каждого помещения доводить отдельную ветку от коллектора, которая уже в помещении делится на несколько радиаторов по тупиковой или попутной схеме (рис. 23).

Расчёт такой схемы ведётся точно так же, как и обычной лучевой системы, но при этом каждая ветка, подводящая теплоноситель к нескольким приборам, рассчитывается отдельно, как тупиковая или попутная. Если при данной схеме отопительные

приборы, находящиеся в одном помещении, имеют терморегуляторы (термостатические узлы или клапаны), настроенные на разную температуру, то температурный режим в помещении будет нестабилен.

Существует решение, которое позволяет не только избавиться от проблемы нестабильности, но и снизить затраты на подключение приборов. На (рис. 24) представлена «проходная» схема подключения. Термостатический клапан монтируется только у первого отопительного прибора. Таким образом, один терморегулятор регулирует расход теплоносителя сразу через несколько радиаторов. Отопительные приборы в этом случае рассчитываются, как единый большой прибор. Однако, если мощность приборов велика, то могут возникнуть сложности в балансировке системы.

Рис. 24 Последовательное подключение приборов при комбинированной схеме



При использовании коллекторно-лучевой системы можно организовать регулирование подачи теплоносителя в радиаторы при помощи автоматики (рис. 25).

В этом случае, сервоприводы, управляемые комнатными термостатами (рис. 26), располагаются в коллекторном шкафу, а радиаторы подключаются к трубопроводам без какой либо радиаторной арматуры, или через шаровые краны.

Капитальные затраты на такую систему будут несомненно выше (см. таблицу 6), но и уровень комфорта существенно возрастает. Пользователь сможет задавать желаемую температуру воздуха в помещении и визуальную её контролировать. При использовании хронотермостатов имеется возможность задавать недельную программу регулирования температуры воздуха в зависимости от дня недели и времени суток.

С точки зрения расчёта эта система не отличается от обычной лучевой, за исключением того, что регулирующий и настроечный клапаны находятся на коллекторе, и их характеристики следует брать из технической документации коллектора (см. приложение 2-Д).

Рис. 25 Коллекторный узел с функцией терморегулирования



Рис. 26 Комнатный термостат VT.AC709



Таблица 6 Спецификация к рисунку 19 при использовании сервоприводов и термостатов

№	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Бренд	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Стоимость, руб.
1	Металлопластиковая (металлополимерная) труба VALTEC PEX-AL-PEX 16x2,0 мм	V1620	VALTEC	п.м.	61	55	3355
2	Кожух для трубы красный 16	SK40025к	СК-Пласт	п.м.	30,5	15	457,5
3	Кожух для трубы красный 20	SK40032к	СК-Пласт	п.м.	30,5	20	610
4	Сгон угловой разъемный 1/2"	VTr.098.N.0004	VALTEC	шт.	6	169	1014
5	Пресс-фитинг – угольник с хромированной трубкой 16x2 L=300	VTm.281.N.001615	VALTEC	шт.	3	494	1482
6	Пресс-фитинг – угольник с хромированной трубкой 16x2 L=700	VTm.281.N.001615	VALTEC	шт.	3	584	1752
7	Фитинг коллекторный для медной трубы	VT.4430.NE	VALTEC	шт.	6	111	666
8	Коллекторный блок 1",3x3/4"	VTr.594.EMNX.0603	VALTEC	шт.	2	6491	12982
9	Шкаф коллекторный (размер только под коллектор, без учета доп. элементов)	ШРН1	VALTEC	шт.	1	1774	1774
10	Ниппель с переходом на евроконус	VTr.580.NE.040E	VALTEC	шт.	6	89	534
11	Термостат комнатный 220В	VT.AC601.0.0	VALTEC	шт.	4	1081	4324
12	Сервопривод электротермический нормально закрытый 220В	VT.TE3042.0.220	VALTEC	шт.	3	1856	5568
13	Фитинг коллекторный для металлопластиковой трубы Евроконус-16x2.0	VT.4420.NE.16	VALTEC	шт.	6	164	984
						Итого:	35 502

Рис. 27 Однотрубная горизонтальная система

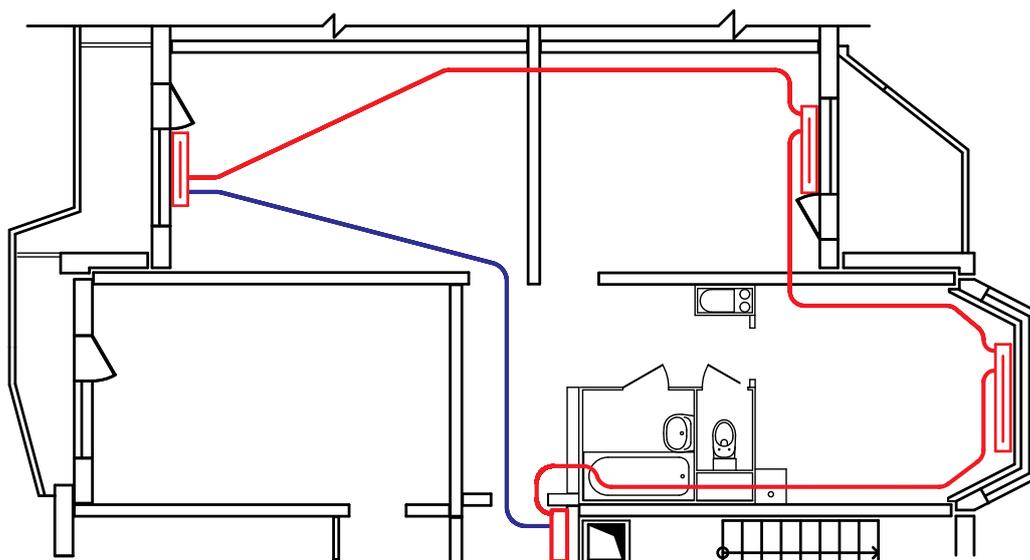
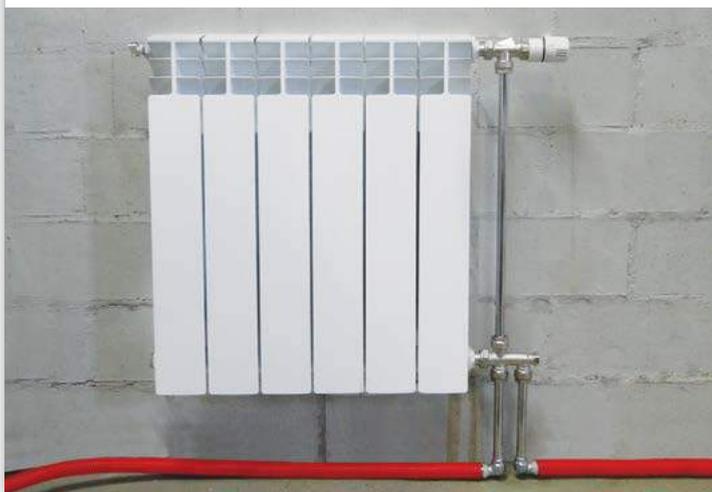


Рис. 28 Подключение радиатора в однотрубной схеме



8

ОДНОТРУБНАЯ ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА

Эта система незаслуженно обходится вниманием при проектировании современных зданий, хотя она имеет ряд преимуществ по сравнению с двухтрубными схемами. Однотрубная система (рис. 27) является одной из самых экономичных и гидравлически устойчивых систем. За счет постоянной циркуляции теплоносителя при данной схеме обеспечивается стабильный расход через расходомер теплосчетчика, исключая его работу в зоне нечувствительности.

Радиаторы при однотрубной горизонтальной системе можно подключать при помощи фитингов VTm.281 (рис. 28) или, при плинтусной разводке – VTm 263.I.

Таблица 7 Спецификация к схеме на рисунке 27

№	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Бренд	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Стои-сть, руб.
1	Металлопластиковая (металлополимерная) труба VALTEC PEX-AL-PEX 20x2,0 мм	V2020	VALTEC	п.м.	28	83	2324
2	Узел термостатический для нижнего подключения радиатора 50%	VT.225K.N.E04050	VALTEC	шт.	3	1618	4854
3	Трубка соединительная из нержавеющей стали	VT.AD304.0.1000	VALTEC	шт.	2	518	1036
4	Головка термостатическая твердотельная	VT.1000.0	VALTEC	шт.	3	528	1584
5	Пресс-тройник угольник с переходом на обжим 20x15	VTm.253.I.2015	VALTEC	шт.	6	145	870
6	Трубка-отвод 90° из нержавеющей стали L 250	VTi.960	VALTEC	шт.	6	215	1290
7	Фитинг коллекторный для медной трубы	VT.4430.NE	VALTEC	шт.	6	111	666
						Итого:	12 624

К недостаткам «однотрубки» иногда относят сложность подбора отопительных приборов. Дело в том, что типоразмер отопительного прибора в такой схеме зависит от коэффициента затекания радиаторного узла.

В старых системах радиаторные узлы с байпасами монтировались на месте из стальных труб, и их характеристики очень сильно отличались друг от друга. Где-то сварщик сделает наплыв внутри байпаса, где-то не выдержано расстояние от стояка до байпаса, и фактический коэффициент увеличится или уменьшится.

Стоит ли говорить, что реальные коэффициенты затекания таких узлов сильно отличались от тех, что принимал проектировщик по таблицам.

Сейчас для однотрубных систем используются специальные узлы, изготавливаемые в заводских условиях. Коэффициент затекания таких узлов четко определен в ходе заводских испытаний. Кроме того, он зачастую может регулироваться, позволяя настраивать каждый узел индивидуально.

Одним из примеров таких узлов является узел VT.225K 50%. Отличительной особенностью его от узла VT.225K 100% является то, что в его конструкцию встроен байпас (рис. 29).

Пропускная способность байпаса (позиция 6 рис. 29) фиксирована и равна  $1\text{ м}^3/\text{час}$ . Пропускная способность узла на проход воды через радиатор зависит от положения настроечного клапана (поз. 3 рис. 29) и находится в пределах от 0 до  $1\text{ м}^3/\text{час}$  (при снятой термоголовке).

То есть, при полностью открытом настроечном клапане пропускные способности узла через байпас и через радиатор будут равны. А следовательно, поток теплоносителя через данный узел будет делиться пополам. По мере закрытия клапана пропускная способность через радиатор будет снижаться, вместе с ней будет снижаться и коэффициент затекания от 0,5 до 0.

Рис. 29 Схема узла VT.225K 50%

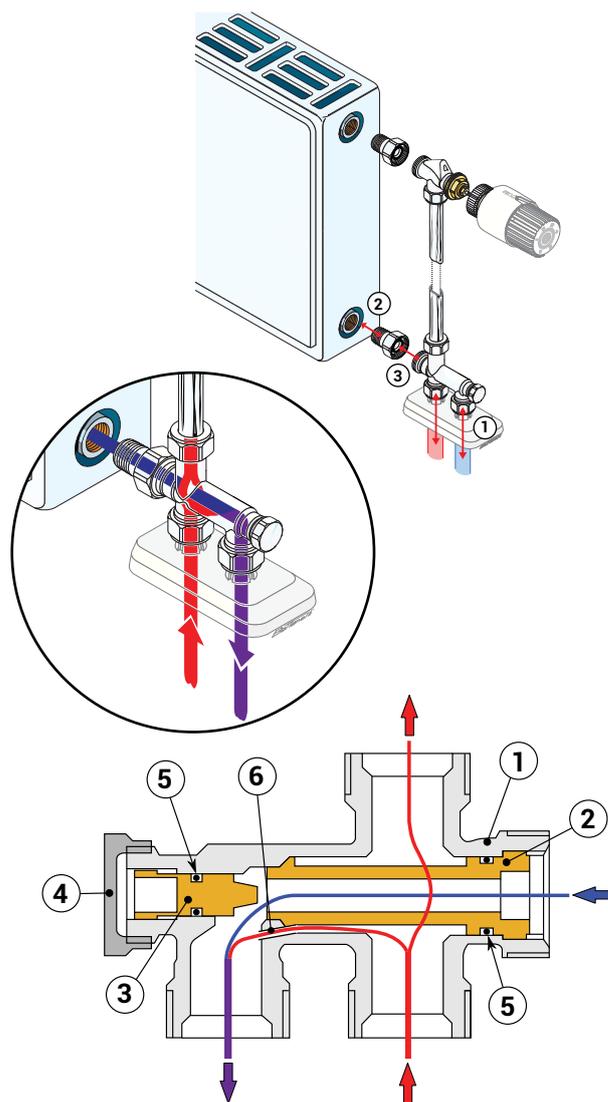


Рис. 30 Пример несоответствия длины прибора ширине проёма



При подборе отопительных приборов в современных домах часто бывает ситуация, при которой длина выбранных отопительных приборов значительно меньше ширины оконного проёма (рис. 30).

**В соответствии с п. 6.4.4 СП 60.13330.2012 «Длину отопительного прибора следует определять расчетом и принимать не менее 75% длины светового проема (окна) в больницах, детских дошкольных учреждениях, школах, домах для престарелых и инвалидов и 50% - в жилых и общественных зданиях».**

В двухтрубной системе установка отопительного прибора с площадью поверхности теплоотдачи, превышающей в 1,5 раза требуемую, приведет к некорректной работе всей системы. При использовании узлов типа VT.225K 50% в однотрубных схемах этой проблемы можно избежать. Теплоотдача отопительного прибора зависит от средней температуры отопительного прибора и расхода теплоносителя через него. На оба этих параметра влияет коэффициент затекания, который можно настроить при помощи регулировки узла. Если длина отопительного прибора получается слишком мала, то можно рассчитать отопительный прибор «обратным» способом, то есть, задаться оптимальной длиной, и уже исходя из этой длины вычислить коэффициент затекания и настройку узла.

Пример подбора радиаторов для однотрубной системы приведен в **приложении 1-Е**.

Пример гидравлического расчета однотрубной системы приведен в **приложении 1-Ж**.

Однотрубные системы обеспечивают стабильную работу термостатических клапанов и теплосчётчиков. Радиаторные терморегуляторы открываются и закрываются, постоянно меняя гидравлическую характеристику системы. Таким образом, уменьшение расхода теплоносителя на одном участке может привести к увеличению расхода на другом. Для стабилизации давлений и расходов в двухтрубных системах используется комплекс устройств, такие как стабилизаторы перепада давления, стабилизаторы-ограничители расхода, перепускные клапаны и пр. В однотрубной системе радиаторные клапаны, практически, не влияют друг на друга. Даже если на каком то участке будут перекрыты радиаторные клапаны,

то теплоноситель все равно будет идти по этому участку, но уже через байпас. Таким образом, в однотрубной системе отопления не требуется сложного оборудования стабилизирующего давление и расход.

