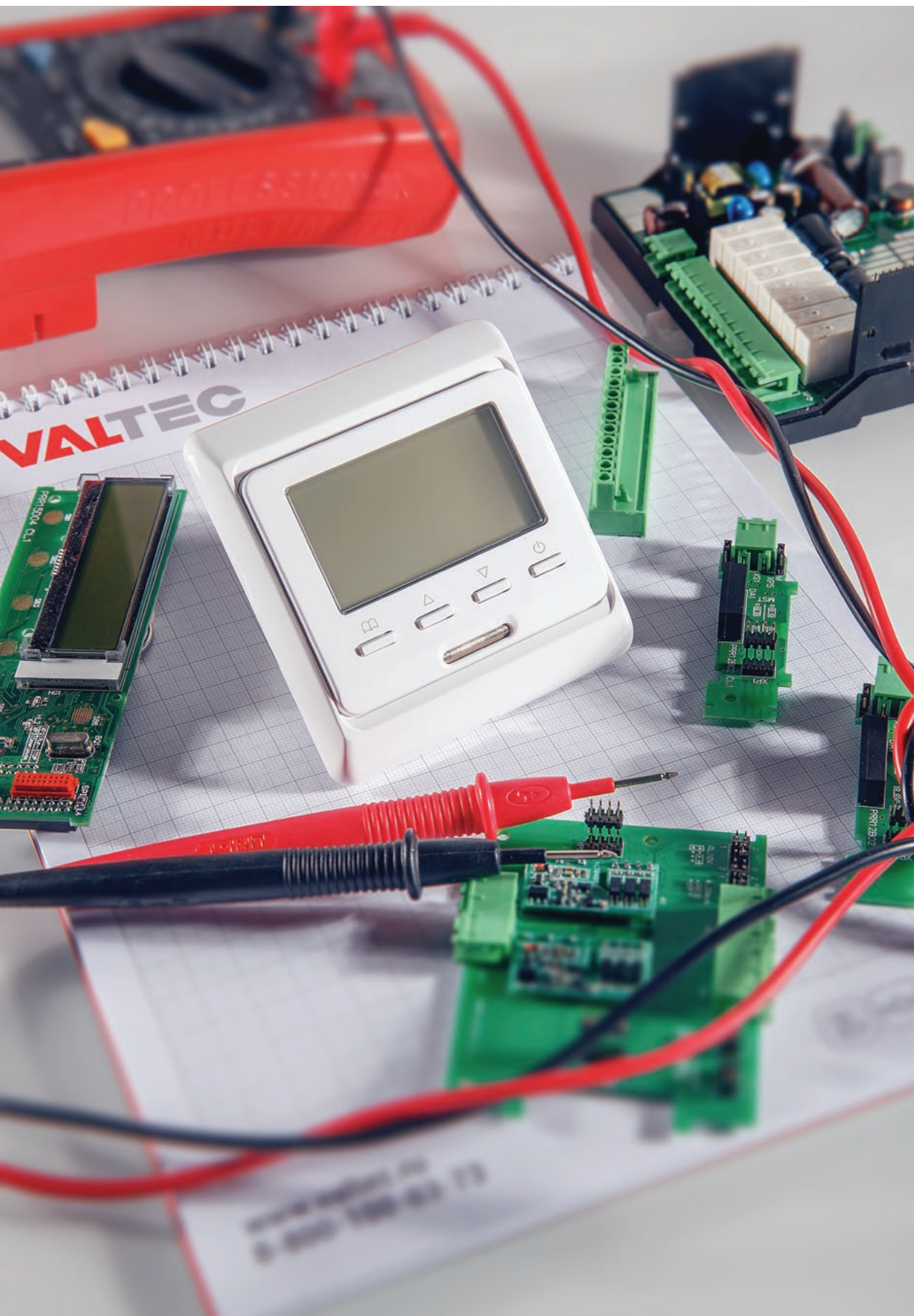




СТАТЬИ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ


2018



www.valtec.ru

СОДЕРЖАНИЕ

НАСОСНАЯ АВТОМАТИКА VALTEC	2
• Подключение насоса с применением расширительного бака и реле давления	3
• Подключение насоса с применением расширительного бака, реле давления и реле защиты от сухого хода	5
• Подключение насоса с применением блока автоматики	7
• Расчет необходимых параметров системы водоснабжения	9
КАК ПОДОБРАТЬ КВАРТИРНЫЙ И ЭТАЖНЫЙ КОЛЛЕКТОР?	12
• Пример подбора квартирного коллектора	16
ПОДБОР КВАРТИРНОГО РЕГУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ ВОДЫ	20
• Давление в водопроводном стояке выше допустимого	20
• Редуктор выполняет роль ограничителя расхода	24
• Редуктор выравнивает давление между горячей и холодной водой	25
• О перетекании	26
• Подбор редуктора	27
ПОДБОР «БЫТОВЫХ» ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ	29
• Подбор предохранительных клапанов для водогрейных котлов	34
• Соотношение давлений в защищаемом оборудовании и предохранительном клапане	35
• Пропускная способность предохранительных клапанов	36
• Определение коэффициентов расхода	38
БЕСПРОВОДНАЯ АВТОМАТИКА ДЛЯ ТЕПЛОГО ПОЛА	42
УПРАВЛЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ОТОПЛЕНИЯ	46
ВЫБОР ВОЗДУХООТВОДЧИКА	51
• Пути попадания воздуха и газов в системы отопления и водоснабжения ...	52
• Конструкции воздухоотводчиков	54
• Выбор воздухоотводчиков по производительности	56



Насосная автоматика **Valtec**

А. А. Бобров
Инженер по автоматизации

Для автономного водоснабжения частного дома на сегодняшний день существует большое количество предложений по оборудованию и схемам его установки. Немаловажными элементами такой системы являются различные решения по автоматизации включения и выключения насоса в комбинации с гидроаккумуляторами. Однако, всегда ли удастся найти наиболее оптимальное соотношение цены, качества и рациональности использования того или иного элемента системы? Для ответа на этот вопрос рассмотрим основные варианты подключения насосного оборудования с применением средств автоматизации. В конце статьи приведем подробный расчет требуемых параметров системы.

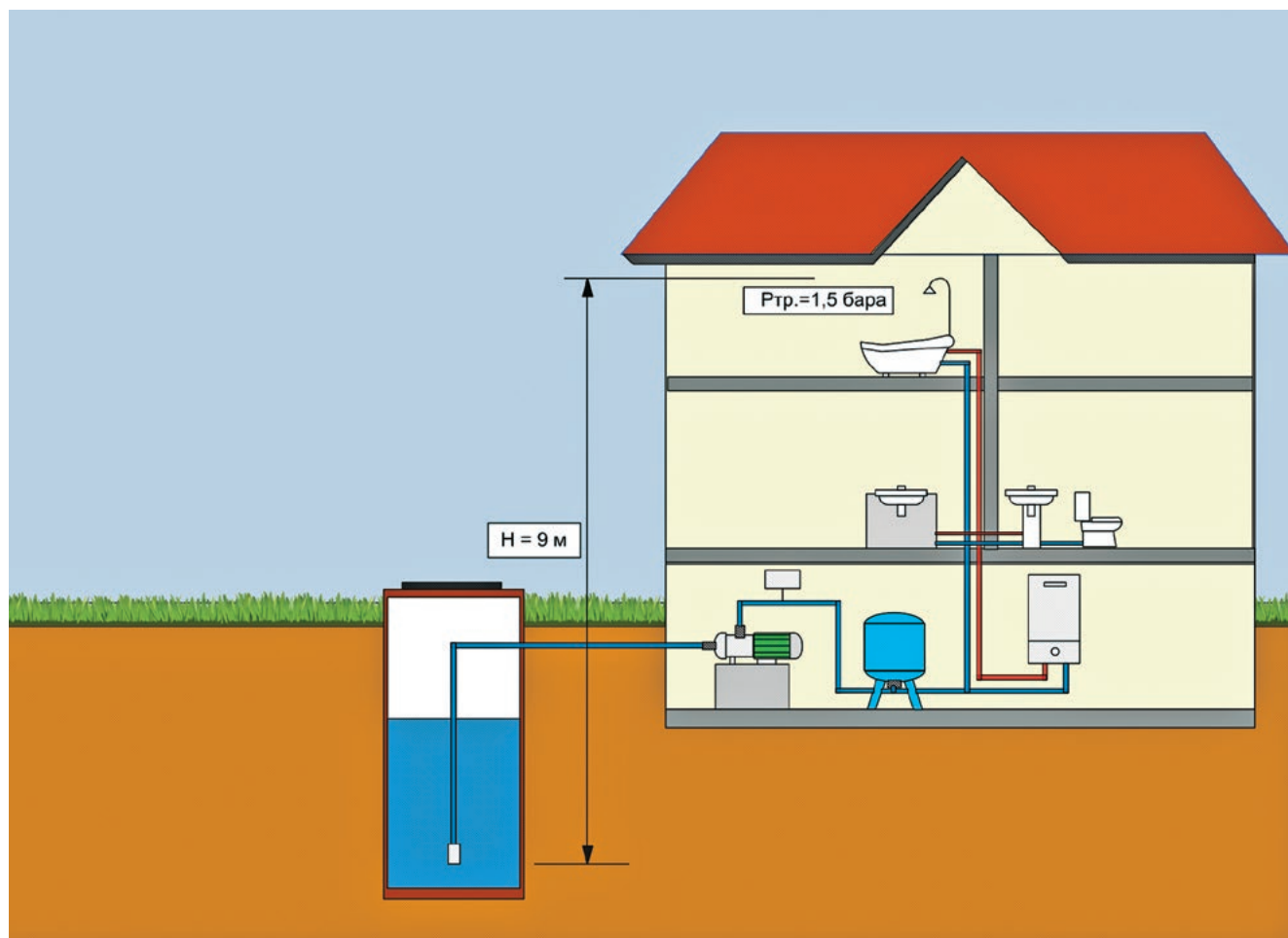
Итак, для примера зададимся расчетной схемой, приведенной *на рис. 1*.

