

Предисловие

Внедрение систем отопления с принудительной циркуляцией в зданиях наряду с повышением условий температурного комфорта и выигрышем в уюте вызвало также проблемы, связанные с увеличением количества отопительных приборов.

Трудность состояла в том, что в квартирах, наиболее удаленных от теплоцентрали, было слишком холодно, в то время как в квартирах, расположенных вблизи ТЭЦ, часто было слишком тепло. Вода в трубопроводах движется по пути наименьшего сопротивления, поэтому на участках вблизи насосов расход теплоносителя гораздо больше, чем расход, протекающий через удаленные участки, при одинаковых диаметрах трубопроводов.

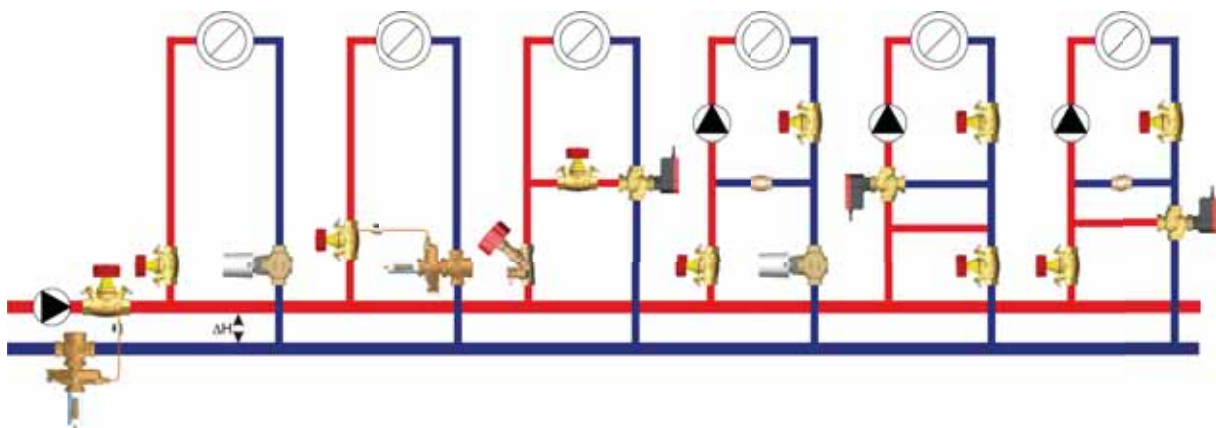
Встал вопрос, возможно ли искусственно вмонтированными сопротивлениями, с большими значениями коэффициентов местных сопротивлений вблизи насоса и уменьшающимися по мере удаления от него, изменить количество протекающей воды таким образом, чтобы на любом расстоянии от насоса существовал бы один и тот же расход тепло-

носителя для равных потребителей. И тогда родилась идея гидравлической настройки.

В 70-х г.г. во времена энергетического кризиса было признано, что энергию можно экономить при помощи регулировочных клапанов, посредством гидравлической настройки которых средние температуры в зданиях могут быть снижены, хотя это происходит в одной цепочке с повышением условий температурного комфорта отапливаемого здания.

Главная цель регулирования теплопотребления состоит в том, чтобы расходы теплоносителей на всех устройствах потребления тепла были оптимальными. При этом перепад давлений во всех контурах разветвленной системы должен быть близок к постоянному. Возможны различные варианты подключения систем потребления тепла к системе теплоснабжения и правильный выбор зависит от многих факторов.

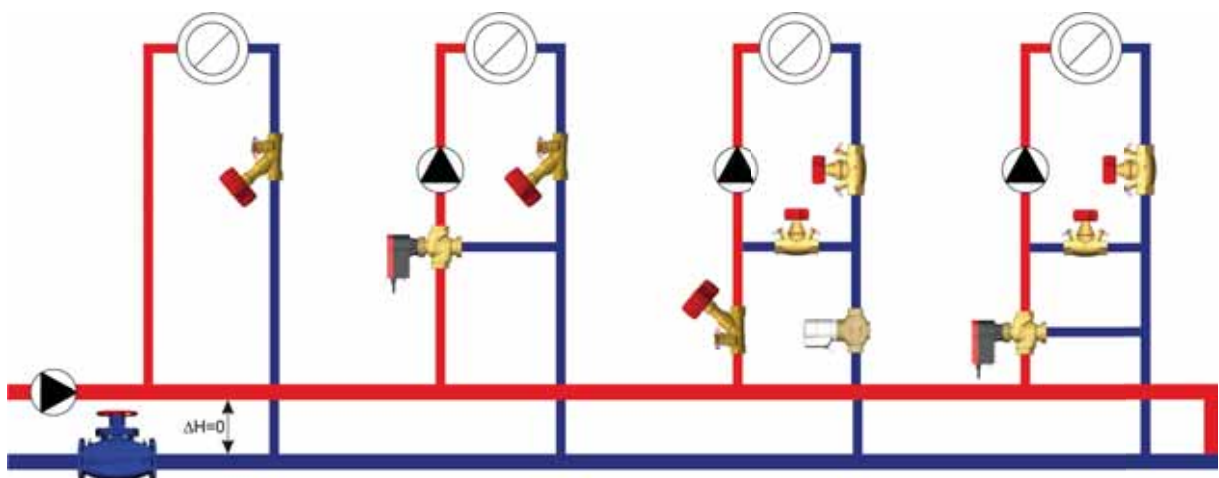
Цель данной брошюры – пояснить важнейшие принципиальные схемы и привести примеры их расчетов.



Система с автоматическим регулированием и дроссельной схемой, регулятором перепада давления, схемой с байпасом, схемой инжекторного регулирования с проходным клапаном, схемой двойного подмешивания с трехходовым клапаном на подающем трубопроводе, схемой инжекторного регулирования с трехходовым клапаном (слева направо).

Содержание

Гидравлика в системах отопления, охлаждения, вентиляции и водоснабжения	1
<i>Предисловие</i>	2
<i>Содержание</i>	3
<i>Введение</i>	4
<i>Используемые обозначения</i>	4
Основные типы гидравлического контура	5
<i>Обзор схем</i>	5
<i>Таблица быстрого подбора схем</i>	6
<i>Гидравлические схемы для подключений, зависящих от перепада давления в системах отопления</i>	7
Дроссельная схема	7
Пример определения параметров	8
Схема с байпасом (перепускное регулирование)	9
Пример определения параметров схемы	10
Схема инжекторного регулирования с проходным клапаном	11
Пример определения параметров схемы	11
Схема инжекторного регулирования с трехходовым клапаном	12
Пример определения параметров схемы	13
<i>Гидравлические схемы для подключений, независимых от перепада давления в системах отопления</i>	14
Схема подмешивания	14
Пример определения параметров схемы подмешивания	15
Схема двойного подмешивания	15
Пример расчета для смесительной схемы с трехходовым клапаном и фиксированным байпасом	16
Список литературы и иллюстраций	18



Система со статическим регулированием и балансировочным клапаном, схемой с байпасом, схемой инжекторного регулирования с проходным клапаном, схемой двойного подмешивания.

Введение

Проектирование системы в соответствии с законами гидравлики является важнейшим условием работы данной системы. При невыполнении этого условия все возникающие в дальнейшем проблемы заранее запрограммированы еще на стадии планирования.