Кроме того, в двухтрубных системах отопления существует определенная проблема, связанная с тем, что такая система может работать в режиме, при котором теплосчётчик не учитывает потребляемую тепловую энергию. Дело в том, что у любого счётчика есть такой показатель как «порог чувствительности». Это расход теплоносителя, ниже которого счётчик не фиксирует расход теплоносителя, а следовательно, и тепловую энергию. Как правило, квартирные теплосчётчики имеют порог чувствительности порядка 3-7 л/час. Казалось бы, немного, но при таких низких расходах температура теплоносителя в обратном трубопроводе опускается ниже расчётного значения, а теплопотребление квартиры в таком режиме может достигать 100-300 Вт. Эту потреблённую тепловую энергию в двухтрубной системе теплосчётчик учитывать не будет.

В однотрубной схеме, даже если все радиаторные клапана перекрыты, теплоноситель все равно будет циркулировать через байпас. Расход теплоносителя по контуру квартиры в такой системе не может снизиться более чем на 40%, и через теплосчётчик в любом режиме будет проходить расход большой порога чувствительности расходомера. Однако, при такой организации отопления есть и недостатки. Теплоноситель, который циркулирует по трубопроводам так или иначе также нагревает помещение. В зависимости от толщины изоляции и способа прокладки труб теплоотдача от трубопроводов может варьироваться от 3 Вт до 10 Вт на 1 погонный метр. Из-за этого в теплые дни может возникать эффект «перетопа», когда все отопительные приборы выключены, но тепловая энергия все равно поступает в помещение от трубопроводов.

Для того, чтобы исключить такую ситуацию, VALTEC предлагает универсальные квартирные станции Control Modul (**рис. 31**).

Эти станции могут использоваться как в однотрубной, так и в двухтрубной системе отопления. Основное их назначение — это настройка, регулирование и учет тепловой энергии, потребляемой квартирой. Для предотвращения эффекта «перетопа» данная станция снабжена трёхходовым клапаном, который оснащается сервоприводом.

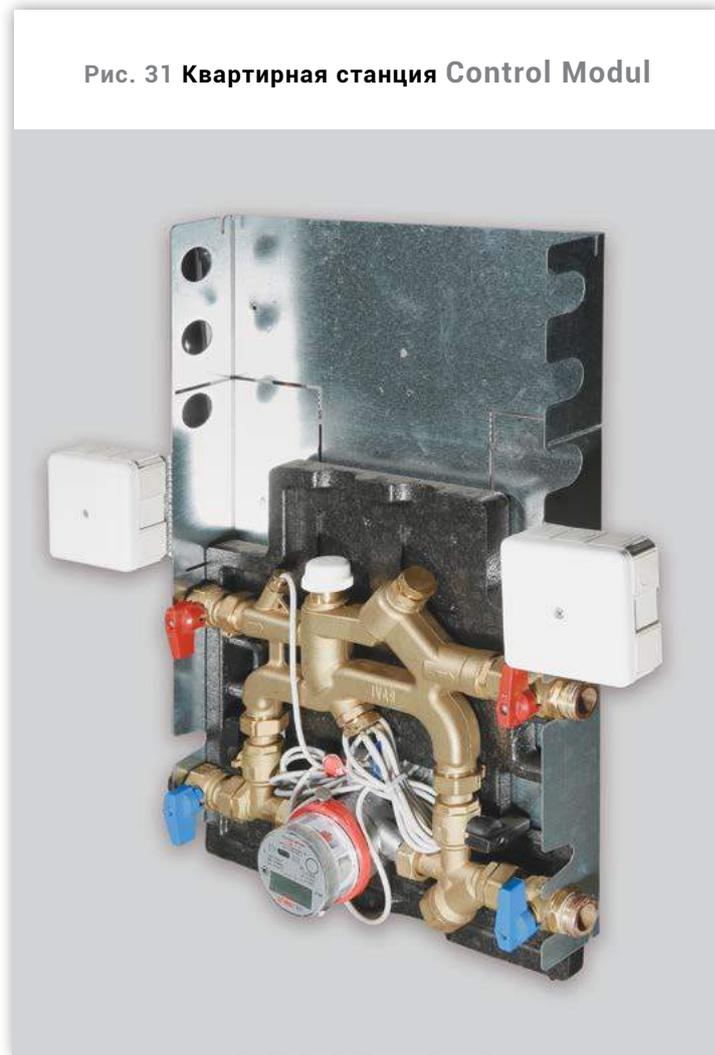
В этом случае квартира оснащается термостатом, на котором потребитель устанавливает максимально допустимую температуру воздуха в квартире. В случае, если в квартире температура воздуха поднимется выше, станция полностью перекроет подачу теплоносителя в квартиру и пустит его по байпасу в обратный трубопровод. Такое решение позволяет поддерживать постоянный расход воды по стоякам систем отопления, что, в свою очередь, избавляет от необходимости установки автоматических регуляторов расхода.

При помощи двух балансировочных клапанов станции можно настраивается требуемый расход теплоносителя в режиме теплопотребления и в «байпасном» режиме, так, чтобы они были равны.

Получается, что, в каком бы положении ни находился регулировочный клапан, расход теплоносителя через квартиру будет неизменен, а, следовательно, и расходы по стоякам не будут изменяться.

При установке в квартире хронотермостата (термостата, программируемого на поддержание определенной температуры в определенное время), жилец имеет возможность существенно сократить расходы на отопление.

Рис. 31 Квартирная станция Control Modul



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

*В данной статье рассмотрены различные варианты организации системы отопления при горизонтальной разводке. Конечно, были описаны не все возможные конструктивные решения организации квартирного отопления. Мы старались показать наиболее эффективные, с точки зрения экономичности и трудоёмкости схемы, которые применяются в массовом строительстве.*

*Грамотный подход к выбору подобных систем может обеспечить как снижение капитальных затрат на систему отопления, так и повышения класса комфортности проектируемого здания.*

*Приведенные примеры, это лишь малая часть технико-экономического сравнения, которое проводили специалисты VALTEC совместно с проектировщиками МНИИТЭП для внедрения решения горизонтальных схем отопления в типовую серию П44Т.*

*Для домов этой серии выбор был сделан в пользу плинтусной тупиковой системы. Однако, для каждого конкретного здания оптимальное решение может быть иным. На сегодняшний день не существует универсального решения, отвечающего запросам всех участников инвестиционного процесса. Именно в этом и заключается задача проектировщиков - в каждом конкретном случае найти самое оптимальное решение и внедрить его.*

### **1. ДВУХТРУБНАЯ ТУПИКОВАЯ.**

Рекомендована при общем расходе теплоносителя в ветке менее 400 кг/час (9 кВт при  $\Delta t=20$ ), а также при небольшом количестве отопительных приборов в ветке (менее 6). Если приборов больше то можно применить попутную схему распределения теплоносителя.

### **2. ДВУХТРУБНАЯ С ПОПУТНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ.**

Рекомендована при общем расходе теплоносителя в ветке менее 400 кг/час а также если мощность самого маленького прибора отличается от самого большого не более чем на 50%. (В случае если мощности всех приборов совпадают допускается подключение, практически, неограниченного количества приборов).

### **3. ДВУХТРУБНАЯ РАЗВЕТВЛЕННАЯ.**

Рекомендована в том случае, если в квартире присутствует большое количество отопительных приборов (более 6) и разброс мощности отопительных приборов больше 50%, а также в случае если периметр квартиры слишком велик (более 150 метров) для организации тупиковой или попутной схемы.

### **4. КОЛЛЕКТОРНО-ЛУЧЕВАЯ.**

Рекомендована в том случае, если общий расход теплоносителя на квартиру более 400 кг/час. Устройство лучевой схемы позволит избежать применения больших диаметров труб в квартирных системах.

### **5. КОМБИНИРОВАННАЯ.**

Применяется в тех же случаях, что и предыдущая, если в одном или нескольких помещениях установлено более одного отопительного прибора.

### **6. КОЛЛЕКТОРНО-ЛУЧЕВАЯ С УПРАВЛЕНИЕМ НА КОЛЛЕКТОРЕ.**

Применяется там, где требуется обеспечить повышенный уровень комфорта в помещениях.

### **7. ОДНОТРУБНАЯ.**

Оптимальна при расходе теплоносителя по ветке менее 300 кг/час и расчётной температуре теплоносителя 90°C и выше.

**Жигалов Д.В.**

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ МОЖНО РАЗДЕЛИТЬ НА 6 ЭТАПОВ:

■ **Этап 1.** Определение расхода теплоносителя через приборы и участки.

Расход воды по каждому участку, а также через каждый радиатор рассчитывается **по формуле**:

**п.1** 
$$G = \frac{Q}{c \cdot (t_1 - t_2)} \cdot 3600; [\text{кг/ час}]$$

Где **Q** – мощность отопительного прибора в случае, если расход считается для отопительного прибора или суммарная мощность отопительных приборов, подключенных к данному участку [Вт];

**c** – удельная теплоёмкость теплоносителя (для воды **c=4,187** кДж/(кг·К))

**t<sub>1</sub>** – расчётная температура теплоносителя в подающем трубопроводе [°C];

**t<sub>2</sub>** – расчётная температура теплоносителя в обратном трубопроводе [°C];

■ **Этап 2.** Определение диаметров трубопроводов.

Диаметры труб для каждого участка можно назначать по предлагаемой номограмме или по гидравлическим таблицам. Рекомендуется подбирать минимальный диаметр трубы, при котором удельные потери давления составляют не более 300 Па/м. При этом скорость теплоносителя не должна превышать 1,5 м/с.

■ **Этап 3.** Определение скорости теплоносителя по участкам.

Скорость движения теплоносителя на участке определяется **по формуле**:

**п.2** 
$$v_i = \frac{G_i \cdot 4 \cdot 10^6}{3600 \cdot \rho \cdot \pi \cdot d_i^2}; [\text{м/с}]$$

Где **G<sub>i</sub>** – расход теплоносителя на участке, кг/с;

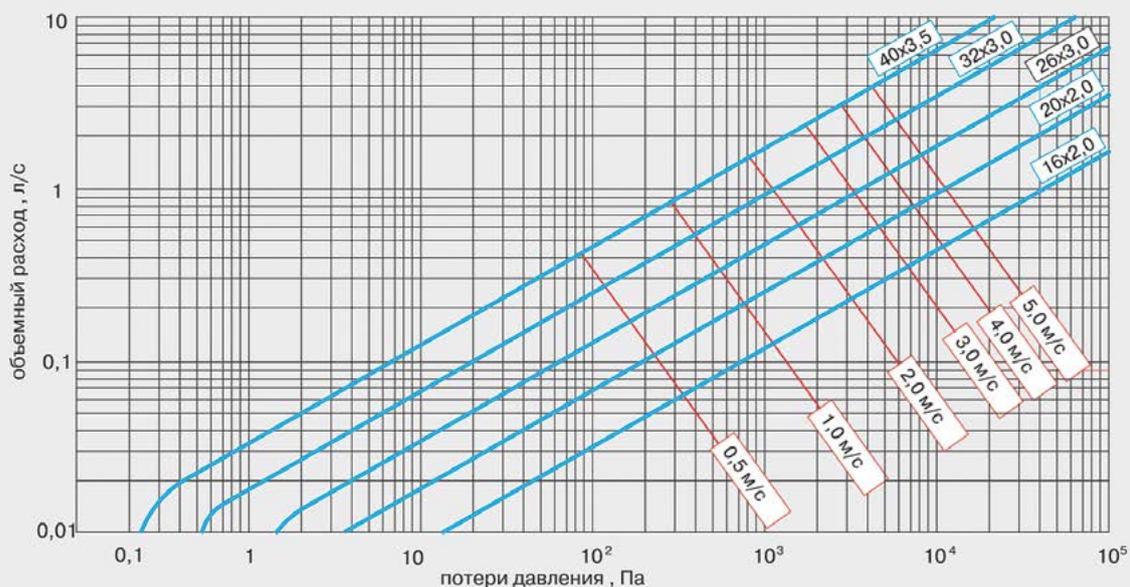
**ρ** – плотность теплоносителя (для воды с температурой 70°C **ρ=970** кг/м<sup>3</sup>);

**d<sub>i</sub>** – внутренний диаметр трубы на участке (для труб 16x2 **d=12**мм; 20x2 **d=16** мм).

■ **Этап 4.** Определение суммы коэффициентов местных сопротивлений (КМС) по каждому циркуляционному кольцу.

Коэффициенты местных сопротивлений элементов гидравлических систем принимаются по гидравлическим таблицам и справочникам. КМС радиаторных фитингов и узлов подключения радиаторов приведены в **приложении 2**.

Номограмма определения потерь давления в металлополимерных трубах



■ **Этап 5. Определение потерь давления в циркуляционных кольцах.**

Потери давления в каждом циркуляционном кольце рассчитываются **по формуле**:

**П.3**

$$\Delta P_k = \left( \frac{G}{k_v \cdot \rho} \right)^2 \cdot 10^5 + \sum (dp_i \cdot L_i) + \sum \left( \xi_i \cdot \frac{v_i^2 \cdot \rho}{2} \right); [\text{Па}]$$

Где **G** – расход теплоносителя через участок или прибор, кг/час;

**k<sub>v</sub>** – пропускная способность радиаторного клапана, м<sup>3</sup>/час;

**ρ** – плотность теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>;

**dp<sub>i</sub>** – удельные линейные потери давления, Па/м;

**L<sub>i</sub>** – длина трубопровода на участке (прямой и обратный трубопровод), м;

**ξ<sub>i</sub>** – коэффициент местного сопротивления каждого элемента участка;

**v<sub>i</sub>** – скорость теплоносителя на участке, м/с.

В случае, если в коллекторном шкафу или в квартирной станции планируется установка нерегулируемого перепускного клапана или регулятора перепада давления с фиксированной настройкой, этот шаг пропускается, и потери давления принимаются равными значению настройки данного клапана (для квартир обычно принимается 20 кПа).

■ **Этап 6. Расчёт настройки радиаторных клапанов.**

Радиаторные клапаны настраиваются таким образом, чтобы потери давления во всех циркуляционных кольцах были равны расчётному падению давления в системе с точностью ±10%. Радиаторный клапан расчетного циркуляционного кольца должен быть настроен на максимальную пропускную способность (для узла VT.225K это **позиция 9**).