В качестве исходных данных задаемся следующими параметрами:

1. Высота между фильтром и всасывающим патрубком насоса составляет 3 м;
2. Высота между нагнетательным патрубком насоса и самым удаленным прибором составляет 6 м;
3. Требуемый напор перед водоразборными приборами – 1,5 бара;

Количество приборов – 4 (мойка, душ индивидуального пользования, унитаз со смывным бачком, раковина со смесителем).

Расстояние от фильтра до самого удаленного прибора мы взяли не случайно. В связи с тем, что уровень воды в колодце может изменяться в течение года, максимальная величина необходимого напора будет в том случае, когда уровень воды достигнет фильтра.

**Рис. 1**

Расчетная схема системы водоснабжения

Итак, рассмотрим возможные варианты подключения системы водоснабжения.

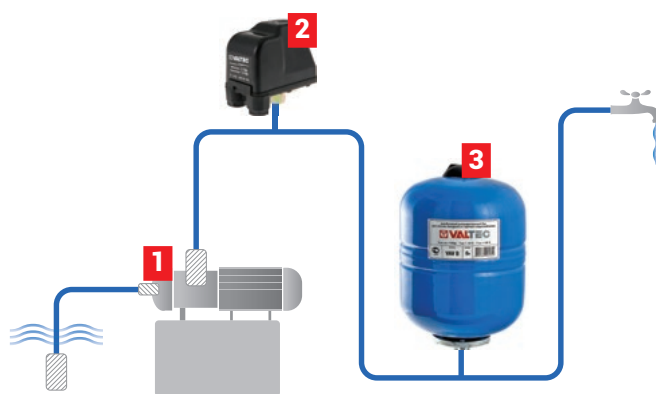
ПОДКЛЮЧЕНИЕ НАСОСА С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСШИРИТЕЛЬНОГО БАКА И РЕЛЕ ДАВЛЕНИЯ

На **рис. 2** представлена классическая схема подключения насоса для нужд водоснабжения частного дома.

Система состоит из:

1. насоса поверхностного типа;
2. реле давления;
3. бака-гидроаккумулятора.

Принцип работы данной системы следующий: насос накачивает давление в системе на необходимую величину, при этом часть давления и объема воды приходится на бак-аккумулятор.

**Рис. 2**

Подключение насосного оборудования с применением расширительного бака и реле давления

При достижении требуемого давления реле выключает насос. В момент открытия водоразборного прибора давление в системе начинает снижаться, при этом вода идет непосредственно из бака, далее при достижении минимальной величины настроенного давления реле включает насос. Насос продолжает работать до тех пор, пока не закроется водоразборный прибор, и в системе не установится требуемая величина давления. При достижении данной величины реле давления вновь срабатывает и отключает насос.

Реле давления подбирается так, чтобы диапазон возможных настроек лежал в пределах того давления, на которое рассчитана система водоснабжения. В нашем случае мы используем реле давления VT.CRS5.02.1 с рабочим диапазоном 1-5,3 бара. Величина требуемого давления отключения насоса равна давлению, которое устанавливается после нагнетательного патрубка насоса и представляет собой сумму требуемого напора перед расчетным водоразборным прибором, потерь давления по длине и на местные сопротивления на участке от нагнетательного патрубка насоса до самого удаленного прибора, и высоты между нагнетательным патрубком и самым удаленным прибором. Давление отключения реле составляет:

$$H_{\text{реле}} = 15 + 1 + 6 = 22 \text{ м.в.ст.} = 2,2 \text{ бара}$$

Величину давления включения реле принимаем в размере требуемого напора перед самым удаленным прибором – 1,5 бара.

Подключение и настройка реле давления осуществляется следующим образом:

1. Снимите защитную пластиковую крышку с помощью вращения **винта 1** против часовой стрелки (см. рис. 3).
2. Подключите насос к клеммам 1, 2, 3 согласно электрической схеме подключения (см. рис. 4 и 5).



Рис. 3
Витт фиксации крышки реле

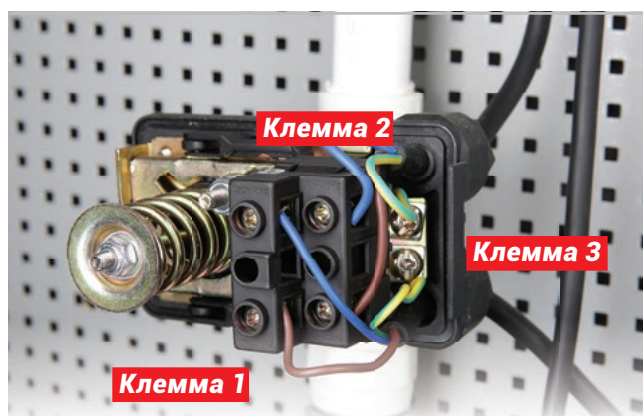


Рис. 4
Расположение клемм в реле давления

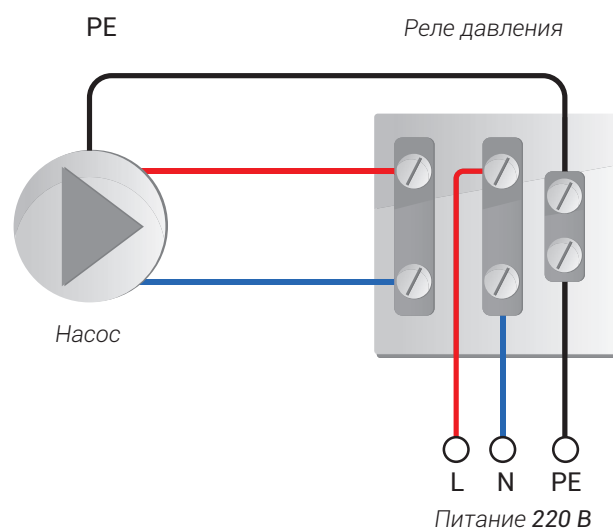


Рис. 5
Электрическая схема подключения реле давления

3. Настраиваем реле. Оно поставляется с настроечным давлением включения 2,1 бара и выключения – 3,5 бара. Для настройки реле давления на нагнетательном патрубке насоса должен быть установлен манометр. Давление включения настраивается при помощи **гайки 2** (рис. 6). В приведенном примере для снижения давления включения с 3,5 бар до 2,2 бара гайку 2 будем вращать против часовой стрелки. Для изменения разницы величин между давлением включения и выключения используется **гайка 1** (рис. 8). Для снижения разницы давлений с 3,5-2,1=1,4 бара до величины 2,2-1,5=0,7 бара **гайку 1** будем вращать против часовой стрелки.

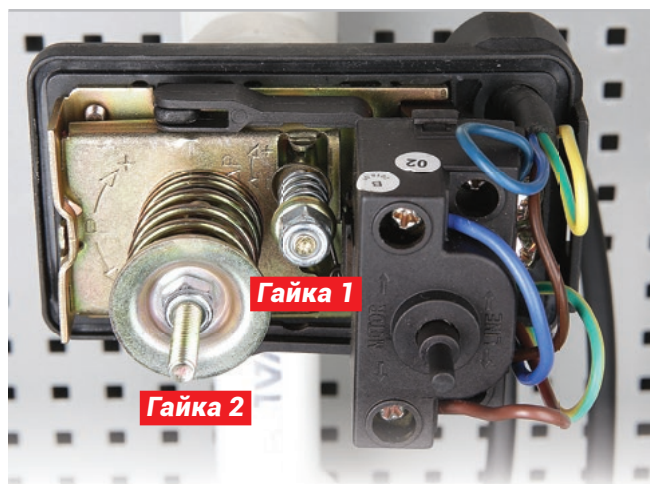


Рис. 6
Расположение
настроечных гаек реле давления

4. После выставления необходимых настроечных значений и проверки работоспособности системы необходимо закрыть пластиковую крышку.