При выборе гидравлических схем необходимо обратить особое внимание не только на работу отдельного контура, но также на взаимодействие с другими существующими в системе контурами и их взаимное влияние. Возможны различные варианты подключения систем потребления тепла к системе теплоснабжения. Выбор правильного варианта зависит от множества факторов. В том числе к ним относится использование соответствующей системы, а также источника энергии, который необходим для теплоснабжения. В брошюре представлены самые важные

принципиальные схемы, их недостатки и преимущества. В основном в трубопроводной сети различают 3 зоны - источник тепла, распределитель и потребитель.

Если в распределительной сети между подающим и обратным трубопроводами имеется перепад давления, то применяются подключения, поддерживающие этот перепад. В распределителях с гидравлической развязкой с помощью буферного накопителя или гидравлической стрелки, перепада давления нет, речь идет о безнапорном распределителе. Здесь применяются системы подключения без перепада давления. Безнапорные распределители используются, в основном, в небольших системах отопления. Следует отметить, что каждый потребитель должен иметь свой собственный насос.

Используемые обозначения

Для всех схем приняты следующие обозначения:

Δp_L	Потери давления на потребителе [кПа]
Δp_v	Потери давления на регулирующем клапане [кПа]
Δp_{SRV}	Потери давления на балансировочном клапане [кПа]
Δp_{ab}	Потери давления на запорном клапане [кПа]
Δp_{Schmu}	Потери давления на фильтре-грязевике [кПа]
q_p	Объемный расход в сети [л/ч]
q_s	Объемный расход при потреблении [л/ч]
t_v	Температура теплоносителя в подающем трубопроводе контура потребителя [°C]
t_r	Температура теплоносителя в обратном трубопроводе контура центрального теплоснабжения [°C]

ΔH Перепад давления на распределителе [кПа]

Δp_{mv} Перепад давления на участке с переменным расходом теплоносителя [кПа]

При использовании нескольких элементов одного и того же вида проводится их индексация.

Примечание:

При расчете гидравлических схем учитываются только потери напора на арматуре (регулирующие и балансировочные клапаны). Потерями напора в трубопроводах, из-за их незначительной длины, пренебрегают.

$$a = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_{mv} + \Delta p_v}$$

Основные типы гидравлического контура

Обзор схем

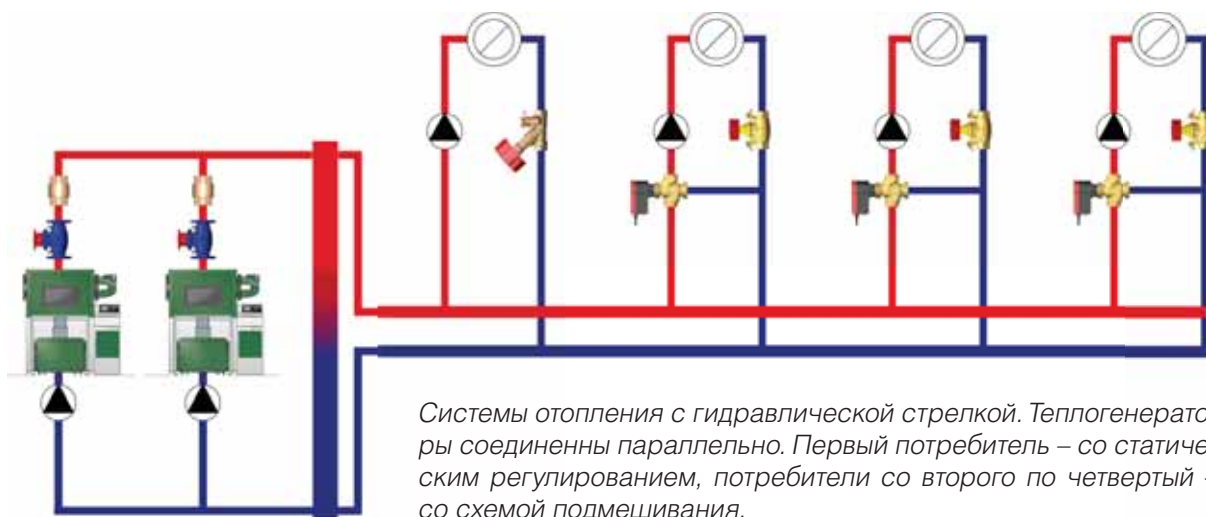
Схема регулирования		Первичный контур		Вторичный контур		Особенности
		Температура воды в трубопроводе	Расход	Температура воды в трубопроводе	Расход	
Распределитель с перепадом давления	Дроссельная схема	Постоянная	Переменный	Постоянная	Переменный	Под влиянием других потребителей
	Схема с байпасом (перепускное регулирование)	Постоянная	Постоянный	Переменная	Переменный	Не подвержено влиянию других потребителей
	Схема инжекторного регулирования с проходным клапаном	Постоянная	Переменный	Переменная	Постоянный	Возможность комбинирования напольного и радиаторного отопления
	Схема инжекторного регулирования с трехходовым клапаном	Переменная	Постоянный	Переменная	Постоянный	На клапане всегда температура теплоносителя от центрального теплоснабжения, хорошая регулирующая способность
Безнапорный распределитель	Схема подмешивания	Постоянная	Переменный	Переменная	Переменный	На клапане всегда температура теплоносителя от центрального теплоснабжения, хорошая регулирующая способность
	Схема двойного подмешивания	Постоянная	Постоянный	Переменная	Постоянный	Возможность комбинирования напольного и радиаторного отопления

Таблица 1: Обзор схем

Таблица быстрого подбора схем

Схема регулирования Вариант применения	Распределитель с перепадом давления				Безнапорный распределитель	
	Дроссельная схема	Схема с байпасом (перепускное регулирование)	Схема инжекторного регулирования с проходным клапаном	Схема инжекторного регулирования с трехходовым клапаном	Схема подмешивания простого	Схема подмешивания двойного
Централизованное теплоснабжение	♥					
Топочные устройства	♥					
Радиаторные системы			♥	♥	♥	
Напольное отопление			♥			
Комбинирование напольного отопления и отопления радиаторами			♥	♥		♥
Воздушное отопление	♥	♥	♥	♥	♥	
Система охлаждения	♥	♥		♥	♥	
Зонное регулирование	♥	♥				

Рис. 1: Варианты применения схем



Гидравлические схемы для подключений, зависящих от перепада давления в системах отопления

Различные принципиальные схемы предполагают достаточный перепад давления в сетевом контуре. Чтобы правильно установить регулировочный клапан, перепад давления должен быть заранее известен, в противном случае регулировочный клапан будет установлен неверно.

Подлежат рассмотрению четыре типа подобных принципиальных схем: дроссельная схема, схема с байпасом (перепускное регулирование), схема инжекторного регулирования с проходным клапаном, схема инжекторного регулирования с трехходовым клапаном.

Дроссельная схема

При данной гидравлической схеме регулирование производится с помощью дросселирования потока. В этом случае регулировочные клапаны берут на себя задачу управления потоками в контуре управления, например, путем воздействия на тепловые характеристики теплоносителя.