При наличии на вводе в квартиру регулятора перепада давлений или перепускного клапана, расчет настройки необходим для всех радиаторных клапанов.

Настроечная позиция клапана определяется исходя из его требуемой пропускной способности **K<sub>v</sub><sup>mp</sup>**.

Для этого сначала вычисляется требуемый перепад давления на каждом клапане **по формуле**:

**П.4**

$$\Delta P^{mp} = \Delta P^p - \Delta P_k + \left( \frac{G^{np}}{k_{vs} \cdot \rho} \right) \cdot 10^5; [\text{Па}]$$

Где **ΔP<sup>p</sup>** – расчётное падение давления в системе отопления квартиры, Па;

**ΔP<sub>k</sub>** – падение давления на циркуляционном кольце данного отопительного прибора, Па;

**G<sup>np</sup>** – расход теплоносителя через данный прибор, кг/с;

**K<sub>vs</sub>** – максимальная пропускная способность клапана, м<sup>3</sup>/час;

**ρ** – плотность теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>.

А затем вычисляется требуемая пропускная способность клапана **по формуле**:

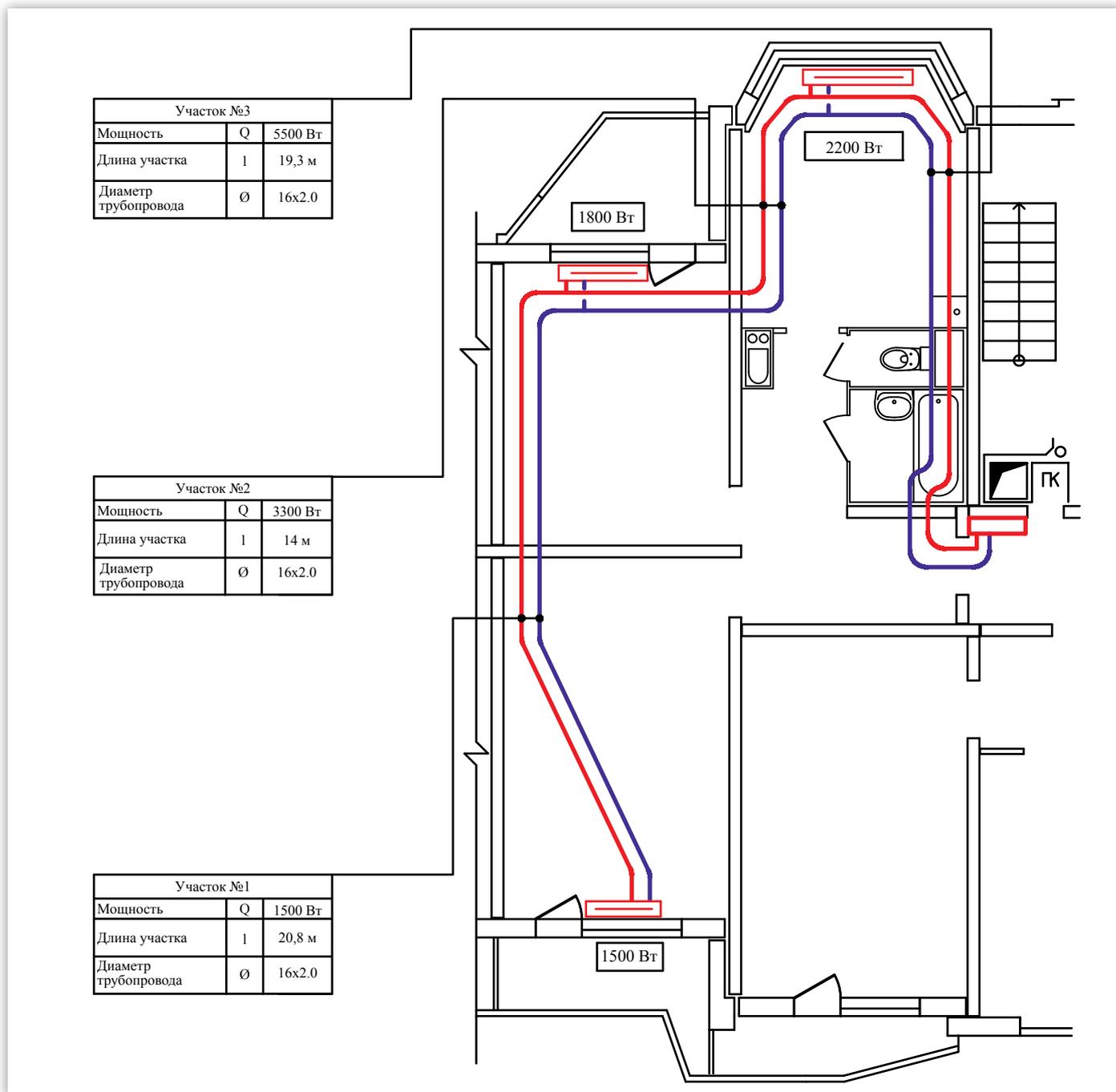
**П.5**

$$k_v^{mp} = \frac{G^{np}}{\rho \cdot \sqrt{\Delta P^{mp}}} \cdot 316,23; \text{ м}^3/\text{час}$$

В соответствии с настроечной таблицей радиаторного узла или клапана (**приложение 2**) производится его настройка на требуемую пропускную способность.



## Расчетная схема



Расходы теплоносителя по участкам при параметрах 90/70°C (формула П.1):

$$G_1^{уч} = \frac{1500}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 64,5 \text{ кг/ час} = 0,019 \text{ л/с}$$

$$G_2^{уч} = \frac{3300}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 141,9 \text{ кг/ час} = 0,041 \text{ л/с}$$

$$G_3^{уч} = \frac{5500}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 236,4 \text{ кг/ час} = 0,069 \text{ л/с}$$

Расходы теплоносителя через приборы (формула П.1):

$$G_1^{уч} = \frac{1500}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 64,5 \text{ кг/ час}$$

$$G_2^{уч} = \frac{1800}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 77,4 \text{ кг/ час}$$

$$G_3^{уч} = \frac{2200}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 94,6 \text{ кг/ час}$$

Подбор диаметров трубопроводов (по номограмме приложение 1-А):

**Участок 1:** 16x2;  $dp_1=50,8$  Па/м - удельные потери менее 300 Па/м, принимается трубу диаметром 16x2.

**Участок 2:** 16x2;  $dp_2=160,8$  Па/м - удельные потери менее 300 Па/м, принимается трубу диаметром 16x2.

**Участок 3:** 16x2;  $dp_3=420,2$  Па/м - удельные потери более 300 Па/м, поэтому принимается следующий диаметр трубопровода 20x2 ;  $dp_3=112,2$  Па/м - удельные потери менее 300 Па/м, принимается трубу диаметром 20x2.

Определение скорости теплоносителя по участкам (формула П.2):

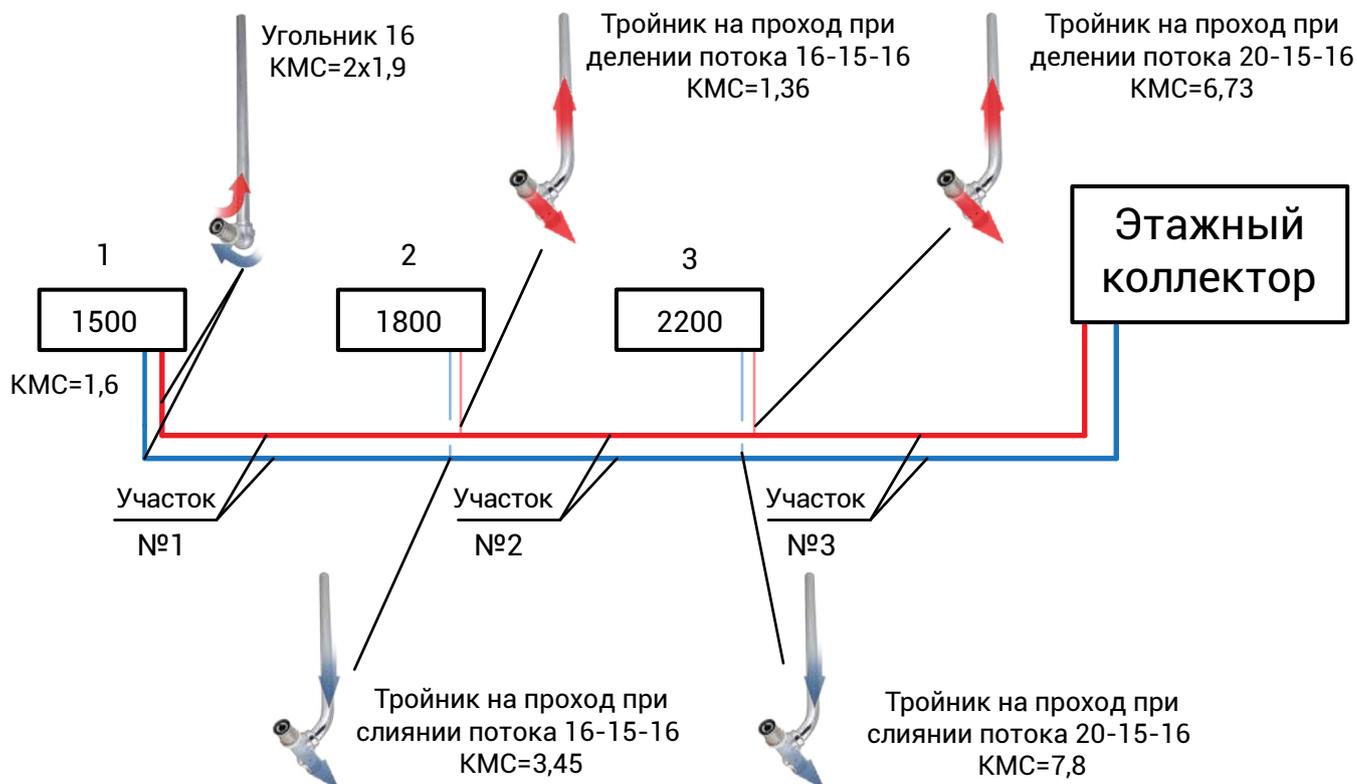
$$v_1 = \frac{64,5 \cdot 4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 970 \cdot 3,14 \cdot 12^2} = 0,16 \text{ м/с};$$

$$v_2 = \frac{141,9 \cdot 4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 970 \cdot 3,14 \cdot 12^2} = 0,36 \text{ м/с};$$

$$v_3 = \frac{236,4 \cdot 4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 970 \cdot 3,14 \cdot 16^2} = 0,34 \text{ м/с}.$$

Определение коэффициентов местных сопротивлений по циркуляционным кольцам:

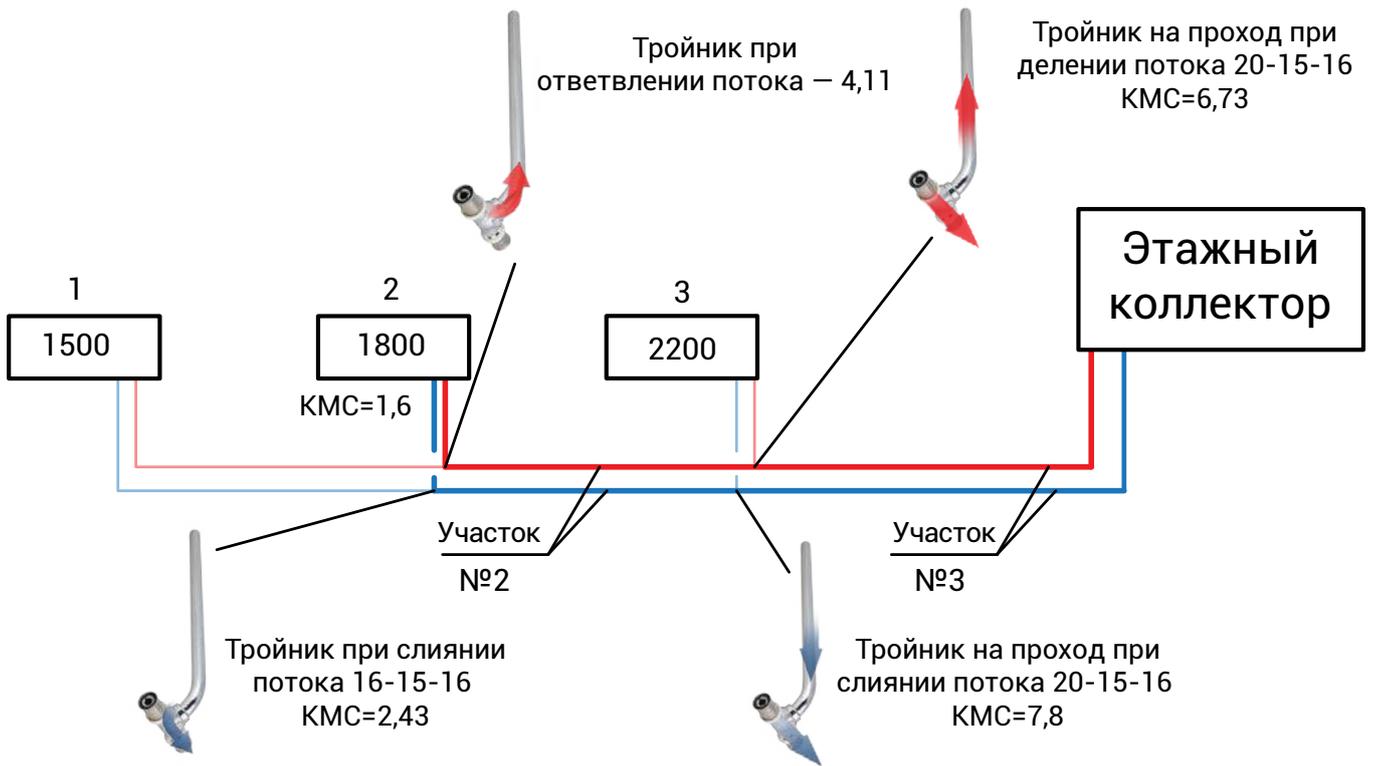
кольцо 1



Секционный радиатор с количеством секций более 6 KMC=1,6.

Потери давления на этом кольце складываются из потерь на 1, 2 и 3 участках и потерях на 1-ом радиаторе.