Бак-гидроаккумулятор подбирается с учетом допустимой величины включения насоса за 1 час, его объем можно рассчитать по **формуле (1)**:

$$V = \frac{990 \cdot q \cdot P_{\max} \cdot P_{\min}}{n \cdot (P_{\max} - P_{\min}) \cdot P_6} \quad (\text{л}), \quad (1)$$

где: **V** — необходимый объем бака-аккумулятора, л;

q — расчетный расход, л/с;

n — допустимое количество включений насоса в час;

P_{max} — величина абсолютного давления отключения насоса, бар;

P_{min} — величина абсолютного давления включения насоса, бар;

P₆ — абсолютное давление газовой подушки в баке, бар.

Величина допустимого количества включений насоса в час приводится в паспортных данных и, как правило, составляет 12–15 включений. Для расчета зададимся величиной, составляющей 15 включений в час. Давление газовой подушки рекомендуется устанавливать на 0,5 бара ниже величины **P_{min}**, в нашем случае

$$P_6 = P_{\text{атм}} + P_{\min} - 0,5 = 1 + 1,5 - 0,5 = 2 \text{ бара.}$$

Необходимый объем бака-аккумулятора составляет:

$$V = \frac{990 \cdot 0,4 \cdot (2,5+1) \cdot (1,5+1)}{15 \cdot (2,5+1-1,5-1) \cdot 2} = 115,5 \text{ л}$$

Таким образом, подбираем бак объемом 100 л — VT.AV.B.100.

ПОДКЛЮЧЕНИЕ НАСОСА С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСШИРИТЕЛЬНОГО БАКА, РЕЛЕ ДАВЛЕНИЯ И РЕЛЕ ЗАЩИТЫ ОТ СУХОГО ХОДА

«Сухим ходом» называется режим работы насоса, при котором в трубопроводе системы водоснабжения отсутствует вода. Это может быть вызвано тем, что вода в колодце закончилась либо нарушилась герметичность трубопровода. В любом случае данный режим работы может привести к аварии насоса — перегоранию обмотки двигателя, перегрева деталей корпуса.

Система состоит из:

1. насоса поверхностного типа;
2. реле давления;
3. реле защиты от сухого хода;
4. бака-гидроаккумулятора.

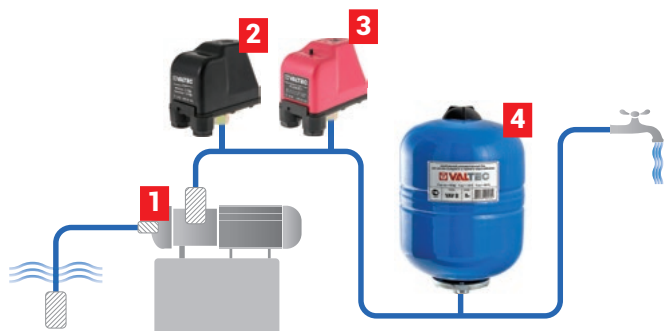


Рис. 7
Подключение насосного оборудования с применением расширительного бака, реле давления и реле защиты от сухого хода

Чтобы обезопасить насосное оборудование, дополнительно устанавливается реле защиты от сухого хода. Величина давления, при котором должно срабатывать реле, как правило, подбирается с учетом минимально допустимой величины давления работы насоса, в нашем случае зададимся величиной в 0,5 бара. Давление включения — это минимальное давление работы насоса плюс гистерезис, величина которого не принципиальна и должна быть больше на некоторое значение величины выключения, в данном случае зададимся гистерезисом равным 0,5, в таком случае давление включения реле сухого хода составит 1 бар.

Для этих целей нам подойдет реле VT.CRS6.02.1 с диапазоном настройки 0,05–1 бар. Подключение насоса, реле давления и реле защиты сухого хода осуществляются последовательно.

Подключение и настройка реле сухого хода осуществляется следующим образом:

1. Снимите защитную пластиковую крышку с помощью вращения **винта 1** против часовой стрелки (**рис. 8**).



Рис. 8
Крышка реле защиты от сухого хода с кнопкой и фиксационным винтом

2. Произведите последовательное подключение реле сухого хода к реле давления и насосу, используя клеммы 1, 2, 3 в соответствии с электрической схемой подключения (**рис. 9 и 10**).

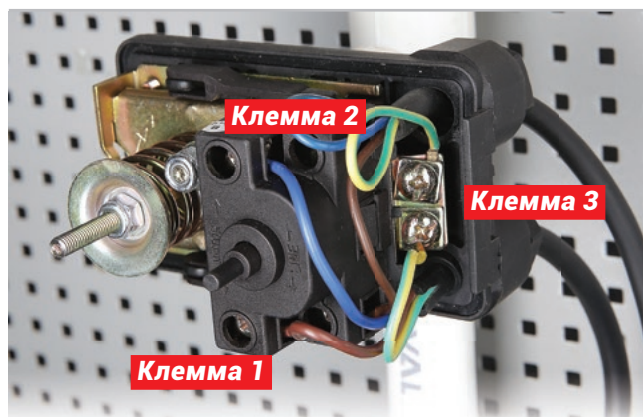


Рис. 9
Клеммы реле защиты от холостого хода

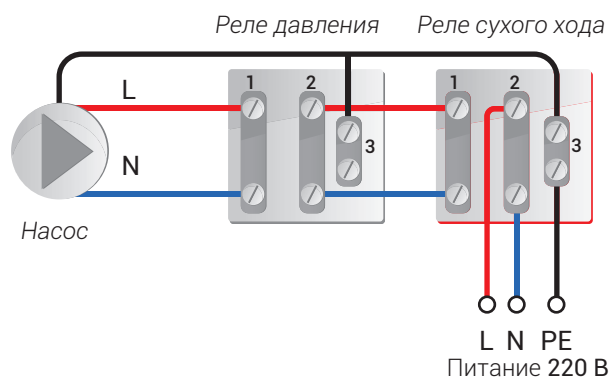


Рис. 10
Схема электроподключений реле защиты от холостого хода

3. Для увеличения давления выключения (минимальное давление) необходимо вращать **гайку 2** (большая пружина) (рис. 11) по часовой стрелке. Для увеличения настроечного значения гайка закручивается по часовой стрелке. Давление включения (давление, при котором разрешается запуск насоса) настраивается путем вращения **гайки 1** (малая пружина) (рис. 11). Вращение гайки по часовой стрелке увеличивает значение давления включения.

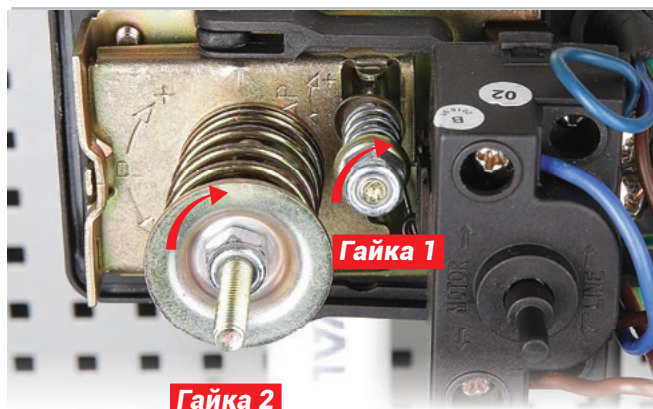


Рис. 11
Гайки настройки реле защиты от холостого хода

После установки реле сухого хода контакты находятся в разомкнутом состоянии. Для включения насоса необходимо нажать **кнопку 1**, расположенную на корпусе.