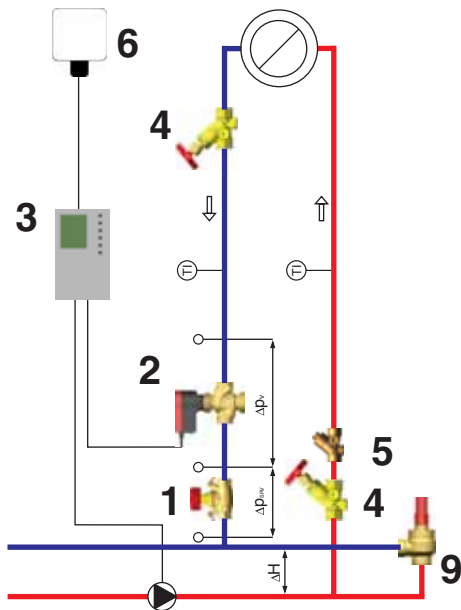


Рис. 2: Дроссельная схема

№	Название	Артикульный номер				
1	Балансировочный клапан	4217	4117	4017	4218	
2	Регулировочный клапан с приводом	4037 7712	2117 7712	F4035 F7712		
3	Электронный регулятор температуры	7793	F7793			
4	Запорный клапан	4115	4112	4113	4215	4125 4218
5	Фильтр-грязевик	4111				
6	Датчик температуры	7793	F7793			
7	Перепускной клапан	4004				

Таблица 2: Дроссельная схема

Признаки: Переменный расход воды в сети и у потребителя. Температура теплоснабжения – постоянная (в зависимости от температуры центрального отопления), потребляющих устройств – постоянная. Регулирование мощности осуществляется посредством изменения расхода теплоносителя.

Преимущества: Получается высокий напор, поэтому данная схема пригодна для топочных устройств и для централизованного теплоснабжения.

Недостатки: При наличии в сети трубопроводов нескольких дроссельных схем вследствие изменения хода смещается рабочая точка насоса. Возникающее изменение разностного давления влияет на отдельные потребляющие устройства.

Балансировочный клапан на обратной линии служит для стабилизации разностного давления и для ограничения расхода воды. Таким образом гарантируется безопасность системы без какого-либо вмешательства. Дроссельная схема находит свое применение везде, где требуются низкие температуры обратной линии и переменные объемные потоки. Тепловая характеристика отличается снижающимися температурами обратной линии при снижающейся нагрузке.

В данном случае возможны следующие варианты применения:

- при распределении тепла от теплоцентралей;
- при привязке к буферному накопителю, а также;
- при привязке сети потребления к топочным устройствам;

Дополнительные виды применения:


- зонное регулирование в радиаторных системах отопления и в системах напольного отопления с регулированием температуры подающего трубопровода по наружной температуре, далее –
- для малых подогревателей и воздухоохладителей всех размеров.

Пример расчёта параметров:

Q = 70 кВт
 $t_v = 90\text{ }^\circ\text{C}$
 $t_R = 50\text{ }^\circ\text{C}$
 $\Delta p_L = 10\text{ кПа}$
 $\Delta H = 30\text{ кПа}$

$$q_s = 3600 \cdot \frac{Q}{c \cdot (t_v - t_R)} =$$

$$= 3600 \cdot \frac{70}{4,19 \cdot (90 - 50)} = 1504\text{ л/ч}$$

 Размер трубы зависит от ее материала и соответствующих потерь давления в трубе.

Условие 1:

$\Delta p_v \geq \Delta p_L$ (Потеря давления на регулировочном клапане должна быть больше или равна потере давления у потребителя).

Этап 1:

Расчет минимального имеющегося разностного давления:

Условие 2:

$\Delta H \geq \Delta H_{\min}$ (имеющееся разностное давление в распределителе должно быть больше минимально необходимого разностного давления или равно ему).

$$\Delta H_{\min} = \Delta p_{v,\min} + \Delta p_L + \Delta p_{SRV} + \Delta p_{Ab} + \Delta p_{Schmu}$$

 Δp_{SRV} минимально 3 кПа

Для расчета, потерями давления на запорном клапане пренебрегаем (артикул 4115), а на фильтре-грязевике (с размером ячеек сетки по артикулу 4111) были использованы значения k_{v_s} для размера DN 25.

$$\Delta H_{\min} = 10 + 10 + 3 + 0,7 + 1,2 = 24,9\text{ [кПа]}$$

Так как $\Delta H = 30\text{ кПа}$, то условие 2 выполнено.

Этап 2:

Расчет теоретического значения k_v регулировочного клапана: ($\Delta p_{v,\min} = 10\text{ кПа}$):

$$k_{v,theo} = \frac{q_s}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{v,\min}}} = \frac{1504}{100 \cdot \sqrt{10}} = 4,75$$

Этап 3:

Выбираем регулировочный клапан. Подходящими клапанами являются клапан артикула 4037 DN 15 со значением $k_{v_s} = 4,0$ и клапан DN 20 со значением $k_{v_s} = 6,3$. Как правило исходят из того, что выбираются более низкие значения k_{v_s} , с тем чтобы достичь необходимую величину потери давления.

при $k_{v_s} = 6,3$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_s}{100 \cdot K_{v_s}} \right)^2 = \left(\frac{1504}{100 \cdot 6,3} \right)^2 = 5,7\text{ кПа}$$

Условие 1 **не выполнено!**

при $k_{v_s} = 4,0$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_s}{100 \cdot K_{v_s}} \right)^2 = \left(\frac{1504}{100 \cdot 4,0} \right)^2 = 14,1\text{ кПа}$$

Условие 1 **выполнено!**

Регулировочный клапан имеет значение k_{v_s} , равное 4,0, и размер DN 15.

Регулирующая способность (авторитет) клапана составляет:

$$a = \frac{\Delta p_v}{\Delta H} = \frac{14,1}{30} = 0,47$$

Регулирующая способность (авторитет) клапана должна составлять от 0,35 до 0,75, но не должно быть ниже 0,25, иначе система будет нестабильной.

Этап 4:

Расчет параметров балансировочного клапана в подающем трубопроводе.

Определение значения снижаемого перепада давления:

$$\Delta p_{SRV} = \Delta H - (\Delta p_v + \Delta p_L) =$$

$$= 30 - (14,1 + 10) = 5,9\text{ кПа}$$

Определение значения k_v :

$$k_{v,SRV} = \frac{q_s}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{SRV}}} = \frac{1504}{100 \cdot \sqrt{5,9}} = 6,2$$

Для балансировочного клапана с прямым шпинделем артикула 4217 размер DN 15 значение предварительной настройки равно 3,3.

Схема с байпасом (перепускное регулирование)

Данная схема является разновидностью дроссельной схемы.

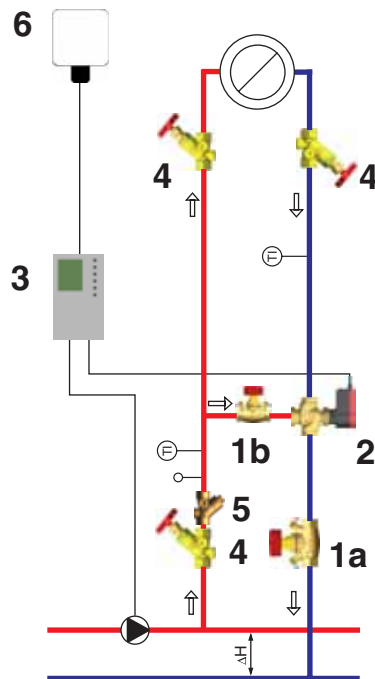


Рис. 3: Схема с байпасом

№	Название	Артикулный номер					
		4217	4117	4017	4218		
1	Балансировочный клапан	4217	4117	4017	4218		
2	Смесительный клапан с приводом	4037 7712	2117 7712	F4037 F7712			
3	Электронный регулятор температуры	7793	F7793				
4	Запорный клапан	4115	4112	4113	4215	4125	4218
5	Фильтр-грязевик	4111	2662				
6	Датчик температуры	7793	F7793				

Таблица 3: Схема с байпасом

Признаки: Расход воды со стороны центрального теплоснабжения постоянный, со стороны потребителя - переменный. Температура теплоносителя от центрального теплоснабжения – постоянная (в зависимости от температуры центрального отопления), потребляющих устройств - постоянная. Регулирование мощности осуществляется посредством изменения расхода теплоносителя.