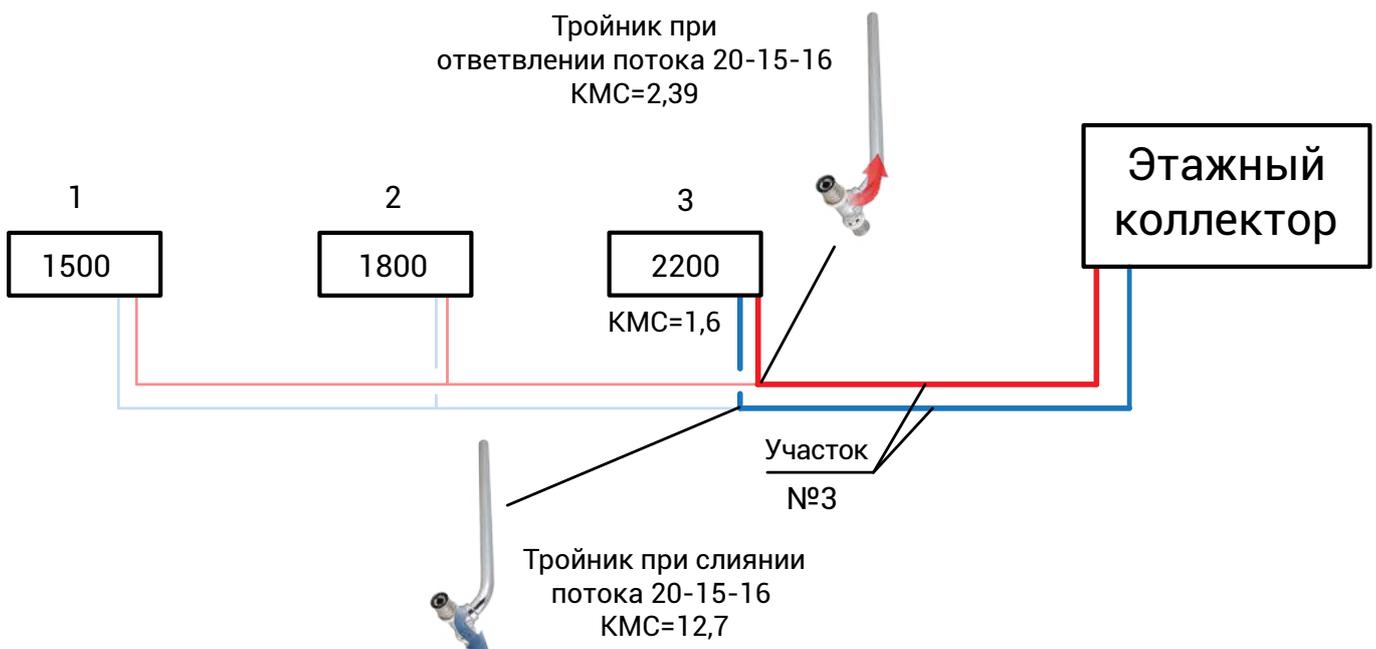
кольцо 2



Секционный радиатор с количеством секций более 6 KMC= 1,6.

Потери давления на этом кольце складываются из потерь на 2 и 3 участках и потерях на 2-ом радиаторе.

кольцо 3



Секционный радиатор с количеством секций более 6 KMC= 1,6.

Потери давления на этом кольце складываются из потерь на 3 участке и потерях на 3-ем радиаторе.

Определение потерь давления в циркуляционных кольцах при позиции клапана 9 ( $K_v=0,6$ )  
(формула П.3):

«В качестве настроечного и регулирующего клапана для данной схемы используется узел подключения радиатора VT.225K-100% при точности поддержания температуры  $2^\circ\text{C}$  ( $X_p=S-2$ ). Паспортные гидравлические характеристики узла при различных позициях настройки клапана представлены в **приложении 2-Б**.

Позиция настройки клапана принимается 9 ( $K_v=0,6$  м<sup>3</sup>/час).

1 кольцо:

$$\Delta P_{\kappa 1} = \left( \frac{64,5}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 + (50,8 \cdot 20,8) + (160,8 \cdot 14) + (112,2 \cdot 19,3) + \left( 5,4 \cdot \frac{0,16^2 \cdot 970}{2} \right) + \left( 4,81 \cdot \frac{0,36^2 \cdot 970}{2} \right) + \left( 14,53 \cdot \frac{0,34^2 \cdot 970}{2} \right) = 7865 \text{ Па};$$

2 кольцо:

$$\Delta P_{\kappa 1} = \left( \frac{77,4}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 + (160,8 \cdot 14) + (112,2 \cdot 19,3) + \left( 4,81 \cdot \frac{0,36^2 \cdot 970}{2} \right) + \left( 14,53 \cdot \frac{0,34^2 \cdot 970}{2} \right) = 7483 \text{ Па};$$

3 кольцо:

$$\Delta P_{\kappa 1} = \left( \frac{94,6}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 + (112,2 \cdot 19,3) + \left( 16,69 \cdot \frac{0,34^2 \cdot 970}{2} \right) = 5709 \text{ Па}.$$

В качестве расчётных потерь давления принимаются наибольшие потери давления в системе. Для данного примера это потери в первом кольце (7850 Па или 7,9 кПа).

Следует отметить, что не всегда расчётным будет самое удаленное кольцо. В некоторых случаях расчётным может оказаться кольцо с самым большим расходом, поэтому следует рассчитывать все циркуляционные кольца.

Определение требуемого перепада давления на радиаторных клапанах (формула П.4) и требуемой пропускной способности клапанов (формула П.5):

Клапан радиатора №1 не рассчитывается, так как циркуляционное кольцо на данной ветке расчётное. Его положение принимается равным 9 (максимальному количеству оборотов,  $K_v=0,6$ ).

$$\Delta P_2^{mp} = 7865 - 7483 + \left( \frac{77,4}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 = 2139 \text{ Па};$$

$$K_{v2}^{mp} = \frac{77,4}{970 \cdot \sqrt{2139}} \cdot 316,23 = 0,55 \text{ м}^3/\text{час}$$

Из таблицы **приложения 2-Б** выбираются позиции настройки клапана с ближайшими большими значениями пропускной способности. Для радиатора № 2 это позиция № 7 или открытие клапана на два оборота.

$$\Delta P_3^{mp} = 7865 - 5709 + \left( \frac{94,6}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 = 4781 \text{ Па};$$

$$K_{v3}^{mp} = \frac{94,6}{970 \cdot \sqrt{4781}} \cdot 316,23 = 0,45 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Из таблицы **приложения 2-Б** выбираются позиции настройки клапана с ближайшими большими значениями пропускной способности. Для радиатора № 3 это позиция № 4 или открытие клапана на один оборот.

## ИТОГОВЫЕ РАСЧЁТНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРИВЕДЕННОГО ПРИМЕРА

Расчётный расход воды в системе - 236,4 кг/час. Расчётные потери давления в системе – 7,8 кПа.

Диаметры трубопровода  
по участкам:

№ участка	1	2	3
Диаметр трубопровода; мм	16x2	16x2	20x2

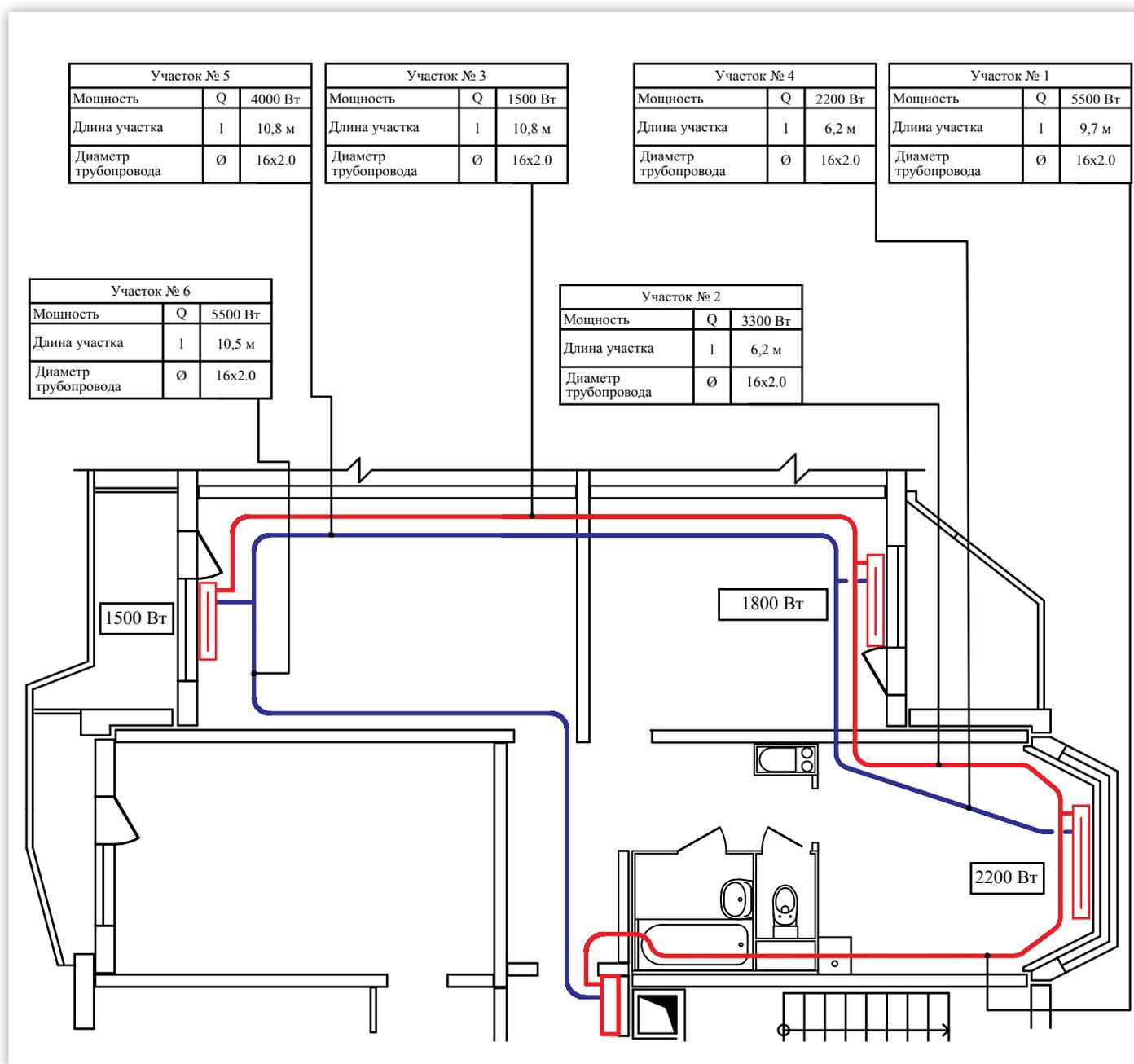
Таблица настройки клапанов:

№ радиатора	1	2	3
Настройка клапана	9	7	4
Количество оборотов открытия клапана	max	2	1

**1-В**

### ПРИМЕР РАСЧЕТА СИСТЕМЫ С ПОПУТНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

#### Расчетная схема



Расходы теплоносителя по участкам при параметрах 90/70°C (формула П.1):

$$G_1^{yч} = G_6^{yч} = \frac{5500}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 236,4 \text{ кг/ час} = 0,069 \text{ л/ с}$$

$$G_2^{yч} = \frac{3300}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 141,9 \text{ кг/ час} = 0,041 \text{ л/ с}$$

$$G_3^{yч} = \frac{1500}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 64,5 \text{ кг/ час} = 0,019 \text{ л/ с}$$

$$G_4^{yч} = \frac{2200}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 94,6 \text{ кг/ час} = 0,028 \text{ л/ с}$$

$$G_5^{yч} = \frac{4000}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 172 \text{ кг/ час} = 0,050 \text{ л/ с}$$

Расходы теплоносителя через приборы (формула П.1):

$$G_1^{yч} = \frac{1500}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 64,5 \text{ кг/ час}$$

$$G_2^{yч} = \frac{1800}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 77,4 \text{ кг/ час}$$

$$G_3^{yч} = \frac{2200}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 94,6 \text{ кг/ час}$$

Подбор диаметров трубопроводов (по номограмме приложения 1-А):

**Участок 1 и 6:** 16x2;  $dp_1=420,2$  Па/м - удельные потери более 300 Па/м, поэтому принимается следующий диаметр трубопровода 20x2 ;  $dp_1=112,2$  Па/м - удельные потери менее 300 Па/м, принимается трубу диаметром 20x2.

**Участок 2:** 16x2;  $dp_2=160,8$  Па/м - удельные потери менее 300 Па/м, принимается трубу диаметром 16x2.

**Участок 3:** 16x2;  $dp_3=50,8$  Па/м - удельные потери менее 300 Па/м, принимается трубу диаметром 16x2.

**Участок 4:** 16x2;  $dp_4=67,5$  Па/м - удельные потери менее 300 Па/м, принимается трубу диаметром 16x2.

**Участок 5:** 16x2;  $dp_5=202,3$  Па/м - удельные потери менее 300 Па/м, принимается трубу диаметром 16x2.

Определение скорости теплоносителя по участкам (формула П.2):

$$v_1 = v_6 = \frac{236,4 \cdot 4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 970 \cdot 3,14 \cdot 16^2} = 0,34 \text{ м/с}$$

$$v_2 = \frac{141,9 \cdot 4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 970 \cdot 3,14 \cdot 12^2} = 0,36 \text{ м/с}$$