ПОДКЛЮЧЕНИЕ НАСОСА С ПРИМЕНЕНИЕМ БЛОКА АВТОМАТИКИ

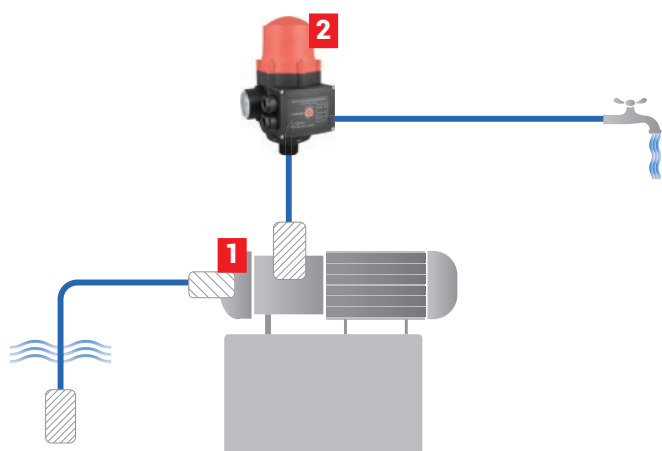


Рис. 12
Подключение насосного оборудования с применением блока автоматики

Система состоит из:

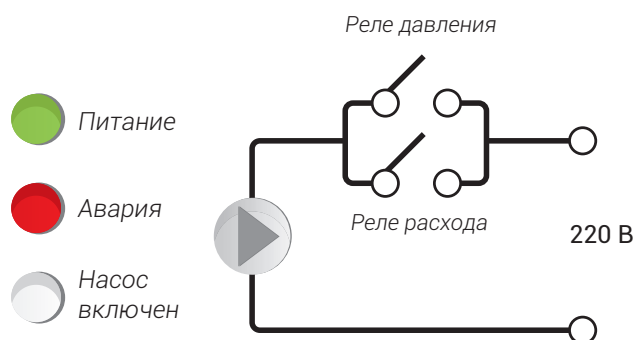
1. насоса поверхностного типа;
2. блока автоматики.

Основным преимуществом предыдущих схем подключения является надежность системы автоматики, возможность аккумулирования объема воды с последующим его использованием без участия насосного оборудования. Зачастую возникает ситуация, когда не хватает места для установки бака-гидроаккумулятора, и сразу же напрашивается вопрос: можно ли обойтись без него?

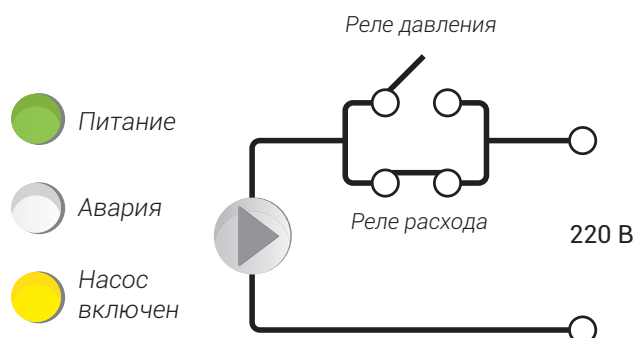
Дело в том, что использование реле давления без бака влечет за собой некорректную работу системы. В момент открытия крана происходит резкий скачок давления, который связан с задержкой срабатывания насоса, а при закрытии возникает череда циклических гидроударов, приводящих к последовательному включению и выключению насоса.

Для решения данной проблемы в систему необходимо включить дополнительное реле протока, чтобы насос включался в случае возникновения расхода воды и выключался в тот момент, когда расход отсутствует, и в системе установилась необходимая величина давления. Блок насосной автоматики включает в себя реле минимального давления и реле протока. Он заменяет схему с использованием расширительного бака. Однако, при использовании данного устройства увеличивается количество включений насосного оборудования, так как насос

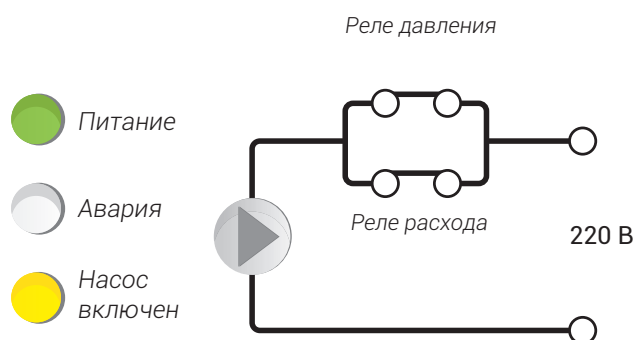
включается каждый раз при возникновении водоразбора. Более подробно с работой блока насосной автоматики вы можете ознакомиться на схемах, приведенных на **рис. 13–16**.

**Рис. 13**

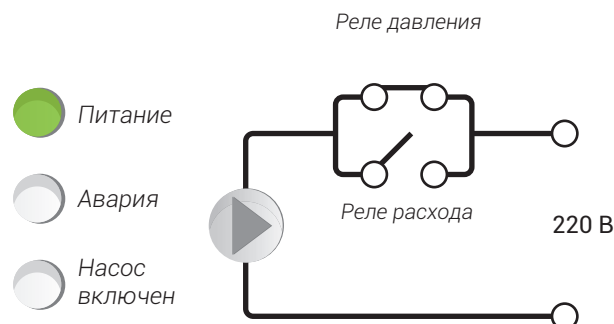
Давление ниже настроенного, расход отсутствует. Оба реле отключены, горит индикатор «авария»

**Рис. 14**

Давление ниже настроенного, возникает расход в системе. Реле давления отключено, реле расхода срабатывает, при этом загорается индикатор «Насос включен»

**Рис. 15**

Давление в системе достигло требуемой величины, расход в системе есть

**Рис. 16**

Давление находится в пределах настроенного значения, расход отсутствует. Блок насосной автоматики отключает насос, горит только индикатор «Питание»

Для установки и настройки блока насосной автоматики необходимо:

1. Открутить верхнюю крышку (см. рис. 17).

**Рис. 17**

Крепление крышки блока

2. Подключить насос в соответствии с электрической схемой (рис. 18) и закрыть защитную верхнюю крышку.

**Рис. 18**

Клеммы блока со схемой электроподключений

3. Выставить необходимую величину настроенного давления в системе с помощью **винта 1** (рис. 19). Настройка осуществляется по показаниям манометра. Величина настроенного давления будет соответствовать тому давлению, которое установится в системе после выключения насоса. Для увеличения настроенного значения винт необходимо вращать по часовой стрелке, для уменьшения — против часовой стрелки.

**Рис. 19**

Винт настройки минимального давления

4. Для первичного запуска насоса необходимо нажать **кнопку 1** (Reset) (рис. 20). При отсутствии воды в подводящем патрубке загорается индикатор «Авария» и насос выключается. В этом случае необходимо заполнить подводящий трубопровод водой и запустить насос с помощью **кнопки 1**.

**Рис. 20**

Органы управления и индикации блока автоматики

Необходимо отметить, что при использовании блока насосной автоматики насос должен быть подобран достаточно точно. Это связано с тем, что при отсутствии расхода у водоразборного прибора фактически реле срабатывает только через 7–8 секунд, при этом насос с производительностью, например, в 2 раза больше необходимой величины успеет «нагнать» лишнее избыточное давление в трубопровод. В связи с этим необходимо более детально и точно подходить к подбору насосного оборудования в том случае, если вы решили использовать блок насосной автоматики.

В данной статье были рассмотрены основные варианты подключения системы водоснабжения в частном доме. На практике уже давно себя зарекомендовала с хорошей стороны система с баком-гидроаккумулятором, в надежности ее работы мало кто усомнится. Однако компактность и дешевизна решения с блоком насосной автоматики тоже многих подкупает.

РАСЧЕТ НЕОБХОДИМЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Для начала определим необходимый расход в системе водоснабжения, используя **расчетную программу VALTEC.PRG**. Расчет производится в соответствии с СП 30.13330.2012 «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Результаты расчетов приведены на **рис. 21 и 22:**

Данные участка

Название участка: Участок 1

Максимальный расход стоков от прибора, л/сек: 1,6

Допустимое снижение температуры, °C: 6,0

☐ Распределительный трубопровод

Циркуляция

Участок	Длина, м	Диаметр, мм	мг. окр. средн. °	Изоляция	Потери, Вт

Потребители и приборы

Потребитель или прибор	Единиц	Кол-во потребителей	Кол-во приборов	Ср. час. общий, л/ч	Ср. час. ХВС, л/ч	Ср. час. ГВС, л/ч
Мойка (в том числе лабораторная) со смесителем (в том числе на гибком шланге)	шт	1	1	10,00	4,00	6,00
Душ индивидуального пользования	шт	1	1	12,00	5,00	7,00
Унитаз со смывным бачком	шт	1	1	4,00	4,00	0,00
Раковина со смесителем	шт	1	1	10,00	4,00	6,00
ИТОГО		0	4	36,00	17,00	19,00

Удельный средний часовой, л/ч

Общий: 9,00 ХВС: 4,25 ГВС: 4,75

Принять Отменить

Рис. 21
Расчет требуемых расходов для системы водоснабжения

Расчетные данные по участку

	Общий	ХВС	ГВС	Стоки
Секундный (без циркуляции), л/сек	0.40	0.21	0.28	2.00
Секундный с циркуляцией, л/сек			0.28	
Секундный циркуляционный, л/сек			0.00	
Средний часовой, л/час	36.00	17.00	19.00	36.00
Максимальный часовой, м3/час	0.41	0.21	0.28	0.41
Средний суточный, л/сутки	864.00	408.00	456.00	864.00
Максимальный суточный, м3/сутки	1.53	0.72	0.81	1.53

Рис. 22
Результаты расчетов системы водоснабжения

По результатам расчетов оказалось, что расход в данной системе составляет 0,4 л/с. Следующим шагом определяем необходимую величину давления в системе водоснабжения.