Применение: Калориферные регистры, регистры охлаждения, зонное регулирование.

Преимущества: Постоянство расхода сетевой воды позволяет отказаться от устройств регулирования мощности насоса. Перепад давления не изменяется, отдельные потребляющие устройства не оказывают влияния друг на друга

Недостатки: Температура на потребляющих устройствах всегда соответствует температуре централизованного теплоснабжения.

Гидравлическое преимущество данной схемы заключается в постоянном количестве теплоносителя в контуре отопления, что позволяет отказаться от устройств регулирования мощности насоса.

Регулирующая способность клапана (авторитет) зависит только от нагрузки, это означает, что установка трехходового клапана осуществляется независимо от распределительной сети, так как не следует опасаться никаких перепутываний. Недостаток схемы с байпасом состоит в том, что потребляющие устройства всегда получают максимальную температуру подающего контура и поэтому нельзя использовать отдельные температурные уровни систем теплоснабжения и потребления. Кроме того, монтаж не пригоден для буферных накопителей, топочных установок и централизованного теплоснабжения, так как в режиме частичной нагрузки теплая среда подающей линии всегда подмешивается к обратной линии и таким образом температура обратной линии повышается.


Быстрый доступ к горячей среде центрального теплоснабжения является для потребляющих устройств большим преимуществом с точки зрения технического регулирования. Эксплуатация источников энергии, генераторов тепла и холода с постоянным потоком имеет, кроме того, преимущество в регулировании и, частично, эксплуатационно-техническое преимущество. Рассматривая с точки зрения энергетики, постоянство потока вносит, однако, в первичный контур также недостаток, так как невозможна экономия на работе насоса.

Пример расчёта параметров:

$Q = 40 \text{ кВт}$
 $t_v = 6 \text{ °C}$
 $t_R = 12 \text{ °C}$
 $\Delta p_L = 25 \text{ кПа}$
 $\Delta H = 70 \text{ кПа}$

$$q_s = 3600 \cdot \frac{Q}{c \cdot (t_v - t_R)} =$$

$$= 3600 \cdot \frac{40}{4,19 \cdot (12 - 6)} \cong 5730 \text{ л/ч}$$

 Размер трубы зависит от ее материала и соответствующих потерь давления в трубе.

Условие 1:

$\Delta p_v \geq \Delta p_L$ (Падение давления на регулировочном клапане должно быть больше или равно падению давления на потребителе).

Этап 1:

Расчёт минимального значения перепада давления:

Условие 2:

$\Delta H \geq \Delta H_{\min}$ (имеющееся разностное давление в распределителе должно быть больше минимально необходимого разностного давления или равно ему).

$$\Delta H_{\min} = \Delta p_{v,\min} + \Delta p_L + \Delta p_{SRV} + \Delta p_{Schmu}$$

 Δp_{SRV} минимально 3 кПа

Для расчета, потерями давления на запорном клапане пренебрегаем (артикул 4115), а на фильтре-грязевике (с размером ячеек сетки по артикулу 4111) были использованы значения kvs для размера DN 40.

$$\Delta H_{\min} = 25 + 25 + 3 + 0,8 = 53,8 \text{ [кПа]}$$

Так как $\Delta H = 70 \text{ кПа}$, то условие 2 выполнено.

Этап 2:

Расчет теоретического значения k_v смесительного клапана ($\Delta p_{v,\min} = 25 \text{ кПа}$):

$$k_{v,\text{theo}} = \frac{q_s}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{v,\min}}} = \frac{5730}{100 \cdot \sqrt{25}} = 11,46$$

Этап 3:

Выбираем значение k_v конструктивного ряда клапанов. Подходящими клапанами являются клапан артикула 4037 DN 25 со значением k_{v_s} 10,0 и клапан DN 32 со значением k_{v_s} 16. Как правило, исходят из того, что выбираются более низкие значения k_{v_s} , с тем чтобы достичь необходимую потерю давления.

при $k_{v_s} = 16$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_s}{100 \cdot K_{v_s}} \right)^2 = \left(\frac{5730}{100 \cdot 16} \right)^2 = 12,82 \text{ кПа}$$

условие 1 **не выполнено!**

при $k_{v_s} = 10$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_s}{100 \cdot K_{v_s}} \right)^2 = \left(\frac{5730}{100 \cdot 10} \right)^2 = 32,8 \text{ кПа}$$

условие 1 **выполнено!**

Регулировочный клапан имеет значение k_{v_s} , равное 10,0, и размер DN 25.

Регулирующая способность (авторитет) клапана составляет:

$$a = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_L + \Delta p_v} = \frac{32,8}{25 + 32,8} = 0,57$$

Регулирующая способность (авторитет) клапана должно составлять от 0,35 до 0,75, но не должно быть ниже 0,25, иначе система будет нестабильной.

Этап 4:

Теперь определяем параметры балансировочного клапана поз. 1а в обратном трубопроводе.

Определение значения падения давления:

Балансировочный клапан 1а должен погасить избыточное давление:

$$\Delta p_{SRV1a} = \Delta H - (\Delta p_v + \Delta p_L + \Delta p_{Schmu}) =$$

$$= 70 - (32,8 + 25 + 0,8) = 11,4 \text{ кПа}$$

Определение значения kv:

$$k_{v,SRV1a} = \frac{q_s}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{SRV1a}}} = \frac{5730}{100 \cdot \sqrt{11,4}} = 17,0$$

Для клапана с прямым шпинделем артикула 4217 размером DN 40 значение предварительной настройки равно 4,8.

Этап 5:

Определение параметров клапана байпаса:

Если потребляющие устройства не потребляют тепло, то должна существовать возможность направить весь массовый поток через клапан байпаса.

Условие 3:

$$\Delta p_{SRV2} = \Delta p_L$$

Условие 4:

$$Q_{\text{Bypass}} = q_s$$

Исходя из этих условий значение kv клапана в байпасной линии может быть определено как:

$$k_{v,SRV1b} = \frac{q_{\text{Bypass}}}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{SRV1b}}} = \frac{5730}{100 \cdot \sqrt{25}} = 11,46$$

Для клапана с прямым шпинделем артикула 4217 и размером DN 40 значение предварительной настройки равно 4,0.

Схема инжекторного регулирования с проходным клапаном

В этой схеме количество воды, циркулирующей в системе потребителя, в отличие от дроссельной схемы, остаётся постоянным.