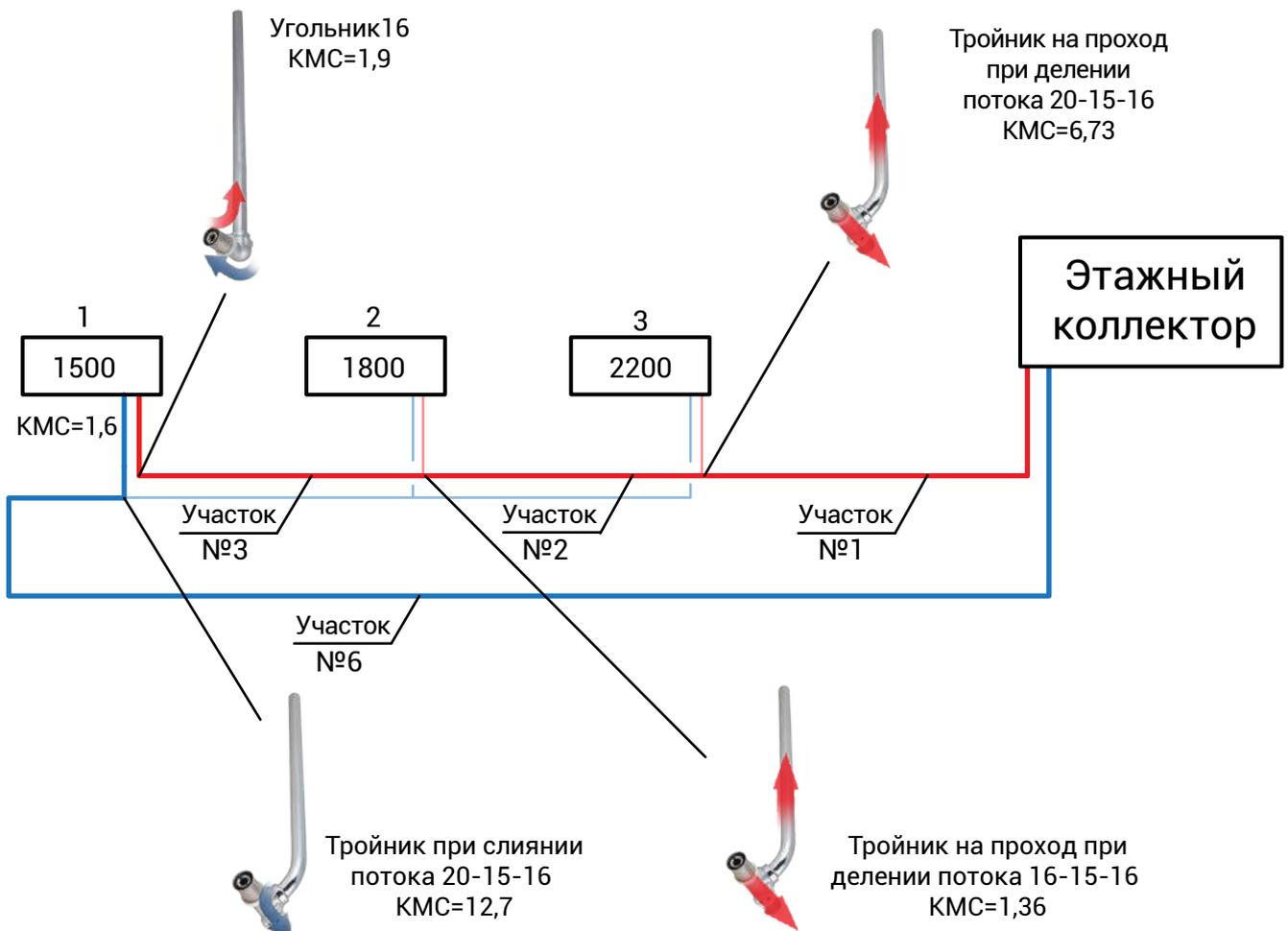
$$v_3 = \frac{64,5 \cdot 4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 970 \cdot 3,14 \cdot 12^2} = 0,16 \text{ м/с}$$

$$v_4 = \frac{94,6 \cdot 4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 970 \cdot 3,14 \cdot 12^2} = 0,24 \text{ м/с}$$

$$v_5 = \frac{172 \cdot 4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 970 \cdot 3,14 \cdot 12^2} = 0,44 \text{ м/с}$$

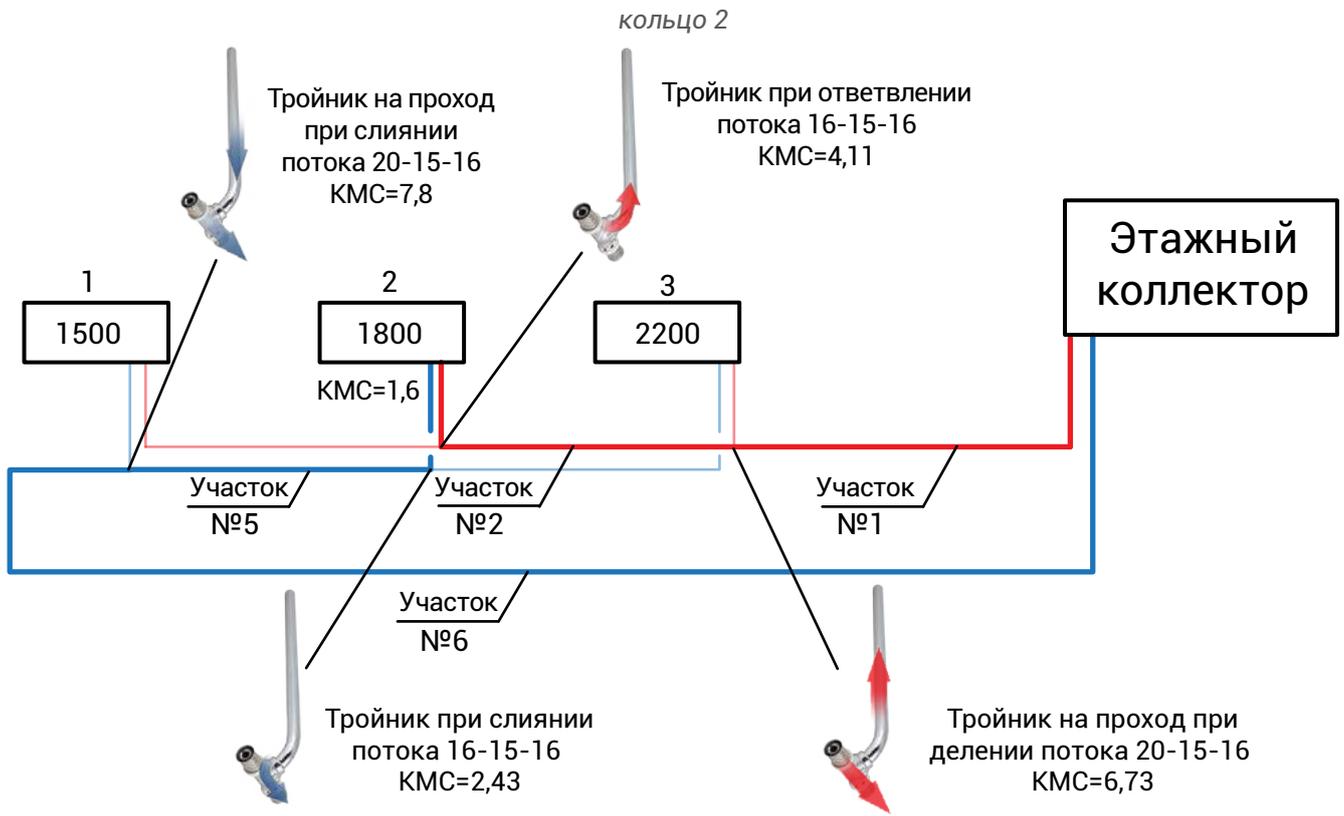
Определение коэффициентов местных сопротивлений по циркуляционным кольцам:

Кольцо 1



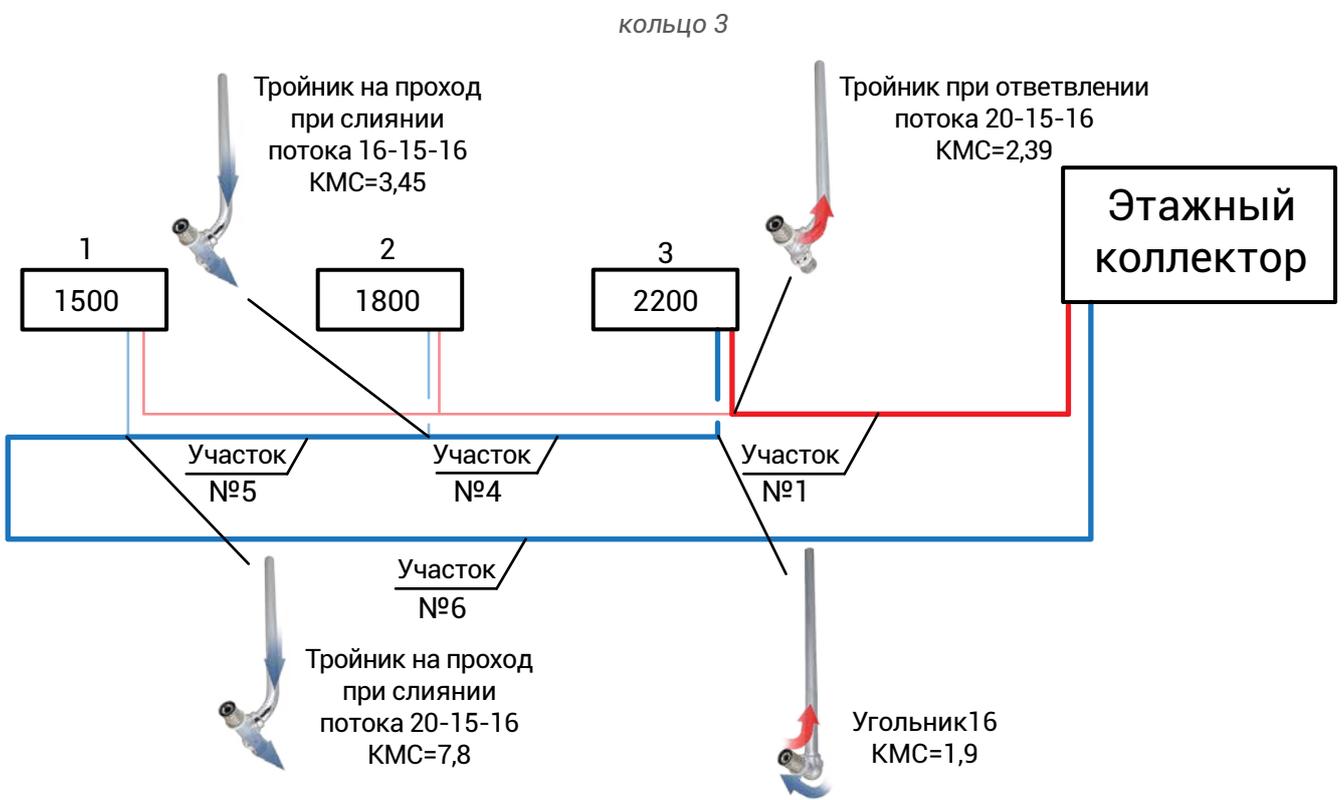
Секционный радиатор с количеством секций более 6 KMC=1,6.

Потери давления на этом кольце складываются из потерь на 1, 2, 3 и 6 участках и потерях на 1-ом радиаторе.



Секционный радиатор с количеством секций более 6  $KMC=1,6$ .

Потери давления на этом кольце складываются из потерь на 1, 2, 5 и 6 участках и потерях на 2-ом радиаторе.



Секционный радиатор с количеством секций более 6  $KMC=1,6$ .

Потери давления на этом кольце складываются из потерь на 1, 4, 5 и 6 участках и потерях на 3-ем радиаторе.

Определение потерь давления в циркуляционных кольцах при позиции клапана 9 ( $K_v=0,6$ )  
(формула П.3):

В качестве настроечного и регулирующего клапана для данной схемы используется узел подключения радиатора VT.225K-100% при точности поддержания температуры 2°C ( $X_p=S-2$ ).

Паспортные гидравлические характеристики узла при различных позициях настройки клапана представлены в **приложении 2-Б**.

Позиция настройки клапана принимается 9 ( $K_v=0,6$  м<sup>3</sup>/час).

1 кольцо:

$$\Delta P_{к1} = \left( \frac{64,5}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 + (112,2 \cdot 9,7) + (160,8 \cdot 6,2) + (50,8 \cdot 10,8) + (112,2 \cdot 10,5) + \left( 6,73 \cdot \frac{0,34^2 \cdot 970}{2} \right) + \left( 1,36 \cdot \frac{0,36^2 \cdot 970}{2} \right) + \left( 3,5 \cdot \frac{0,16^2 \cdot 970}{2} \right) + \left( 12,7 \cdot \frac{0,34^2 \cdot 970}{2} \right) = 8653 \text{ Па}$$

2 кольцо:

$$\Delta P_{к2} = \left( \frac{77,4}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 + (112,2 \cdot 9,7) + (160,8 \cdot 6,2) + (202,3 \cdot 10,8) + (112,2 \cdot 10,5) + \left( 6,73 \cdot \frac{0,34^2 \cdot 970}{2} \right) + \left( 5,71 \cdot \frac{0,36^2 \cdot 970}{2} \right) + \left( 2,43 \cdot \frac{0,43^2 \cdot 970}{2} \right) + \left( 7,8 \cdot \frac{0,34^2 \cdot 970}{2} \right) = 9566 \text{ Па}$$

3 кольцо:

$$\Delta P_{к3} = \left( \frac{94,6}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 + (112,2 \cdot 9,7) + (67,5 \cdot 6,2) + (202,3 \cdot 10,8) + (112,2 \cdot 10,5) + \left( 3,99 \cdot \frac{0,34^2 \cdot 970}{2} \right) + \left( 1,9 \cdot \frac{0,24^2 \cdot 970}{2} \right) + \left( 3,45 \cdot \frac{0,43^2 \cdot 970}{2} \right) + \left( 7,8 \cdot \frac{0,34^2 \cdot 970}{2} \right) = 8936 \text{ Па}$$

В качестве расчётных потерь давления принимаются наибольшие потери давления в системе. Для данного примера это потери во втором кольце (9566 Па или 9,6 кПа).

Определение требуемого перепада давления на радиаторных клапанах (формула П.4) и требуемой пропускной способности клапанов (формула П.5):

$$\Delta P_1^{mp} = 9566 - 8653 + \left( \frac{64,5}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 = 2133 \text{ Па}; \quad \left| \quad K_{v1}^{mp} = \frac{64,5}{970 \cdot \sqrt{2133}} \cdot 316,23 = 0,46 \text{ м}^3/\text{час}$$

Из таблицы **приложения 2-Б** выбираются позиции настройки клапана с ближайшими большими значениями пропускной способности. Для радиатора № 1 это позиция № 4 или открытие клапана на один оборот.

Клапан радиатора №2 не рассчитывается, так как циркуляционное кольцо на данной ветке расчётное. Его положение принимается равным 9 (максимальному количеству оборотов,  $K_v=0,6$ ).

$$\Delta P_3^{mp} = 9566 - 8936 + \left( \frac{94,6}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 = 3255 \text{ Па}; \quad \left| \quad K_{v3}^{mp} = \frac{94,6}{970 \cdot \sqrt{3255}} \cdot 316,23 = 0,54 \text{ м}^3/\text{час}$$

Из таблицы **приложения 2-Б** выбираются позиции настройки клапана с ближайшими большими значениями пропускной способности. Для радиатора № 3 это позиция №7 или открытие клапана на два оборота.