Необходимый напор насоса рассчитывается по **формуле (2)**:

$$H = H_{\text{пр}} + H_{\text{тр}} + H_{\text{мс}}, \quad (2)$$

где: **H** — требуемый напор насосного оборудования, м в. ст.;

H_{пр} — высота расположения самого удаленного прибора относительно фильтра, м;

H_{тр} — требуемый напор перед водоразборным прибором, м в. ст.;

H_{мс} — потери давления на местные сопротивления и потери давления по длине трубопровода, м в. ст.

Потери давления в трубопроводах и на преодоление местных сопротивлений принимаем в размере 1 м в. ст. от фильтра до всасывающего патрубка насоса и 1 м в. ст.

от нагнетательного патрубка насоса до самого удаленного прибора системы водоснабжения. Требуемый напор перед прибором зададим в размере 1,5 бара, что составляет 15 м в. ст.

Итак, подсчитаем необходимый напор насоса:

$$H = 3 + 6 + 15 + 1 + 1 = 26 \text{ м в. ст.} = 2,6 \text{ бара}$$

Подбор насосного оборудования будем производить исходя из следующих параметров:

- Расход в системе водоснабжения — 0,4 л/с;
- Требуемый напор насоса — 2,6 бара.

Насос, как правило, подбирается с учетом возможности обеспечения расчетных параметров системы, при этом его реальная производительность может быть и больше. Величина расхода и требуемого давления необходимы нам для подбора оптимального соотношения типоразмера насоса и его стоимости.

Насосная автоматика

VALTEC

- удобство монтажа
- сохранность насосного оборудования
- экономия места



СМОТРИТЕ НА НАШЕМ КАНАЛЕ!



VALTEC

КАК ПОДОБРАТЬ КВАРТИРНЫЙ И ЭТАЖНЫЙ КОЛЛЕКТОР?

VALTEC

В. И. Поляков
Главный инженер

На вопрос заголовка можно ответить кратко: «С гидравлической точки зрения, чем больше проходное сечение коллектора, тем лучше». Попробуем это утверждение обосновать следующими рассуждениями.

В технике слово «коллектор» обозначает устройство, что-либо объединяющее или собирающее. В сантехнике этот термин применяется к элементам трубопровода, которые разделяют единый поток на несколько отдельных потоков или, наоборот — объединяют несколько отдельных потоков в один.

До недавнего времени, коллекторы использовались, как правило, лишь в тепловых пунктах и домовых узлах ввода коммуникаций. Кроме простого разделения или объединения потоков к коллекторам

предъявлялось еще одно немаловажное требование: они должны были обеспечивать в динамическом режиме примерно одинаковое давление рабочей среды на каждом выходе.

Падение давления в питающем трубопроводе коллектора определяется по формуле:

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho v^2}{2} = 0,811 \frac{\lambda l G^2}{d^5 \rho}, \quad (1)$$

где λ — коэффициент трения;
 l — длина,
 G — массовый расход транспортируемой среды;
 ρ — плотность транспортируемой среды;
 d — внутренний диаметр трубопровода;
 v — скорость потока.

Из **формулы (1)** следует, что при одинаковом массном расходе и плотности линейные потери давления обратно пропорциональны **пятой** степени внутреннего диаметра трубы.

Для снижения численного значения линейных потерь на 2 порядка (в 100 раз) внутренний диаметр коллектора D_k должен быть больше диаметра питающего трубопровода D_n в 2,51 раза, а для снижения на 3 порядка (в 1000 раз) — в 3,98 раза. Снизив на два или три порядка линейные потери, перепады давлений между соседними выходами будут настолько ничтожно малы, что ими смело можно пренебречь. На таком же принципе, кстати, основана ныне модная «гидрострелка» (гидравлический разделитель).

Исходя из изложенных соображений были сформулированы основные конструктивные требования к «идеальному» коллектору теплового пункта:

1. Диаметр коллектора D_k должен быть в три раза больше диаметра подводящего трубопровода D_n :

$$D_k \geq 3D_n \quad (2)$$

2. Утроенная сумма площадей поперечного сечения коллекторных отводов не должна превышать площадь поперечного сечения коллектора S_k , что может быть выражено формулой:

$$3nD_o^2 \leq D_k^2 \quad (3)$$

3. Расстояние между осями соседних коллекторных отводов не должно быть меньше 3-кратного диаметра большего из этих отводов.

В коллекторе, выполненном с соблюдением данных правил, в динамическом режиме давление на всех отводах будет, практически, одинаковым. Скорость потока в коллекторе будет снижаться почти на порядок (в 9 раз), что позволяет использовать такой коллектор в качестве

воздухоотделителя, для чего на коллекторе устанавливаются воздухоотводящие устройства.

Если же диаметр поперечного сечения коллектора будет меньше утроенного диаметра подводящего трубопровода, то от ввода к заглушке давление в коллекторе будет снижаться тем больше, чем меньше отношение D_k/D_n (см. рис. 1).

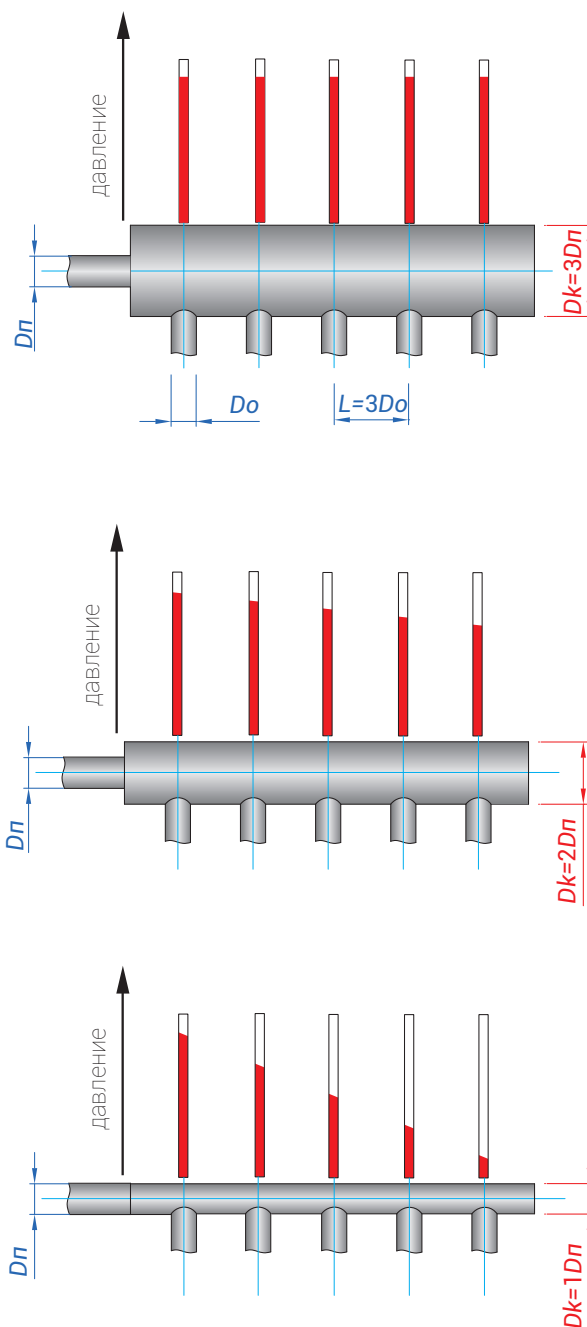


Рис. 1
Зависимость распределения давления на отводах от соотношения D_k/D_n

В случае, когда диаметр подводящего трубопровода равен диаметру коллектора, сам коллектор перестает играть свою балансирующую роль и должен рассчитываться как набор последовательно соединенных тройников.

Коллекторы, которые сейчас устанавливаются в квартирных и этажных узлах, как правило, весьма далеки от идеальных, т. к. основное условие «идеальности» (**формула 2**) в них не выполняется. Это объясняется целым рядом причин:

- ограниченное место монтажа не позволяет установить «полноценный» коллектор;
- стоимость коллектора достаточного диаметра будет существенно выше;
- эстетически «толстые» коллекторы сносно смотрятся в тепловых пунктах, но никак не в квартире или лестничной клетке.