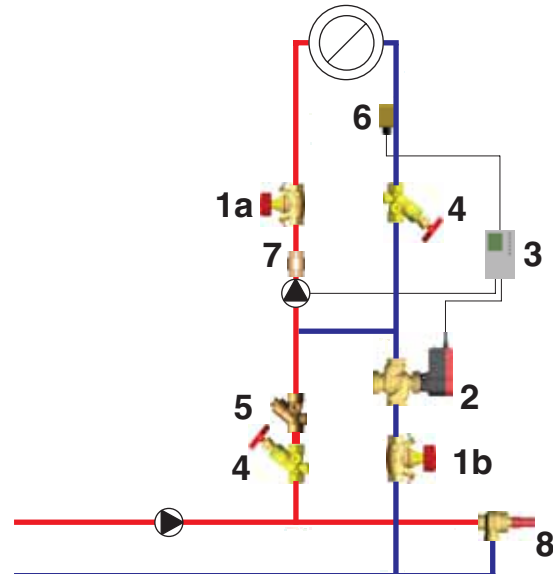


Рис. 4: Схема инжекторного регулирования с проходным клапаном

№	Название	Артикульный номер					
1	Балансировочный клапан	4217	4117	4017	4218		
2	Регулировочный клапан с приводом	4037 7712	2117 7712	F4035 F7712	F4037 F7712		
3	Электронный регулятор температуры	7793	F7793				
4	Запорный клапан	4115	4112	4113	4215	4125	4218
5	Фильтр-грязевик	4111					
6	Накладной температурный датчик	7793	F7793				
7	Обратный клапан	2622					
8	Перепускной клапан	4004					

Таблица 4: Схема инжекторного регулирования с проходным клапаном

Признаки: Расход воды со стороны центрального теплоснабжения переменный, со стороны потребителя - постоянный. Температура на потребляющем устройстве переменная.

Применение: Радиаторные системы, напольное отопление, калориферные регистры, низкотемпературное отопление.


Преимущества: Пригодна для систем с низкой температурой обратной линии (централизованное теплоснабжение, топочные устройства), возможны различные уровни температур со стороны центрального теплоснабжения и со стороны потребляющих устройств (например, 45 °С и 90 °С).

Недостатки: Для определения параметров регулировочного клапана должен быть известен перепад давления, для предварительно нагреваемых регистров при длинных трубопроводах присутствует опасность замерзания.

Пример расчёта параметров:

$Q = 25 \text{ кВт}$
 $t_v = 45 \text{ °С}$
 $t_R = 35 \text{ °С}$
 $\Delta H = 25 \text{ кПа}$
 $\Delta t_{\text{primär}} = 70 \text{ °С}$

$$q_p = 3600 \cdot \frac{Q}{c \cdot (t_p - t_R)} = 3600 \cdot \frac{25}{4,19 \cdot (70 - 35)} = 614 \text{ л/ч}$$

 Размер трубы зависит от ее материала и соответствующих потерь давления в трубе, данные берутся из расчета:

$$q_s = 3600 \cdot \frac{Q}{c \cdot (t_v - t_R)} = 3600 \cdot \frac{25}{4,19 \cdot (45 - 35)} = 2148 \text{ л/ч}$$

Размер трубы зависит от ее материала и от допустимого трения в трубе, данные принимаются из расчетной линии.

Условие 1:

$\Delta p_v \geq \Delta H$ (Падение давления на регулировочном клапане должно быть больше перепада давления в распределителе или равно ему).

Этап 1:

Расчет теоретического значения k_v регулировочного клапана: ($\Delta p_{v,\text{min}} = 25 \text{ кПа}$)

$$k_{v,\text{theo}} = \frac{q_s}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{v,\text{min}}}} = \frac{614}{100 \cdot \sqrt{25}} = 1,2$$

Этап 2:

Выбор величины k_{v_s} из конструктивного ряда клапанов. Подходящими клапанами ряда 7762 являются клапан DN 10 со значением k_{v_s} , равным 1,0 или 1,6. Здесь может быть выбрано большее значение. Остаточный перепад давления снижается при помощи балансировочного клапана 2.

при $k_{v_s} = 1,6$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_p}{100 \cdot K_{v_s}} \right)^2 = \left(\frac{614}{100 \cdot 1,6} \right)^2 = 14,7 \text{ кПа}$$

Регулировочный клапан имеет значение k_{v_s} , равным 1,2 и размер DN 10.

Регулирующая способность клапана (авторитет) составляет:

$$a = \frac{\Delta p_v}{\Delta H} = \frac{14,7}{25} = 0,59$$

Регулирующая способность клапана (авторитет) должна составлять от 0,35 до 0,75, но не должно быть ниже 0,25, иначе система будет нестабильной.

Этап 3:

Расчет параметров балансировочного клапана поз. 1а установленного в подающем контуре.

Определение значения падения давления:

$$\Delta p_{\text{SRV1a}} = \Delta H - \Delta p_v = 25 - 14,7 = 10,3 \text{ кПа}$$

Определение значения k_v :

$$k_{v,\text{SRV1a}} = \frac{q_p}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{\text{SRV1a}}}} = \frac{614}{100 \cdot \sqrt{10,3}} = 1,9$$

Требуемые 10,3 кПа снижаются при помощи балансировочного клапана.

Для клапана с прямым шпинделем артикула 4217 размера DN 15 значение предварительной настройки равно 2,9.

Этап 4:

Расчет параметров балансировочного клапана поз. 1b, установленного в контуре потребителя. Балансировочный клапан поз. 1b выбирается исходя из потери давления на нём 3 кПа.

$$k_{v,SRV1b} = \frac{q_s}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{SRV1b}}} = \frac{2148}{100 \cdot \sqrt{3}} = 12,4$$

Для клапана с прямым шпинделем артикула 4217 и размером DN 32 значение предварительной настройки равно 4,3.

Схема инжекторного регулирования с трехходовым клапаном

В этом гидравлической схеме потоки как в сети, так и у потребителя постоянны.

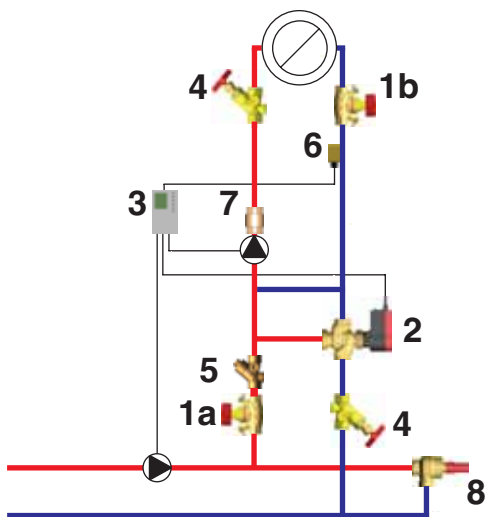


Рис. 5: Схема инжекторного регулирования с трехходовым клапаном

№	Название	Артикульный номер					
1	Балансировочный клапан	4217	4117	4017	4218		
2	Смесительный клапан с приводом	4037 7712	2117 7712	F4037 F7712			
3	Электронный регулятор температуры	7793	F7793				
4	Запорный клапан	4115	4112	4113	4215	4125	4218
5	Фильтр-грязевик	4111					
6	Накладной температурный датчик	7793	F7793				
7	Обратный клапан	2622					
8	Перепускной клапан	4004					

Таблица 5: Схема инжекторного регулирования с трехходовым клапаном

Признаки: Постоянный расход воды в сети и у потребителя. Температура на потребляющем устройстве переменная.

Применение: Радиаторные системы, низкотемпературное отопление с примерно одинаковыми температурами в сети и на потребляющих устройствах, воздушное отопление, при неизвестных значениях перепада давления.

Преимущества: Вследствие постоянного объема потока со стороны потребления предоставляется достаточная возможность регулирования.


Недостатки: Температура в контуре центрального теплоснабжения и потребления должна быть одинаковой. Не может быть использована для подключения низкотемпературного отопления (например, 45 °C до 90 °C).