ИТОГОВЫЕ РАСЧЁТНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРИВЕДЕННОГО ПРИМЕРА

Расчётный расход воды в системе - 236,4 кг/час. Расчётные потери давления в системе - 9,5 кПа

Диаметры трубопровода по участкам:

№ участка	1	2	3	4	5	6
Диаметр трубопровода; мм	20x2.0	16x2.0	16x2.0	16x2.0	16x2.0	20x2.0

Таблица настройки клапанов:

№ радиатора	1	2	3
Настройка клапана	4	9	7
Количество оборотов открытия клапана	1	max	2

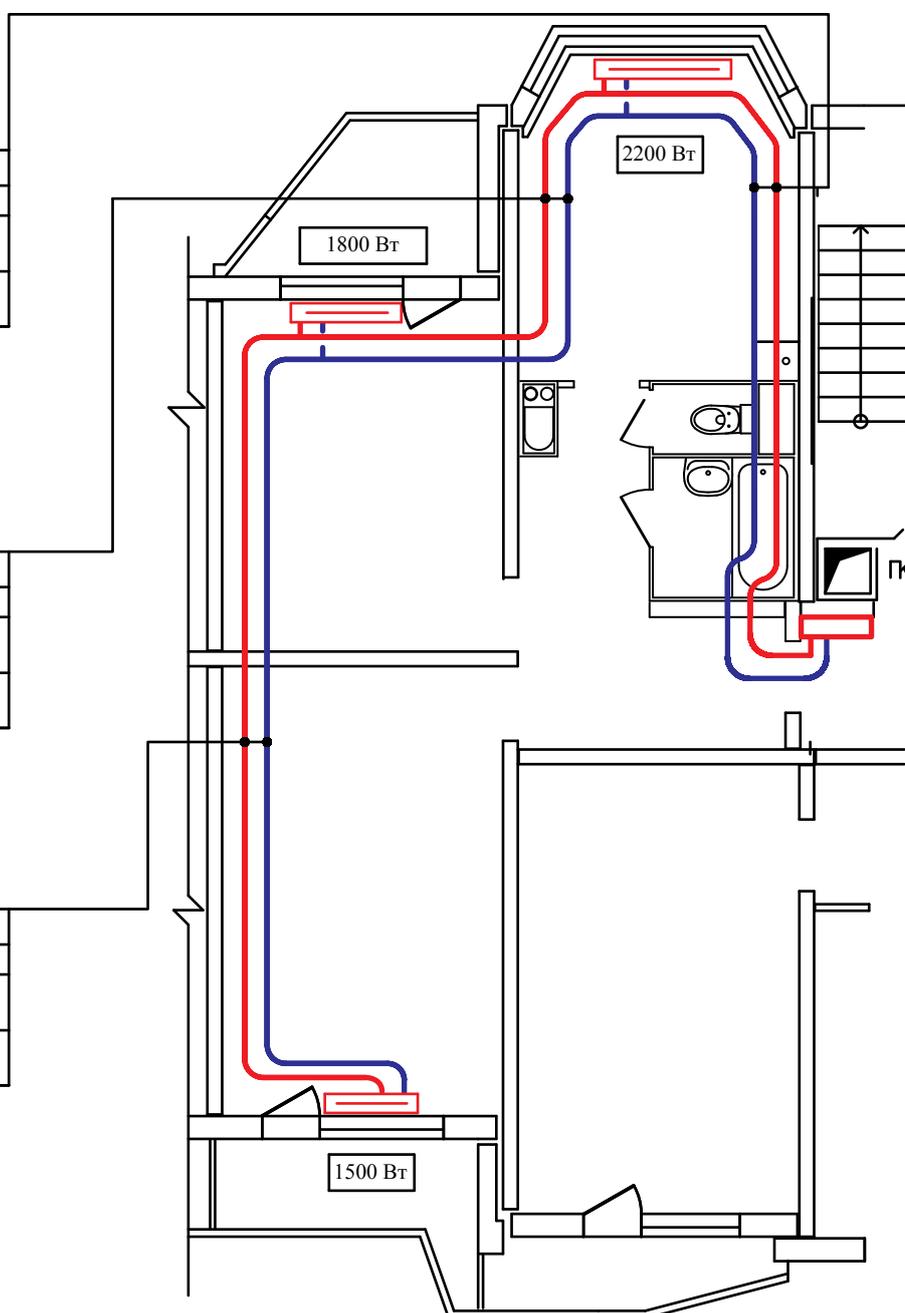
1-Г ПРИМЕР РАСЧЕТА ДВУХТРУБНОЙ ТУПИКОВОЙ ПЛИНТУСНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКТОВ VT.045

Расчетная схема

Участок № 3		
Мощность	Q	5500 Вт
Длина участка	l	19,3 м
Диаметр трубопровода	Ø	16x2.0

Участок № 2		
Мощность	Q	3300 Вт
Длина участка	l	14 м
Диаметр трубопровода	Ø	16x2.0

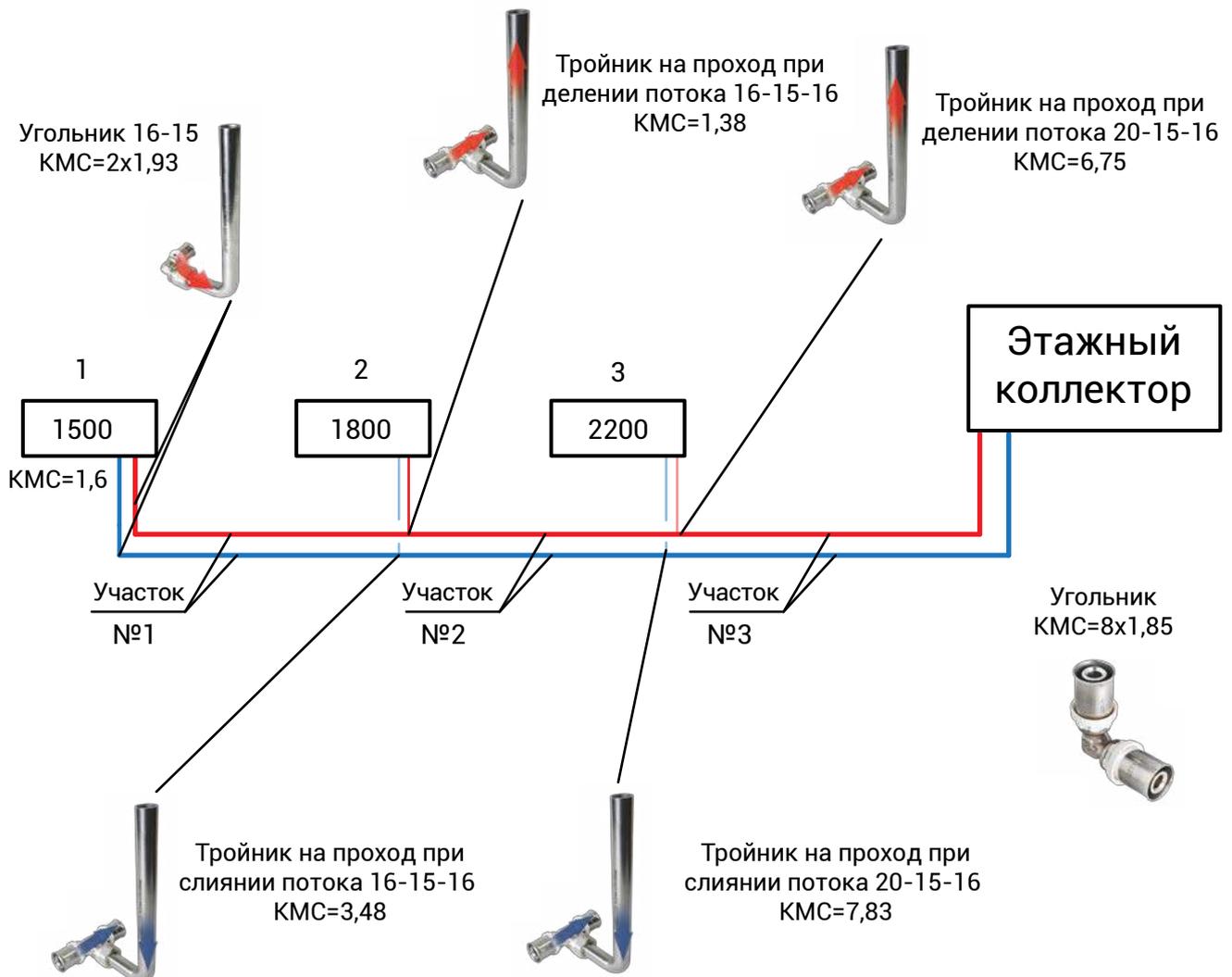
Участок № 1		
Мощность	Q	1500 Вт
Длина участка	l	20,8 м
Диаметр трубопровода	Ø	16x2.0



**Первые 3 этапа расчёта системы** (определение расхода воды через приборы и участки; подбор диаметров труб; определение скорости теплоносителя по участкам) полностью совпадают с расчётом, приведённым в приложении 1-Б.

Определение коэффициентов местных сопротивлений по циркуляционным кольцам:

Кольцо 1



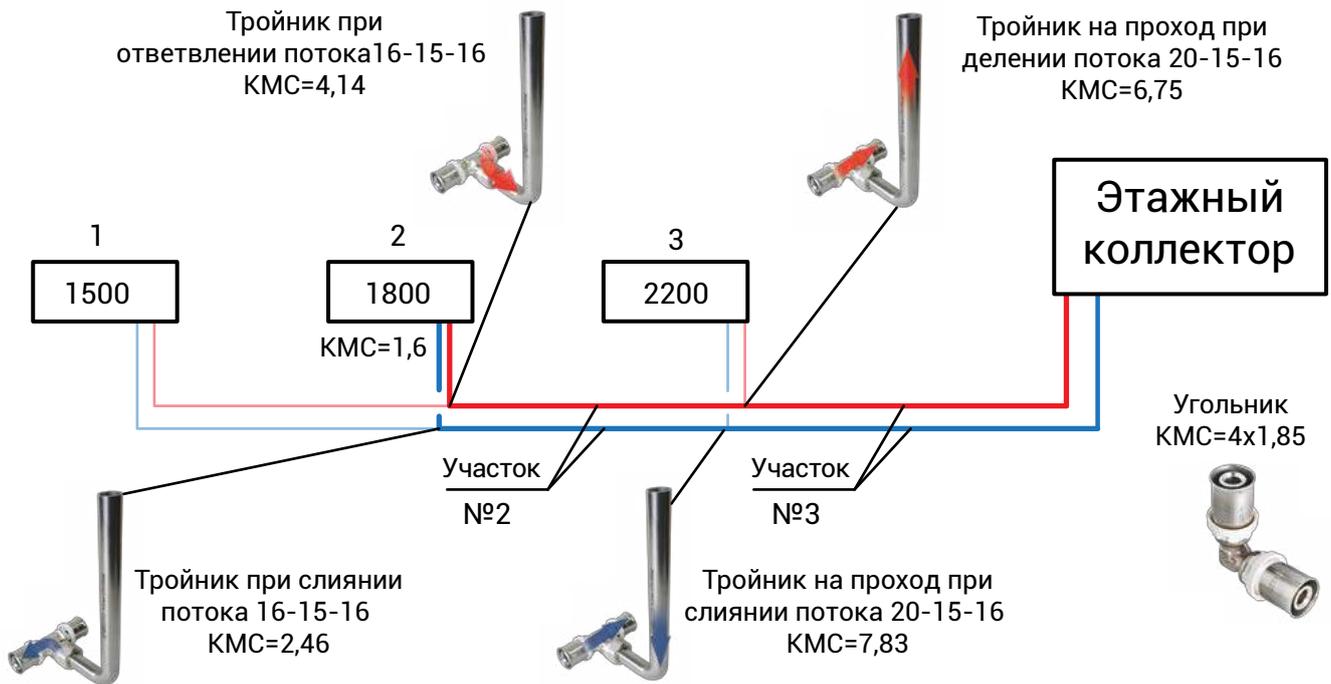
Секционный радиатор с количеством секций более 6 KMC=1,6.

По линии движения трубопровода 6 пресс-угольников  $\varnothing 16$   $\Sigma$ KMC=6x1,85.

По линии движения трубопровода 2 пресс-угольников  $\varnothing 20$   $\Sigma$ KMC=6x1,7.

Потери давления на этом кольце складываются из потерь на 1, 2 и 3 участках и потерях на 1-ом радиаторе.

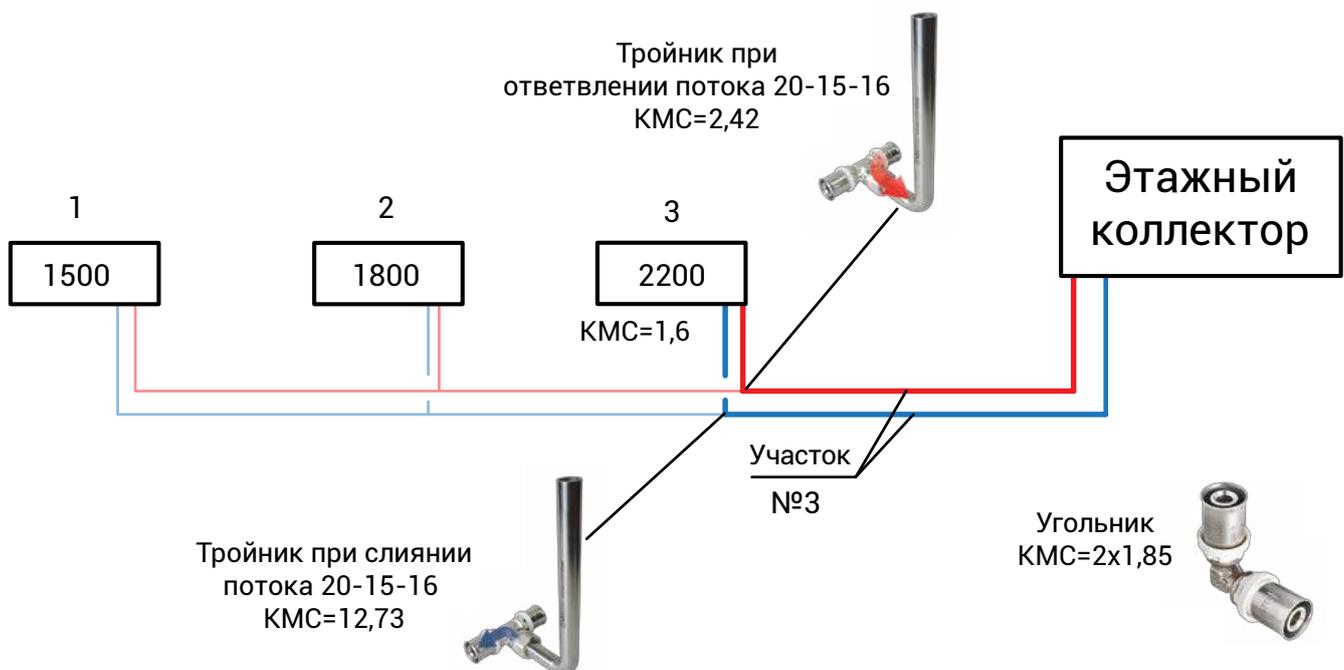
Кольцо 2



Секционный радиатор с количеством секций более 6 КМС=1,6.  
 По линии движения трубопровода 2 пресс-угольника  $\varnothing 16 \Sigma \text{КМС}=2 \times 1,85$ .  
 По линии движения трубопровода 2 пресс-угольника  $\varnothing 20 \Sigma \text{КМС}=6 \times 1,7$ .