Функцию гидравлической балансировки такие коллекторы либо не выполняют совсем, либо выполняют лишь частично. Поэтому гораздо важнее грамотно подойти к подбору диаметра подводящего трубопровода. Критерий правильности этого подбора продиктован требованием строительных норм. В соответствии с **п. 6.3.7 СП 60.13330.2012** «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» и **п. 5.5.6 СП 30.13330.2012** «Водопровод и канализация», скорость рабочей среды в трубопроводах жилых домов не должна превышать 1,5 м/с. Исходя из этой предельной скорости можно рассчитать, какой максимальный расход допускает к транспортировке та или иная труба, а также можно определить, какую тепловую нагрузку эта труба может нести. Эти данные приведены в **таблице 1**.

Таблица 1

Расходы и тепловые нагрузки для труб из различных материалов при скорости рабочей среды 1,5 м/с

Материал	Размер	Внутренний диаметр, мм	Площадь сечения, мм ²	Линейные потери давления, Па/м	Расход, л/с	Тепловая нагрузка, кВт,		
						20 °С	при ΔТ= 10 °С	5 °С
PEX-AL-PEX, PEX, PERT	16x2	12	113	2570	0,17	14,2	7,1	3,5
	20x2	16	201	1770	0,30	25,2	12,6	6,3
	26x3	20	314	1350	0,47	39,4	19,7	9,9
	32x3	26	531	983	0,80	66,7	33,3	16,7
	40x3,5	33	855	721	1,28	107,4	53,7	26,8
PPR	20x2,8	14,4	163	1979	0,24	20,4	10,2	5,1
	20x3,4	13,2	137	2360	0,21	17,2	8,6	4,3
	25x3,5	18	254	1530	0,38	32,0	16,0	8,0
	25x4,2	16,6	216	1660	0,32	27,2	13,6	6,8
	32x4,4	23,2	423	1110	0,63	53,1	26,5	13,3
	32x5,4	21,2	353	1260	0,53	44,3	22,2	11,1
	40x5,5	29	660	850	0,99	83,0	41,5	20,7
	40x6,7	26,6	555	950	0,83	69,8	34,9	17,4
	50x6,9	36,2	1029	640	1,54	129,2	64,6	32,3
	50x8,3	33,4	876	710	1,31	110,0	55,0	27,5
	15x1	13	133	2335	0,20	16,7	8,3	4,2
Нерж. сталь	18x1	16	201	1770	0,30	25,2	12,6	6,3
	22x1,2	19,6	302	1360	0,45	37,9	18,9	9,5
	28x1,2	25,6	514	985	0,77	64,6	32,3	16,2
	35x1,5	32	804	756	1,21	101,0	50,5	25,2
	1/2"	15,7	193	1820	0,29	24,3	12,3	6,1
Сталь (ВГП)	3/4"	21,2	353	1210	0,52	44,3	22,2	11,1
	1"	27,1	577	916	0,86	72,4	36,2	18,1
	1 1/4"	35,9	1012	653	1,52	127,1	63,5	31,8
	1 1/2"	41	1320	550	1,98	165,8	82,9	41,5

Из **таблицы 1**, например, следует, что металлополимерная труба 16x2,0 из условий непревышения допустимой скорости потока может переместить 0,17 л/с воды, а также передать тепловую нагрузку для радиаторного отопления ($\Delta T=20^\circ\text{C}$) – **14,2 кВт**; для систем встроенного обогрева с $\Delta T=10^\circ\text{C}$ – **7,1 кВт** и систем теплых полов с $\Delta T=5^\circ\text{C}$ – **3,5 кВт**.

Для определения расчетного расхода через водопроводный квартирный коллектор можно пользоваться **таблицей 2**, составленной на основе рекомендаций СП.30.13330.2012. В этой таблице расчетный расход воды определяется в зависимости от количества подключенных приборов.

Таблица 2
Расчетные расходы через коллектор водоснабжения

Расчетный расход воды, л/с при количестве подключенных приборов, шт.						
2	3	4	5	6	7	8
0,14	0,25	0,28	0,33	0,39	0,42	0,45

Определившись с размером подводящей трубы, можно приступить к подбору коллектора. В любом случае его внутренний диаметр не должен быть меньше самой подводящей трубы. Как было сказано в самом первом предложении, чем больше сечение коллектора, тем лучше для равномерности распределения потоков по потребителям.

Особенно это важно для водопроводных коллекторов. Неправильный подбор коллектора и неправильное подключение его к потребителям может привести к тому, что при наполнении сливного бачка унитаза или при наполнении стиральной машины расход на смеситель ванной резко упадет, что может вызвать весьма неприятные последствия (см. **рис. 2**).

Конечно, лучше всего установить на водопроводном квартирном вводе коллектор с регулирующими вентилями, что позволит произвести балансировку расходов между приборами, максимально уменьшив их взаимное влияние друг на друга. Однако,

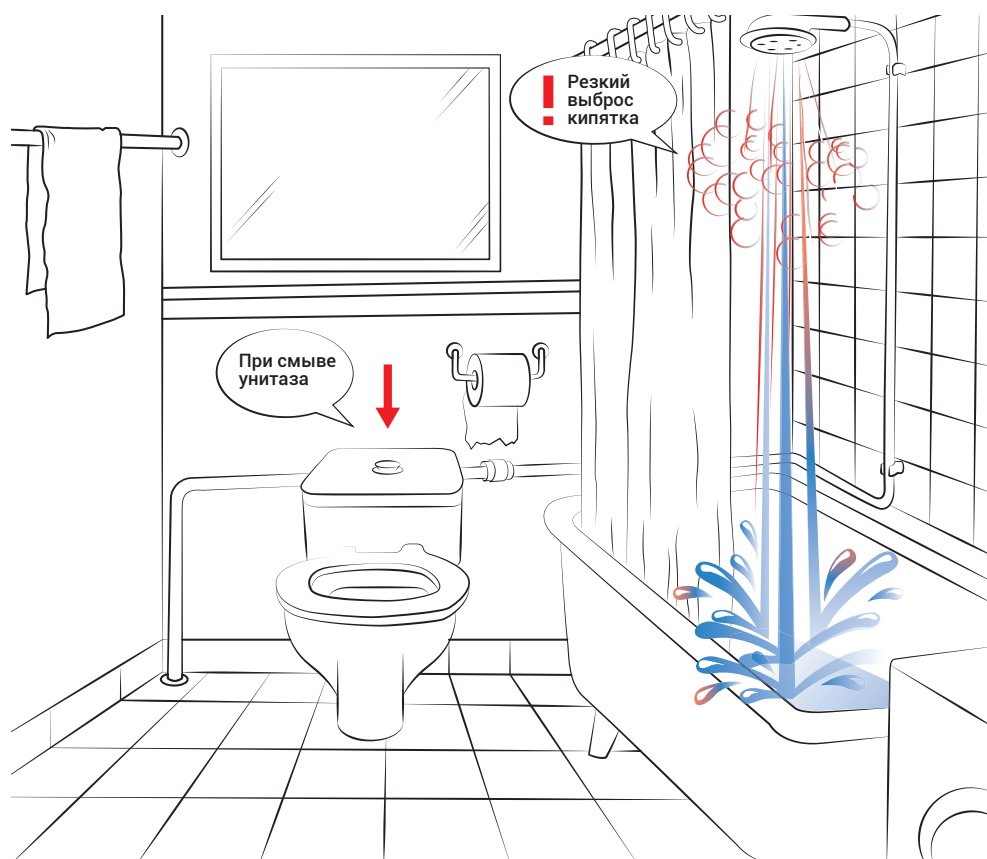


Рис. 2
Результат неграмотного подключения потребителей к коллектору

даже если в квартире установлен коллектор без регуляторов расхода, следует придерживаться определенных правил в последовательности подключения приборов к коллектору. Приборы, для которых резкое снижение расхода не существенно влияет на их работоспособность и не приносит потребителю дискомфорта, нужно подключать на последние отводящие патрубки. К таким приборам можно отнести унитаз, стиральную и посудомоечную машины. В то же время, такие приборы, как смесители ванны, умывальника, кухонной мойки, следует подключать ближе к месту присоединения подводящей трубы. Если же, например, от водопровода холодной воды запитан бойлер аварийного горячего водоснабжения, то он должен присоединяться к коллектору самым первым.