Преимущества этой схемы заключается в незначительном или полном отсутствии времени запаздывания, в связи с тем, что горячая вода постоянно находится на клапане. Эта характеристика необходима при монтаже отопительных приборов, в случаях, когда необходимо задействование большого количества энергии. Кроме того, уже упоминавшееся преимущество приближения величины регулирующей способности (авторитет) клапана, к 1, так как на переменном участке сопротивление почти отсутствует. При этой схеме также возможно установление различных температур в системах отопления и потребления.

Пример расчёта параметров:

Q = 90 кВт
 $t_v = 75 \text{ }^\circ\text{C}$
 $t_R = 55 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\Delta H = 40 \text{ кПа}$
 $T_{\text{primär}} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$

$$q_p = 3600 \cdot \frac{Q}{c \cdot (t_p - t_R)} = 3600 \cdot \frac{90}{4,19 \cdot (90 - 55)} = 2209 \text{ л/ч}$$

 Размер трубы зависит от ее материала и соответствующих потерь давления в трубе, данные принимаются из расчетов.

$$q_s = 3600 \cdot \frac{Q}{c \cdot (t_v - t_R)} =$$
$$= 3600 \cdot \frac{90}{4,19 \cdot (75 - 55)} = 3866 \text{ л/ч}$$

Условие 1:
 $\Delta p_v > 3 \text{ кПа}$

Этап 1:
Расчет теоретического значения k_v смесительного клапана:

$$k_{v,theo} = \frac{q_s}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{v,min}}} = \frac{3866}{100 \cdot \sqrt{3}} = 22,3$$

Этап 2:
Выбор значения k_{v_s} из конструктивного ряда клапанов. Подходящими клапанами ряда 4037 являются клапан DN 32 со значением k_{v_s} , равным 16, и клапан DN 40 со значением k_{v_s} , равным 25.

при $k_{v_s} = 25$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_s}{100 \cdot K_{v_s}} \right)^2 = \left(\frac{3866}{100 \cdot 25} \right)^2 = 2,4 \text{ кПа}$$

при $k_{v_s} = 16$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_s}{100 \cdot K_{v_s}} \right)^2 = \left(\frac{3866}{100 \cdot 16} \right)^2 = 5,8 \text{ кПа}$$

Смесительный клапан имеет значение k_{v_s} , равное 16, и размер DN 32.

Регулирующая способность клапана (авторитет клапана) составляет:

$$a = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_v} = \frac{5,8}{5,8} = 1$$

(Линия с переменным расходом ограничивается байпасом).

Этап 3:
Рассчитываем параметры балансировочного клапана сетевого контура поз. 1а. в прямом контуре.

Определяем значение:

$$\Delta p_{SRV1a} = \Delta H - \Delta p_v = 40 - 5,8 = 34,2 \text{ кПа}$$

Определение значения k_v :

$$k_{SRV1a} = \frac{q_p}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{SRV1a}}} = \frac{3866}{100 \cdot \sqrt{34,2}} = 6,6$$

Для клапана с прямым шпинделем артикула 4217 размера DN 40 значение предварительной настройки равно 3,0.

Этап 4:
Расчет параметров балансировочного клапана поз. 1b в обратном контуре.

Балансировочный клапана поз. 1b рассчитывается с номинальным падением давления, равным 3 кПа.

$$k_{SRV1b} = \frac{q_s}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{SRV1b}}} = \frac{3866}{100 \cdot \sqrt{3}} = 22,3$$

Для клапана с прямым шпинделем 4217 и размером DN 40 значение предварительной настройки равно 5,8.

Этап 5:
Расчет через байпас.

Байпас должен быть в состоянии принять на себя все количество воды в потребительском контуре.

Гидравлические схемы для подключений, независимых от перепада давления в системах отопления

Различные регулирующие схемы не допускают перепада давления на распределителе. При использовании данных схем важно следить за тем, чтобы каждый потребитель – при малой производительности – использовал отдельный насос.

Две основные схемы относятся к гидравлическим подключениям, не предполагающим перепада давления, и включающим в себя безнапорный гидравлический распределитель.

Практика показывает, что гидравлическое распределение пригодно для топочных устройств и в система центрального теплообеспечения. При использовании гидравлического распределения, несмотря на изменения подачи теплой воды, потребление остаётся неизменным. Это позволяет обеспечить улучшенные условия для работы всей системы.

Схема подмешивания

Эта гидравлическая схема, в противоположность схеме с байпасом, работает с переменным расходом воды в сети и постоянным расходом на потребляющих устройствах. Регулирование в схеме подмешивания осуществляется при переменной температуре и постоянном расходе воды у потребителя. Эта форма гидравлических схем распространена в отопительной технике широчайшим образом, так как ее можно очень просто реализовать.

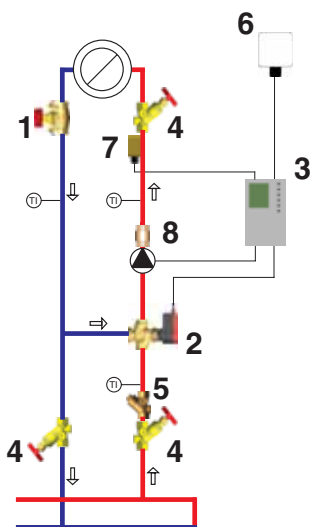


Рис. 6: Схема подмешивания

№	Название	Артикульный номер					
1	Балансировочный клапан	4217	4117	4017	4218		
2	Трехходовой клапан с приводом	4037 7712	2137 7712	F4037 F7712			
3	Электронный датчик температуры	7793	F7793				
4	Запорный клапан	4115	4112	4113	4215	4125	4218
5	Фильтр-грязевик	4111	2662				
6	Датчик температуры	7793	F7793				
7	Накладной температурный датчик	7793	F7793				
8	Обратный клапан	2622					

Таблица 6: Схема подмешивания

- Признаки:** Переменный расход воды в сети при постоянном расходе у потребителя. Температура теплоносителя со стороны центрального теплоснабжения переменная.
- Применение:** Радиаторные системы, калориферные регистры.
- Преимущества:** Вследствие постоянного расхода у потребителя возможно эффективное регулирование.
- Недостатки:** Уровни температуры в контурах подачи и потребления не должны иметь слишком больших различий, это означает, что низкотемпературную систему нельзя связать с высокотемпературной. Разностное давление со стороны центрального теплоснабжения не допускается.

Балансировочный клапан, установленный на обратном трубопроводе, служит для ограничения расхода воды.

Пример расчёта параметров:

$$\begin{aligned}
 Q &= 20 \text{ кВт} \\
 t_v &= 80 \text{ }^\circ\text{C} \\
 t_R &= 60 \text{ }^\circ\text{C} \\
 \Delta p_L &= 25 \text{ кПа}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_s &= 3600 \cdot \frac{Q}{c \cdot (t_v - t_R)} = \\
 &= 3600 \cdot \frac{20}{4,19 \cdot (80 - 60)} = 860 \text{ л/ч}
 \end{aligned}$$

⚠ Размер трубы зависит от ее материала и от допустимого трения в трубе, данные принимаются из расчетной линии.

Этап 1:

Расчет теоретического значения k_v трехходового клапана: ($\Delta p_{v,min} = 3$ кПа)

$$k_{v,theo} = \frac{q_s}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{v,min}}} = \frac{860}{100 \cdot \sqrt{3}} = 4,9$$

Этап 2:

Выбор значения k_{v_s} из конструктивного ряда клапана. Подходящими клапанами ряда артикула 4037 являются клапан DN 20 со значением k_{v_s} , равным 6,3, и клапан DN 15 со значением k_{v_s} , равным 4. Как правило, можно исходить из того, что выбирается меньшее значение k_{v_s} , чтобы достичь необходимую потерю давления.