Потери давления на этом кольце складываются из потерь на 2 и 3 участках и потерях на 2-ом радиаторе.

Кольцо 3



Секционный радиатор с количеством секций более 6 КМС=1,6.  
 По линии движения трубопровода 2 пресс-угольника  $\varnothing 20 \Sigma \text{КМС}=6 \times 1,7$ .

Потери давления на этом кольце складываются из потерь на 3 участке и потерях на 3-ем радиаторе.

Определение потерь давления в циркуляционных кольцах (**формула П.3**).

Паспортные гидравлические характеристики клапанов из комплекта VT.045 приведены в приложениях 2-В и 2-Г.

Позиция настройки настроечного клапана VT.045 принимается 9 ( $K_v=1,35$  м<sup>3</sup>/час).

1 кольцо:

$$\Delta P_{к1} = \left(\frac{64,5}{1,35 \cdot 970}\right)^2 \cdot 10^5 + \left(\frac{64,5}{0,65 \cdot 970}\right)^2 \cdot 10^5 + (50,8 \cdot 20,8) + (160,8 \cdot 14) + (112,2 \cdot 19,3) + \left(12,86 \cdot \frac{0,16^2 \cdot 970}{2}\right) + \left(8,56 \cdot \frac{0,36^2 \cdot 970}{2}\right) + \left(17,98 \cdot \frac{0,34^2 \cdot 970}{2}\right) = 8454 \text{ Па}$$

2 кольцо:

$$\Delta P_{к2} = \left(\frac{77,4}{1,35 \cdot 970}\right)^2 \cdot 10^5 + \left(\frac{77,4}{0,65 \cdot 970}\right)^2 \cdot 10^5 + (160,8 \cdot 14) + (112,2 \cdot 19,3) + \left(11,9 \cdot \frac{0,36^2 \cdot 970}{2}\right) + \left(17,96 \cdot \frac{0,34^2 \cdot 970}{2}\right) = 8007 \text{ Па}$$

3 кольцо:

$$\Delta P_{к3} = \left(\frac{94,6}{1,35 \cdot 970}\right)^2 \cdot 10^5 + \left(\frac{94,6}{0,65 \cdot 970}\right)^2 \cdot 10^5 + (112,2 \cdot 19,3) + \left(20,15 \cdot \frac{0,34^2 \cdot 970}{2}\right) = 6046 \text{ Па}$$

В качестве расчётных потерь давления принимаются наибольшие потери давления в системе. Для данного примера это потери в первом кольце (8454 Па или 8,5 кПа).

Определение требуемого перепада давления на радиаторных клапанах (**формула П.4**) и требуемой пропускной способности клапанов (**формула П.5**):

Клапан радиатора №1 не рассчитывается, так как циркуляционное кольцо на данной ветке расчётное. Его положение принимается равным 9 (максимальному количеству оборотов,  $K_v=1,35$ ).

$$\Delta P_2^{TP} = 8454 - 8007 + \left(\frac{77,4}{1,35 \cdot 970}\right)^2 \cdot 10^5 = 797 \text{ Па}$$

$$k_{v2}^{TP} = \frac{77,4}{970 \cdot \sqrt{797}} \cdot 316,23 = 0,89 \text{ м}^3/\text{час}$$

Из таблицы приложения 2-Г выбираются позиции настройки клапана с ближайшими большими значениями пропускной способности. Для радиатора № 2 это позиция № 7 или открытие клапана на три с половиной оборота.

$$\Delta P_3^{TP} = 8454 - 6046 + \left(\frac{94,6}{1,35 \cdot 970}\right)^2 \cdot 10^5 = 2930 \text{ Па}$$

$$K_{v3}^{TP} = \frac{94,6}{970 \cdot \sqrt{2930}} \cdot 316,23 = 0,57 \text{ м}^3/\text{час}$$

Из таблицы приложения 2-Г выбираются позиции настройки клапана с ближайшими большими значениями пропускной способности. Для радиатора № 3 это позиция №5 или открытие клапана на два с половиной оборота.

ИТОГОВЫЕ РАСЧЁТНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРИВЕДЕННОГО ПРИМЕРА

Расчётный расход воды в системе - 236,4 кг/час. Расчётные потери давления в системе – 8,5 кПа.

Диаметры трубопровода по участкам:

№ участка	1	2	3
Диаметр трубопровода; мм	16x2	16x2	20x2

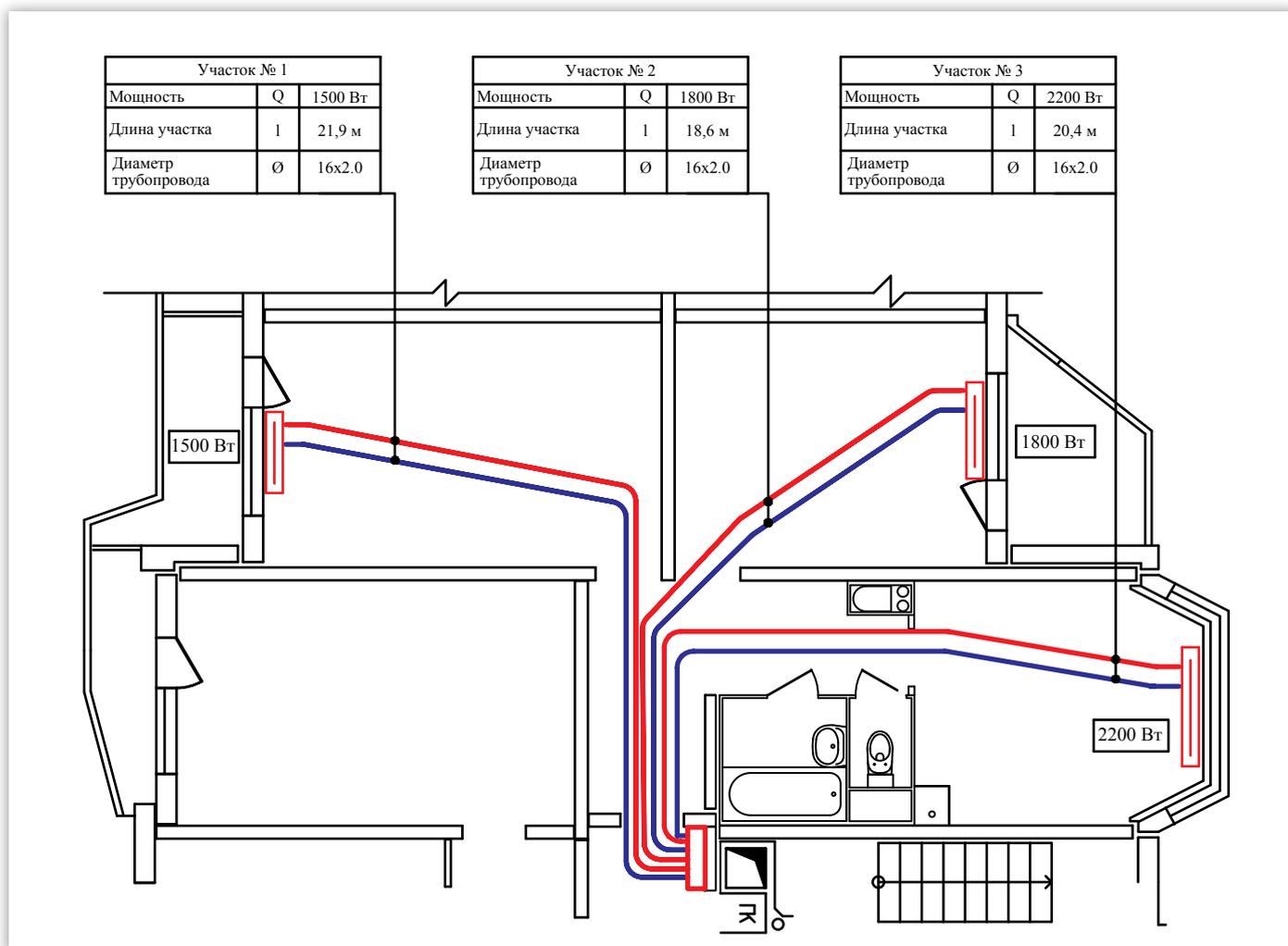
Таблица настройки клапанов:

№ радиатора	1	2	3
Настройка клапана	9	7	5
Количество оборотов открытия клапана	max	3 1/2	2 1/2

1-Д

ПРИМЕР РАСЧЕТА КОЛЛЕКТОРНО-ЛУЧЕВОЙ СИСТЕМЫ

Расчетная схема



Расходы теплоносителя по участкам при параметрах 90/70°C (формула П.1):

$$G_1^{уч} = \frac{1500}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 64,5 \text{ кг/ час} = 0,018 \text{ кг/ с}$$

$$G_2^{уч} = \frac{1800}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 77,4 \text{ кг/ час} = 0,021 \text{ кг/ с}$$

$$G_3^{уч} = \frac{2200}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 94,6 \text{ кг/ час} = 0,026 \text{ кг/ с}$$

Подбор диаметров трубопроводов (по номограмме приложение 1-А):

**Участок 1:** 16x2;  $dp_1=50,8$  Па/м - удельные потери менее 300 Па/м, принимается трубу диаметром 16x2.

**Участок 2:** 16x2;  $dp_2=62,8$  Па/м - удельные потери менее 300 Па/м, принимается трубу диаметром 16x2.

**Участок 3:** 16x2;  $dp_3=82,6$  Па/м - удельные потери менее 300 Па/м, принимается трубу диаметром 16x2.

Определение скорости теплоносителя по участкам (формула П.2):

$$v_1^{уч} = \frac{64,5 \cdot 4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 970 \cdot 3,14 \cdot 12^2} = 0,16 \text{ м/с} \quad v_2^{уч} = \frac{77,4 \cdot 4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 970 \cdot 3,14 \cdot 12^2} = 0,20 \text{ м/с}$$

$$v_3^{уч} = \frac{94,6 \cdot 4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 970 \cdot 3,14 \cdot 12^2} = 0,24 \text{ м/с}$$

Определение коэффициентов местных сопротивлений по циркуляционным кольцам.

В указанном примере местными сопротивлениями обладают угольники с хромированной трубкой VTm.281.N. Потери давления в местах поворота трубопроводов считаются сравнительно малыми, и ими можно пренебречь. Таким образом, сумма местных сопротивлений для каждого кольца будет одной и той же, и будет складываться из двух радиаторных отводов КМС=1,9 и радиатора КМС = 1,6. Суммарные коэффициенты местного сопротивления каждого кольца равны 5,4.

В качестве настроечного и регулирующего клапана для данной схемы используется узел подключения радиатора VT.225K-100% при точности поддержания температуры 2°C (Xp=S-2)

Паспортные гидравлические характеристики узла при различных позициях настройки клапана представлены в **приложении 2-Б**.

Позиция настройки клапана принимается 9 ( $Kv=0,6$  м<sup>3</sup>/час).

1 кольцо:

$$\Delta P_{к1} = \left( \frac{64,5}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 + (50,8 \cdot 21,9) + \left( 5,4 \cdot \frac{0,16^2 \cdot 970}{2} \right) = 2404 \text{ Па}$$

2 кольцо:

$$\Delta P_{к2} = \left( \frac{77,4}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 + (55 \cdot 18,6) + \left( 5,4 \cdot \frac{0,2^2 \cdot 970}{2} \right) = 3026 \text{ Па}$$

3 кольцо:

$$\Delta P_{к3} = \left( \frac{94,6}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 + (58,2 \cdot 20,4) + \left( 5,4 \cdot \frac{0,24^2 \cdot 970}{2} \right) = 4462 \text{ Па}$$

В качестве расчётных потерь давления принимаются наибольшие потери давления в системе. Для данного примера это потери в первом кольце (4462 Па или 4,5 кПа).

Определение требуемого перепада давления на радиаторных клапанах (**формула П.4**) и требуемой пропускной способности клапанов (**формула П.5**):

$$\Delta P_1^{\text{TP}} = 4462 - 2404 + \left( \frac{64,5}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 = 3279 \text{ Па}$$

$$k_{v1}^{\text{TP}} = \frac{64,5}{970 \cdot \sqrt{3279}} \cdot 316,23 = 0,36 \text{ м}^3/\text{час}$$

Из **таблицы приложения 2-Б** выбираются позиции настройки клапана с ближайшими большими значениями пропускной способности. Для **радиатора № 1** это **позиция №3** или открытие клапана на три четверти оборота.

$$\Delta P_2^{\text{TP}} = 4430 - 3004 + \left( \frac{77,4}{0,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 = 3194 \text{ Па}$$

$$k_{v2}^{\text{TP}} = \frac{77,4}{970 \cdot \sqrt{4295}} \cdot 316,23 = 0,45 \text{ м}^3/\text{час}$$

Из **таблицы приложения 2-Б** выбираются позиции настройки клапана с ближайшими большими значениями пропускной способности.

Для **радиатора № 2** это **позиция №4** или открытие клапана на один оборот.

Клапан **третьего радиатора** не рассчитывается, так как циркуляционное кольцо на этой ветке расчётное. Его положение принимается **равным 9** (максимальному количеству оборотов).

#### ИТОГОВЫЕ РАСЧЁТНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРИВЕДЕННОГО ПРИМЕРА

Расчётный расход воды в системе - 236,4 кг/час (сумма расходов по приборам).  
Расчётные потери давления в системе – 4,5 кПа.