ПРИМЕР ПОДБОРА КВАРТИРНОГО КОЛЛЕКТОРА

Допустим, к квартирному коллектору холодной воды необходимо подключить **4 прибора**: смывной бачок, смеситель, стиральную машину (WM) и водонагреватель. По **таблице 2** определяем, что расчетный расход составит **0,28 л/с**. Ввод водопровода выполнен стальной водогазопроводной трубой диаметром **1/2"**, которая при скорости потока **1,5 м/с** обеспечивает расход 0,29 л/с (**таблица 1**). Подводящий трубопровод к коллектору можно выполнить металлополимерной трубой **20x2,0**, допустимый расход в которой в соответствии с **таблицей 1** составляет **0,3 л/с**. Подбираем коллектор с условным диаметром **1"** с отсечными шаровыми кранами VTc.580NE. Соотношение площадей (а значит — и скоростей потока) поперечного сечения коллектора и подводящего трубопровода составит $707 / 201 = 3,51$, а снижение линейных потерь давления произойдет в $(30/16)^5 = 23$ раза, что не идеально, но позволит в значительной степени выравнять давление по потребителям в динамическом режиме работы. Первым (по направ-

лению потока) к коллектору подключим водонагреватель, затем — смеситель, за смесителем — стиральную машину, и, наконец, — смывной бачок (**см. рис. 3**).

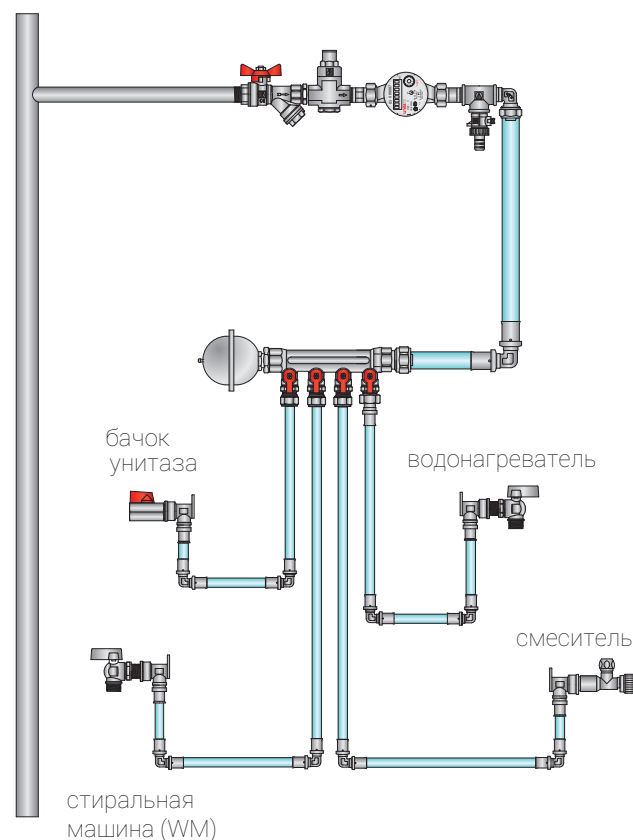


Рис. 3
Пример подключения квартирному коллектору холодной воды

Коллекторы торговой марки VALTEC, приведенные в **таблице 3**, позволяют в полной мере решить вопросы подключения и управления квартирными и этажными системами водопровода и канализации. Они могут использоваться как для радиаторного отопления, так и для таких систем, как теплые полы и обогрев открытых площадок. Нержавеющие коллекторы VTc.510.SS с расстоянием между выходами 100 мм успешно используются в типовых этажных распределительных узлах систем водяного отопления многоквартирных зданий, которые сейчас набирают все большую популярность.

Таблица 3
Коллекторы и коллекторные блоки VALTEC

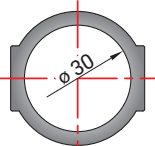











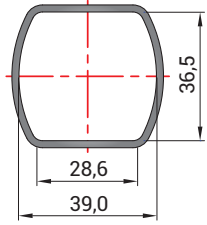


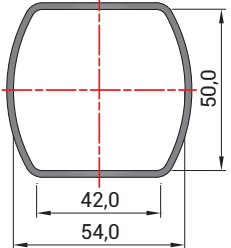

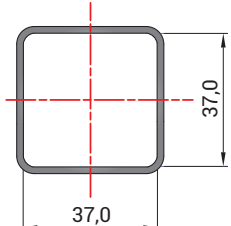

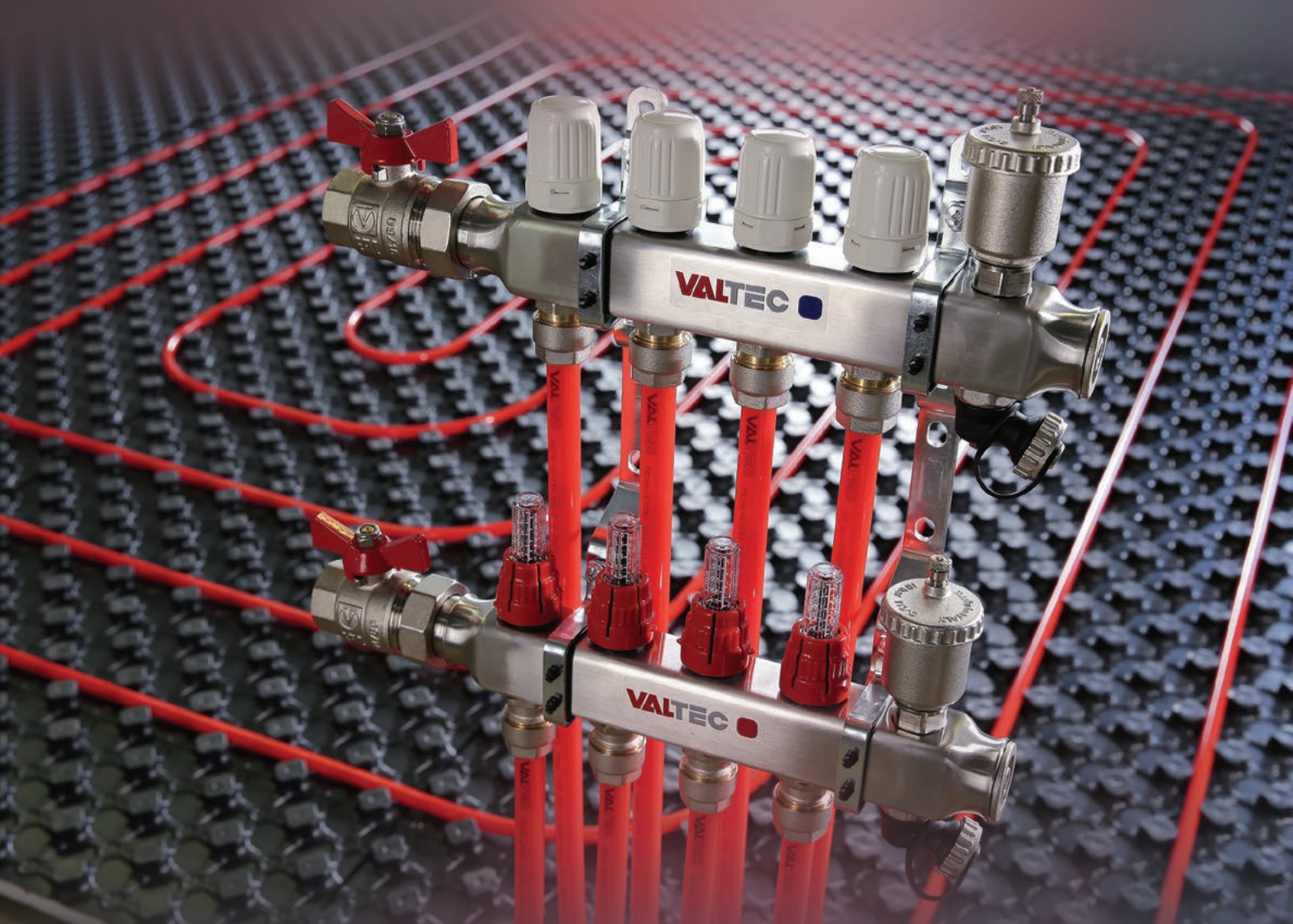
Тип поперечного сечения	Модель коллектора	Типоразмеры	Эскиз
<p>VTc.500; 550; 560; 580-1"</p>  <p>Дп=1" S=707 мм²</p>	VTc.500	2÷4вых.х1"х1/2"К 2÷4вых.х3/4"х1/2"К	
	VTc.500NE	2÷4вых.х1"х3/4"ЕК	
	VTc.550	2÷4вых.х1"х1/2" 2÷4вых.х3/4"х1/2"	
	VTc.560	2÷4вых.х1"х1/2"К 2÷4вых.х3/4"х1/2"К	
	VTc.560NE	2÷4вых.х1"х3/4"ЕК	
	VTc.580	2÷3вых.х1"х1/2"К 2÷3вых.х3/4"х1/2"К	
<p>VTc.594; 596-1"</p>  <p>Дп=1" S=707 мм²</p>	VTc.580NE	2÷3вых.х1"х3/4"ЕК	
	VTc.594	3÷12вых.х1"х3/4"ЕК	
	VTc.596	3÷12вых.х1"х3/4"ЕК	