при $k_{v_s} = 6,3$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_s}{100 \cdot K_{v_s}} \right)^2 = \left(\frac{860}{100 \cdot 6,3} \right)^2 = 1,86 \text{ кПа}$$

$\Delta p_v < 3$ кПа!

при $k_{v_s} = 4,0$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_s}{100 \cdot K_{v_s}} \right)^2 = \left(\frac{860}{100 \cdot 4,0} \right)^2 = 4,62 \text{ кПа}$$

$\Delta p_v > 3$ кПа

Регулирующий клапан имеет значение k_{v_s} , равное 4,0 и размер DN 15.

В сети потребления находятся два запорных клапана (артикул 4115) и фильтр-грязевик (артикул 4111, размер ячеек 0,75 мм).

Регулирующая способность клапана (авторитет) составляет:

$$a = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_v + 2 \cdot \Delta p_{Ab} + \Delta p_{Schmu}} = \frac{4,62}{4,62 + 2 \cdot 0,7 + 1,3} = 0,63$$

Насосом должна дополнительно возмещаться потеря давления в смешительном клапане.

Этап 3:

Расчет параметров балансировочного клапана на 3 кПа:

$$k_{v,SRV} = \frac{q_s}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{SRV}}} = \frac{860}{100 \cdot \sqrt{3}} = 4,9$$

Для балансировочного клапана (поз. 1а) с прямым шпинделем 4217 и размером DN 20 значение предварительной настройки равно 3,7.

Схема двойного подмешивания

Другая смешительная схема представлена схемой с фиксированным минимальным подмешиванием, которая применяется там, где температура воды в подающем трубопроводе контура потребителя значительно отличается от соответствующей температуры в сети. В этом случае минимальное подмешивание происходит перед балансировочным клапаном, через который проходит постоянный обратный поток, независимо от положения трёхходового клапана. Схема применяется при напольном отоплении, а также в системах с аккумуляторами тепла и при централизованном теплоснабжении.

Смешивание осуществляется с помощью трехходовых клапанов и прямого нагрева на стороне подключения к производителю.

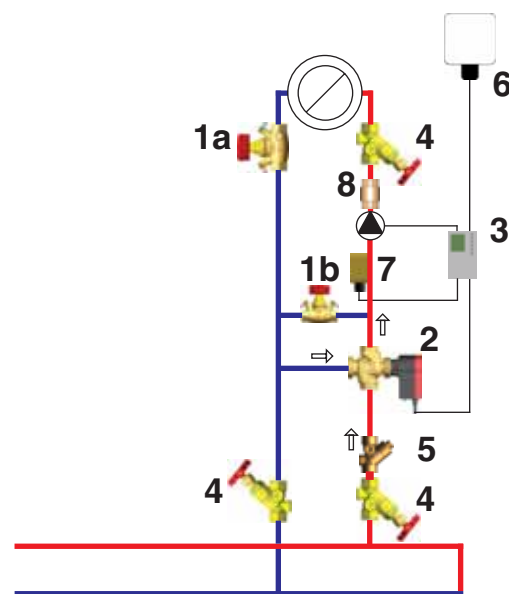


Рис. 7: Схема двойного подмешивания

№	Название	Артикульный номер					
1	Балансировочный клапан	4217	4117	4017	4218		
2	Трехходовой клапана с приводом	4037 7712	2137 7712	F4037 F7712			
3	Электронный датчик температуры	7793	F7793				
4	Запорный клапан	4115	4112	4113	4215	4125	4218
5	Фильтр-грязевик	4111	2662				
6	Датчик температуры	7793	F7793				
7	Накладной температурный датчик	7793	F7793				
8	Обратный клапан	2622					

Таблица 7: Схема двойного подмешивания

Признаки: Постоянный расход воды в сети и у потребителя. Температура на потребляющем устройстве переменная.

Применение: Низкотемпературное отопление при разных температурах в контура снабжения и потребления. Специально подходит для высокотемпературных систем напольного отопления.

Преимущества: При применении на безнапорных или малонапорных распределителях регулирующая способность клапана (клапана) почти равен 1 (то есть, хорошая возможность регулирования). Можно применять для подключения к низкотемпературному отоплению (например, 45 °C к 90 °C).


Недостатки: Температура подлючего контура центрального тепло-снабжения должна быть обязательно выше температуры подающего трубопровода потребляющих устройств. Перепад давления со стороны центрального тепло-снабжения не допускается. При применении распределителя, сохраняющего давление, обязательно применять безнапорную схему подмешивания.

Пример расчёта параметров:

Q = 40 кВт
 $t_v = 45^\circ\text{C}$
 $t_R = 35^\circ\text{C}$
 $t_p = 70^\circ\text{C}$
 $\Delta p_L = 25 \text{ кПа}$

$$q_p = 3600 \cdot \frac{Q}{c \cdot (t_p - t_R)} =$$

$$= 3600 \cdot \frac{40}{4,19 \cdot (70 - 35)} = 982 \text{ л/ч}$$

 Размер трубы зависит от ее материала и соответствующих потерь давления в трубе.

$$q_s = 3600 \cdot \frac{Q}{c \cdot (t_v - t_R)} =$$

$$= 3600 \cdot \frac{40}{4,19 \cdot (45 - 35)} = 3437 \text{ л/ч}$$

Этап 1:
 Расчет теоретического значения k_v трехходового клапана: ($\Delta p_{v,min} = 3 \text{ кПа}$):

$$k_{v,theo} = \frac{q_p}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{v,min}}} = \frac{982}{100 \cdot \sqrt{3}} = 5,7$$

Этап 2:
 Выбор значения k_{vs} из конструктивного ряда клапанов. Подходящими клапанами ряда 4037 являются клапан DN 20 со значением k_{vs} , равным 6,3 и клапан DN 15 со значением k_{vs} , равным 4. Как правило, можно исходить из того, что выбирается меньшее значение k_{vs} , чтобы достичь необходимой потери давления.

при $k_{vs} = 6,3$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_p}{100 \cdot K_{vs}} \right)^2 = \left(\frac{982}{100 \cdot 6,3} \right)^2 = 2,4 \text{ кПа}$$

$\Delta p_v < 3 \text{ кПа}$

при $kv_s = 4,0$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_p}{100 \cdot kv_s} \right)^2 = \left(\frac{982}{100 \cdot 4,0} \right)^2 = 6,0 \text{ кПа}$$

$\Delta p_v > 3 \text{ кПа!}$

Регулировочный клапан имеет значение kv_s , равное 4,0, и размер DN 15.

Регулирующая способность клапана (влияние) составляет:

$$a = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_v + \Delta p_{SRV2}} = \frac{6,0}{6,0 + 6,0} = 0,5$$

Насосом должна дополнительно возмещаться потеря давления в смесительном клапане.

Этап 3:

Определение параметров балансировочного клапана поз. 1а на 3 кПа:

$$k_{v,SRV1a} = \frac{q_s}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{SRV1a}}} = \frac{3437}{100 \cdot \sqrt{3}} = 19,8$$

Для клапана с прямым шпинделем 4217 и размером DN 40 значение предварительной настройки равно 5,3.

Этап 4:

Расход через байпас.