Диаметры трубопровода по участкам:

№ участка	1	2	3
Диаметр трубопровода; мм	16x2	16x2	16x2

Таблица настройки клапанов:

№ радиатора	1	2	3
Настройка клапана	3	4	9
Количество оборотов открытия клапана	3/4	1	max

## 1-Е

### ПРИМЕР ПОДБОРА РАДИАТОРОВ ПРИ ОДНОТРУБНОЙ СИСТЕМЕ

**Задача:** Необходимо подобрать 3 секционных радиатора мощностью  $Q^{\text{TP}}$  500, 800, 1000 Вт. Параметры теплоносителя 90/70°C.

Расход теплоносителя через ветку ведётся по **формуле П.1**.

$$G = \frac{500 + 800 + 1000}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 98,9 \text{ кг/час}$$

Расход теплоносителя через приборы производится по **формуле**:

$$G^{np} = G \cdot \alpha; [\text{кг/ час}]$$

Где  $\alpha$  – коэффициент затекания радиаторного узла, принимается согласно технической документации на радиаторный узел одно-трубной системы (**см. приложение 2-Е**)

$$G^{np} = 98,9 \cdot 0,38 = 37,6 \text{ кг/ час}$$

Расчет средней температуры отопительных приборов ведётся по **формуле**:

$$t_{\text{ср.п}} = t_1 - \left( \sum Q_{\text{пр}}^{\text{д}} + \frac{Q^{np}}{2 \cdot \alpha} \right) \cdot \frac{3,6}{c \cdot G}, ^\circ\text{C}$$

Где  $\sum Q_{\text{пр}}^{\text{д}}$  – суммарная мощность приборов, подключенных до рассчитываемого прибора [Вт];

Для первого прибора  $t_{\text{ср.п}} = 90 - \left( 0 + \frac{500}{2 \cdot 0,38} \right) \cdot \frac{3,6}{4,19 \cdot 98,9} = 84,3^\circ\text{C}$

Для второго прибора  $t_{\text{ср.п}} = 90 - \left( 500 + \frac{800}{2 \cdot 0,38} \right) \cdot \frac{3,6}{4,19 \cdot 98,9} = 76,5^\circ\text{C}$

Для третьего прибора  $t_{\text{ср.п}} = 90 - \left( 1300 + \frac{1000}{2 \cdot 0,38} \right) \cdot \frac{3,6}{4,19 \cdot 98,9} = 67,2^\circ\text{C}$

**Определение комплексного коэффициента приведения к расчётным условиям.**

$$\varphi = \left( \frac{t_{\text{ср}} - t_{\text{в}}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left( \frac{G^{np}}{360} \right)^p \cdot b \cdot c \cdot \psi$$

Где  $t_{\text{в}}$  – температура воздуха в отапливаемом помещении [ $^\circ\text{C}$ ];

$n$  – коэффициент зависимости теплоотдачи от температуры прибора;

$p$  – коэффициент зависимости теплоотдачи прибора от расхода теплоносителя;

$b$  – коэффициент учета атмосферного давления;

$c$  – коэффициент, учитывающий тип отопительного прибора;

$\psi$  – коэффициент учета направления движения теплоносителя, на приборе;

Коэффициенты  $n, p, b, c, \psi$  принимаются по документации на отопительный прибор.

Характеристики радиатора:  
Номинальная теплоотдача одной секции:  $Q_{н.с.р}=161$  Вт;

$$n = 0,3; \quad p = 0,015; \quad b = 1; \quad c = 1; \quad \psi = 1;$$

Комплексный коэффициент:

$$\varphi_1 = \left(\frac{84,3 - 20}{70}\right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{37,6}{360}\right)^{0,015} = 0,86 \quad \varphi_2 = \left(\frac{76,5 - 20}{70}\right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{37,6}{360}\right)^{0,015} = 0,73$$

$$\varphi_3 = \left(\frac{67,2 - 20}{70}\right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{37,6}{360}\right)^{0,015} = 0,58$$

Минимальное требуемое количество секций вычисляется **по формуле**:

$$n = \frac{Q^{нп}}{\varphi \cdot Q_{н.с.р}}; \text{сек.}$$

$$n_1 = \frac{500}{0,86 \cdot 161} = 3,6 \rightarrow 4 \text{ сек.}$$

$$n_2 = \frac{800}{0,73 \cdot 161} = 6,8 \rightarrow 7 \text{ сек.}$$

$$n_3 = \frac{1000}{0,73 \cdot 161} = 8,5 \rightarrow 9 \text{ сек.}$$

Если предположить, что в первом помещении 4-х секционный отопительный прибор слишком мал для оконного проема, и в данном помещении необходимо 5 секций для того чтобы перекрыть 50% от ширины окна, то для этого радиатора можно произвести обратный расчёт.

Требуемый комплексный коэффициент.

$$\varphi_{тр} = \frac{Q^{нп}}{n_{тр} \cdot Q_{н.с.р}}$$

Где  $n_{тр}$  – требуемое количество секций отопительного прибора.

$$\varphi_{тр} = \frac{500}{7 \cdot 161} = 0,62$$

Методом последовательного приближения решается система из **3-х уравнений**:

$$\begin{cases} t_{\text{ср.п}} = t_1 - \left( \sum Q_{\text{пр}}^{\text{л}} + \frac{Q^{\text{пр}}}{2 \cdot \alpha} \right) \cdot \frac{3,6}{c_p \cdot G_{\text{в}}}; ^\circ\text{C} \\ G_{\text{пр}} = G_{\text{в}} \cdot \alpha; \text{ кг/ час} \\ \varphi_{\text{пр}} = \left( \frac{t_{\text{ср}} - t_{\text{в}}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left( \frac{G^{\text{пр}}}{360} \right)^p \cdot b \cdot c \cdot \psi \end{cases}$$

В первом приближении задаемся настройкой клапана 3 (3/4 оборота вентиля  $\alpha=0,26$ )

$$\begin{cases} t_{\text{ср.п}} = 90 - \left( 0 + \frac{500}{2 \cdot 0,26} \right) \cdot \frac{3,6}{4,19 \cdot 98,9} = 81,6^\circ\text{C} \\ G_{\text{пр}} = 98,9 \cdot 0,26 = 25,7 \text{ кг/ час} \\ \varphi = \left( \frac{81,6 - 20}{70} \right)^{1+0,3} \cdot \left( \frac{25,7}{360} \right)^p = 0,81 \neq 0,62 \end{cases}$$

Коэффициент получился больше требуемого, следовательно коэффициент затекания требуется уменьшить. Примем настройку 1 (1/4 оборота вентиля  $\alpha=0,11$ )

$$\begin{cases} t_{\text{ср.п}} = 90 - \left( 0 + \frac{500}{2 \cdot 0,11} \right) \cdot \frac{3,6}{4,19 \cdot 98,9} = 70,2^\circ\text{C} \\ G_{\text{пр}} = 98,9 \cdot 0,11 = 10,9 \text{ кг/ час} \\ \varphi = \left( \frac{70,2 - 20}{70} \right)^{1+0,3} \cdot \left( \frac{10,9}{360} \right)^{0,015} = 0,62 \end{cases}$$

Таким образом, можно увеличить количество секций радиатора до 5, изменив настройку первого клапана на **позицию 1** (1/4 оборота).

Гидравлический расчёт однотрубной системы гораздо легче, чем двухтрубных, так как требуется рассчитывать всего один участок и не требуется определение позиции настройки клапанов.

Определение расхода теплоносителя через ветку (формула П.1):

$$G = \frac{1500 + 1800 + 2200}{4187 \cdot (90 - 70)} \cdot 3600 = 236 \text{ кг/час} = 0,069 \text{ л/с}$$

Подбор диаметров труб (по номограмме приложения 1-А)

Для расхода 0,069 л/с для трубы 16x2.0 удельные потери давления составят 420,2 Па/м. Для трубы 20x2.0 удельные потери составят 112,2 Па/м. Для системы выбирается труба 20x2.0.

Определение скорости теплоносителя (формула П.2):

$$v = \frac{236 \cdot 4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 970 \cdot 3,14 \cdot 16^2} = 0,34 \text{ м/с}$$

Определение коэффициентов местных сопротивлений

Все отопительные приборы подключаются при помощи угольников VTm.282, по два на каждый прибор: КМС=2\*3\*1,75=10,5. Секционный радиатор с количеством секций более шести КМС=1,6 КМС=3\*1,6=4,8.

Итого суммарный коэффициент местных сопротивлений равен 15,3.

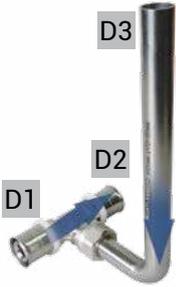
Определение потерь давления в системе (формула П.3):

Для клапана VT.225K при  $X_p=S-2$   $K_v=1,6$  м<sup>3</sup>/час.

$$\Delta P = 3 \cdot \left( \frac{236}{1,6 \cdot 970} \right)^2 \cdot 10^5 + (112,2 \cdot 35,6) + \left( 15,3 \cdot \frac{0,34^2 \cdot 970}{2} \right) = 11\,789 \text{ Па}$$

В качестве расчётных потерь давления принимаются 11 789 Па или 11,8 кПа.

Марка	Эскиз	Описание	Размер D1-D3-D2	КМС
VTm.282		Приточный тройник на проход (D1-D2)	16-15-16*	1,36
			16-15-20*	1,48
			20-15-16**	6,73
			20-15-20**	1,21
VTm.282		Вытяжной тройник на проход (D1-D2)	16-15-16*	3,45
			16-15-20*	3,55
			20-15-16**	7,8
			20-15-20**	3,3
VTm.282		Приточный тройник на ответвление (D1-D3)	16-15-16*	4,11
			16-15-20*	2,49
			20-15-16**	2,39
			20-15-20**	3,96
VTm.282		Вытяжной тройник на ответвление (D3-D2)	16-15-16*	2,43
			16-15-20*	2,28
			20-15-16**	12,7
			20-15-20**	3,3
VTm.281		Угольник (любое направление потока)	16*	1,9
			20**	1,75

Марка	Эскиз	Описание	Размер D1-D3-D2	KMC
VTm.233.I +VTi.960		Приточный тройник на проход (D1-D2)	16-15-16*	1,38
			16-15-20*	1,44
			20-15-16**	6,75
			20-15-20**	1,17
VTm.233.I +VTi.960		Вытяжной тройник на проход (D1-D2)	16-15-16*	3,48
			16-15-20*	3,51
			20-15-16**	7,83
			20-15-20**	3,26
VTm.233.I +VTi.960		Приточный тройник на ответвление (D1-D3)	16-15-16*	4,14
			16-15-20*	2,45
			20-15-16**	2,42
			20-15-20**	3,93
VTm.233.I +VTi.960		Вытяжной тройник на ответвление (D3-D2)	16-15-16*	2,46
			16-15-20*	2,24
			20-15-16**	12,73
			20-15-20**	3,26
VTm.253.I +VTi.960		Угольник (любое направление потока)	16*	1,93
			20**	1,71

\* Коэффициенты местного сопротивления отнесены к внутреннему сечению трубопровода 16x2мм.

\*\* Коэффициенты местного сопротивления отнесены к внутреннему сечению трубопровода 20x2мм.

## Гидравлические характеристики радиаторного узла VT.225K -100%

Позиция на- стройки	Обороты вентиля	Kvs; м <sup>3</sup> /час термостата при Xp=S-1	Kvs; м <sup>3</sup> /час термостата при Xp=S-2	Kvs; м <sup>3</sup> /час термостата при Xp=max
1	1/4	0,12	0,12	0,13
2	1/2	0,19	0,21	0,22
3	3/4	0,27	0,36	0,40
4	1	0,31	0,46	0,57
5	1 1/4	0,32	0,50	0,66
6	1 1/2	0,33	0,54	0,75
7	2	0,34	0,57	0,85
8	2 1/2	0,34	0,59	0,90
9	max	0,34	0,60	0,96

Xp – это зона работы термостатического клапана, характеризующая отклонение температуры воздуха от температуры полного закрытия клапана. Например, если указан коэффициент Kv при Xp=S-2, то термозлемент установлен в такое положение, что при температуре воздуха 22 °С он полностью перекрывает поток.

Таким образом, данный коэффициент будет соответствовать положению клапана при температуре окружающего воздуха 20 °С. Температура в помещении будет колебаться в пределах от 20 до 22 °С. Данный показатель влияет на точность поддержания температуры внутреннего воздуха. При расчёте при Xp=S-1 точность поддержания температуры внутреннего воздуха будет равна +/- 0,5 °С. При расчёте при

Xp=2 – точность составит +/-1 °С. Положение Xp=max отражает характеристики клапана без термоголовки (Kvs).

При расчёте жилых зданий, согласно **таблице 1** ГОСТ 30494- 2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях», в холодный период года в жилой комнате оптимальные диапазон температур должен находиться в пределах от 20 °С до 22 °С, то есть, точность поддержания температуры в жилых помещениях зданий должна быть +/-1 °С.

Таким образом, для расчёта жилых зданий требуется выбор значений пропускной способности при Xp=S-2.

Kvs; м <sup>3</sup> /час при K=1	0,36
Kvs; м <sup>3</sup> /час при K=2	0,65
Kvs; м <sup>3</sup> /час при K=max	1,25



Позиция	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Обороты вентиля	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3	3 1/2	4	max
Kv; м <sup>3</sup> /час	0,14	0,2	0,31	0,43	0,60	0,79	1,00	1,20	1,35



Позиция	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Обороты	1	1 1/2	1 1/4	1 3/4	2	2 1/4	3	3 1/2	5	6 1/2	7	7 1/2	8	max
Kv; м <sup>3</sup> /час	0,08	0,11	0,21	0,31	0,37	0,52	0,78	1,03	1,3	1,58	1,82	2,08	2,34	2,6



Позиция настройки		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Обороты вентиля		1/4	1/2	3/4	1	1 1/4	1' 1/2	2	2 1/2	4
Параметры при $X_p=S-1$	$K_v$ ; м <sup>3</sup> /час	1,12	1,19	1,27	1,31	1,32	1,33	1,34	1,34	1,34
	$\alpha$	0,11	0,16	0,21	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25
Параметры при $X_p=S-2$	$K_v$ ; м <sup>3</sup> /час	1,13	1,21	1,36	1,46	1,5	1,54	1,57	1,59	1,6
	$\alpha$	0,11	0,17	0,26	0,31	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38
Параметры при $X_p=\max$	$K_v$ ; м <sup>3</sup> /час	1,13	1,22	1,4	1,57	1,67	1,75	1,85	1,9	1,96
	$\alpha$	0,11	0,18	0,29	0,36	0,4	0,43	0,46	0,48	0,49