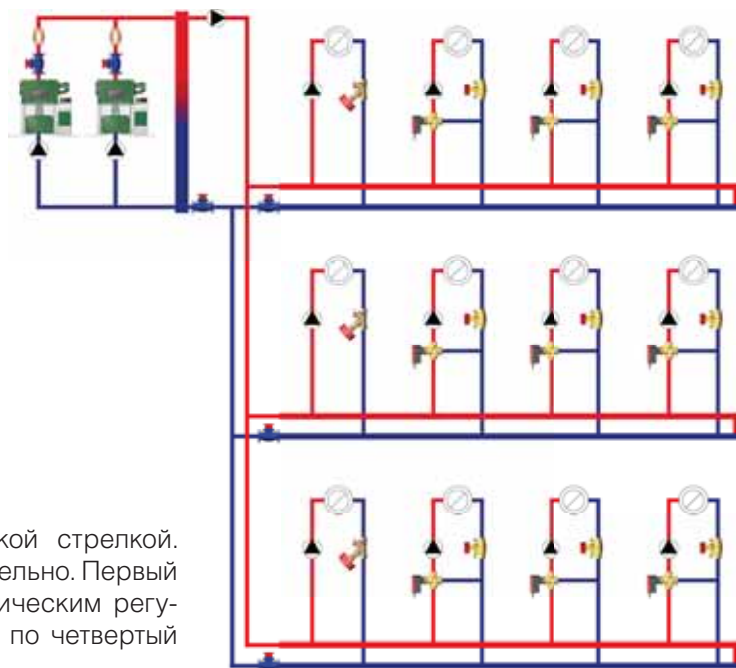
Расход по байпасной линии определяется из формулы:

$$q_{Bypass} = q_s - q_p = 3437 - 982 = 2455 \text{ [л/ч]}$$

Определение параметров балансировочного клапана поз. 1b при потере давления на регулировочном клапане (7,6 кПа):

$$k_{v,SRV1b} = \frac{q_{Bypass}}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{SRV1b}}} = \frac{2455}{100 \cdot \sqrt{6,0}} = 10,0$$

Для балансировочного клапана с прямым шпинделем артикула 4217 размера DN 32 значение предварительной настройки равно 4.



Системы отопления с гидравлической стрелкой. Теплогенераторы соединены параллельно. Первый потребитель каждой ветви – со статическим регулированием, потребители со второго по четвертый – со схемой подмешивания.

Литература и список иллюстраций

ÖNORM H 5142, Гидравлические схемы для систем отопления, 1990

VDI 2073, Гидравлические схемы в системы отопления и вентиляции, 1999

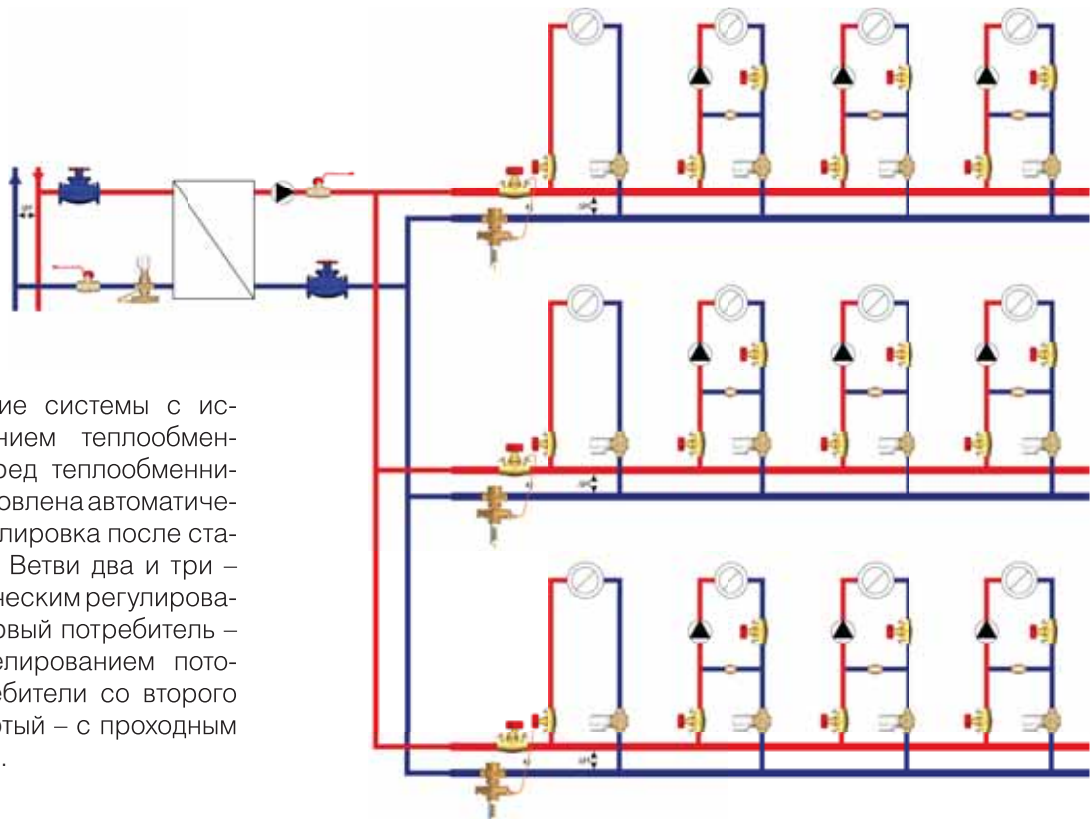
Регулирующие и гидравлических схемы в системах отопления и вентиляции, Издательство VDI, 3.9.-4.9.1992

Роос, Г., Гидравлика водонагревания, Издательство Оденбург, Мюнхен, 1999

Рис. 1 Варианты применения схем	6
Рис. 2 Дроссельная схема	7
Рис. 3 Схема с байпасом	9
Рис. 4 Схема инжекторного регулирования с проходным клапаном.....	11
Рис. 5 Схема инжекторного регулирования с трехходовым клапаном.....	13
Рис. 6 Схема подмешивания.....	15
Рис. 7 Схема двойного подмешивания.....	16
Таблица 1 Обзор схем	5
Таблица 2 Дроссельная схема	7
Таблица 3 Схема с байпасом	9
Таблица 4 Схема инжекторного регулирования с проходным клапаном.....	11
Таблица 5 Схема инжекторного регулирования с трехходовым клапаном.....	13
Таблица 6 Схема подмешивания	15
Таблица 7 Схема двойного подмешивания.....	17

Данная брошюра служит исключительно для ознакомительных целей.

Все без исключения сведения, содержащиеся в данном документе, соответствуют имеющейся информации к моменту выпуска в печать и служат только в информационных целях. Изменения вносятся по мере технического совершенствования. Под приведенными иллюстрациями подразумевается символическое изображение, в связи с чем существует возможность оптического отличия от реальных изделий. Возможные цветовые отклонения обусловлены полиграфическим исполнением. Возможно различие в продукции, специально изготавливаемой для различных стран. Фирма HERZ оставляет за собой право на изменение технических спецификаций и функций. По всем вопросам обращайтесь в ближайший филиал фирмы HERZ.



Разделение системы с использованием теплообменника. Перед теплообменником установлена автоматическая регулировка после статической. Ветви два и три – с динамическим регулированием. Первый потребитель – с дросселированием потока. Потребители со второго по четвертый – с проходным клапаном.

www.herz.eu