Таблица 3 (Продолжение)
Коллекторы и коллекторные блоки VALTEC

Тип поперечного сечения	Модель коллектора	Типоразмеры	Эскиз
	VTc.505.SS	2÷10вых.х1"x3/4"EK	
VTc.505; 510; 588; 589-1"  Dп=1" S=1240 мм ²	VTc.510.SS	3÷8вых.х1"x1/2" 4÷8вых.х1 1/2"x3/4" шаг выходов 100 мм	
	VTc.588	3÷10вых.х1"x3/4"EK	
VTc.510-1 1/2"  Dп=1 1/2" S=2400 мм ²	VTc.589	3÷10вых.х1"x3/4"EK	
 Dп=1" S=1360 мм ²	VTc.586	2÷12вых.х1"x3/4"EK	

Коллекторы и коллекторные блоки

 **VALTEC**





ПОДБОР КВАРТИРНОГО РЕГУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ ВОДЫ

В. И. Поляков
Главный инженер

Перво-наперво необходимо разобраться с вопросом: для какой цели в вашей квартире установлен регулятор давления, и нужен ли он вообще? Не секрет, что нередко проектировщики, не утруждая себя детальными расчетами, предусматривают установку редукторов давления только потому, что так было в проекте, с которого они скопировали раздел водопровода. Итак, случаев, когда редуктор давления действительно нужен, всего три:

- давление в водопроводном стояке на уровне ввода в конкретную квартиру выше допустимого давления на вводе;
- редуктор выполняет роль ограничителя расхода для обеспечения достаточного напора перед водопотребляющими приборами всех этажей здания;
- существенная разница в напорах горячей и холодной воды, препятствующая нормальной работе смесителей.

Рассмотрим отдельно каждый из этих случаев.

ДАВЛЕНИЕ В ВОДОПРОВОДНОМ СТОЯКЕ ВЫШЕ ДОПУСТИМОГО

Допустимое давление водопровода на вводе в квартиру определено положениями СП 30.13330.2012 «Внутренний водопровод и канализация зданий». Пункт 5.2.10 этого свода правил гласит: «Гидростатическое давление в системе хозяйственно-питьевого или хозяйственно-противопожарного водопровода на отметке наиболее низко расположенного санитарно-технического прибора должно быть не более 0,45 МПа (для зданий, проектируемых в сложившейся застройке, не более 0,6 МПа), на отметке наиболее высоко расположенных приборов — по паспортным данным этих приборов, а при отсутствии таких данных не менее 0,2 МПа».

Рассмотрим в качестве примера стояк ХВС 25-этажного здания (рис. 1а)

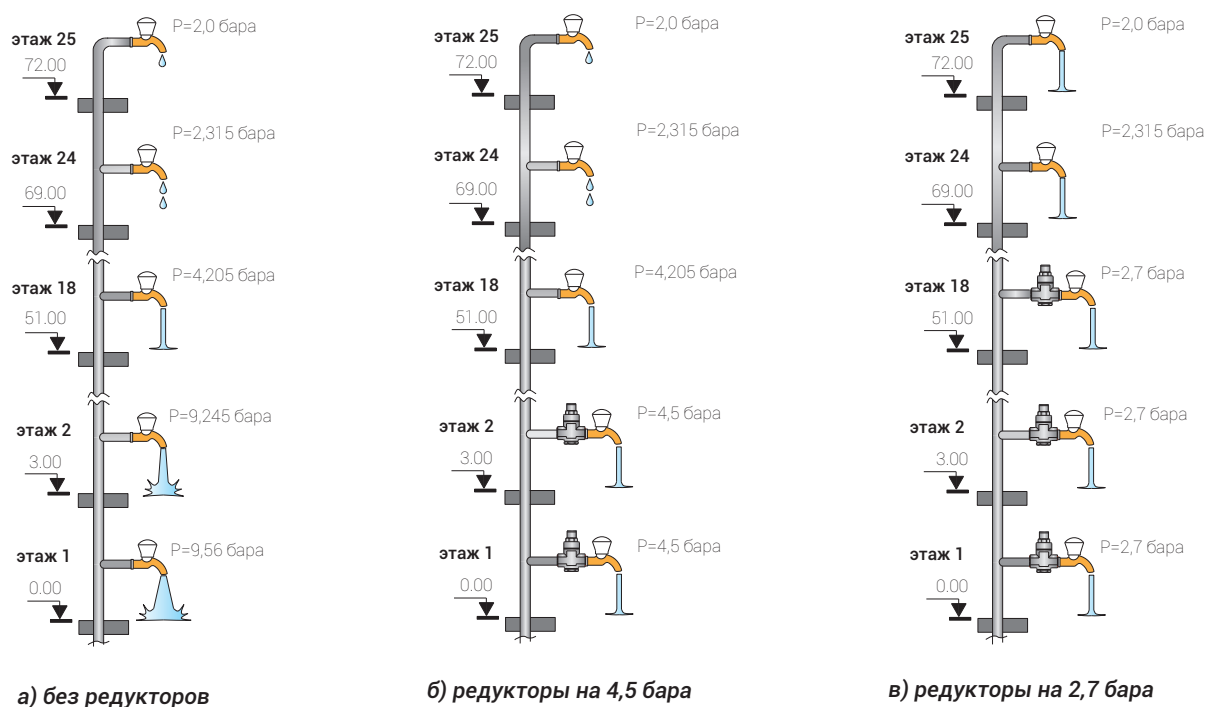


Рис. 1
Схемы стояка ХВС 25-этажного здания

При высоте этажа 3,0 м и линейных потерях в стояке 500 Па на погонный метр, давление в стояке на уровне водоразборного прибора первого этажа должно составлять 9,56 бара. Только при этом условии давление на уровне прибора 25-го этажа будет составлять требуемые 2,0 бара. То есть до уровня 17-го этажа давления на входе в квартиру превышают директивные 4,5 бара. Значит, на последних 7-ми этажах этой многоэтажки установка редукторов на вводе в квартиру водопровода не требуется.

Чем грозит повышенное давление в квартирном водопроводе? Во-первых, подавляющее большинство водоразборных приборов рассчитано на рабочее давление не более 6÷10 бар и могут просто не выдержать более высокое давление.

Во-вторых, при повышенном давлении существенно повышается вероятность кавитационно-абразивного износа золотникового узла смесителей и кранов. Это

можно проиллюстрировать следующим образом.

Допустим, на вход квартиры (см. рис. 2) подается вода с давлением $P_{вх}$.

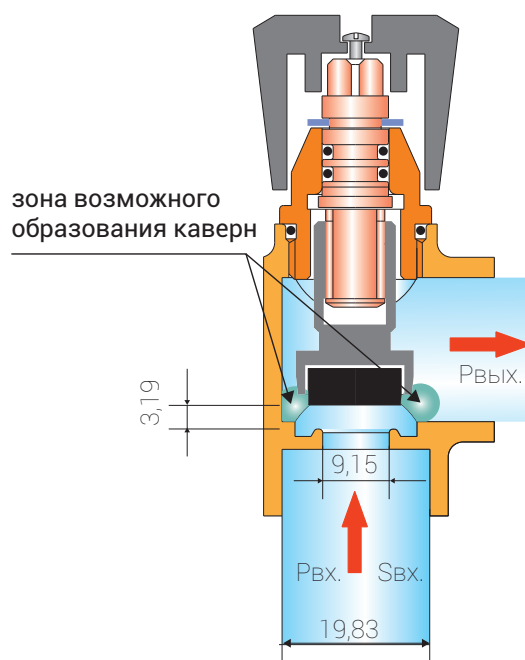


Рис. 2
Движение воды через вентиль смесителя

Пользователь настраивает смеситель так, что давление воды после вентиля составляет $P_{\text{ВЫХ}}$. То есть перепад давления на золотниковом узле вентиля смесителя составляет:

$$\Delta P_{\text{вент}} = P_{\text{ВХ}} - P_{\text{ВЫХ}} \quad (1)$$

Коэффициент местного сопротивления в золотниковом узле можно выразить формулой:

$$\zeta = \left(\frac{S_{\text{ВХ}}}{S_{\text{Д}} \varepsilon} - 1 \right)^2, \quad (2)$$

где $S_{\text{ВХ}}$ — площадь поперечного сечения потока перед золотниковым узлом;

$S_{\text{Д}}$ — площадь поперечного сечения потока в золотниковом узле.

$$S_{\text{Д}} = \pi D_{\text{зол}} H. \quad (3)$$

ε — степень сжатия струи (для вентильных узлов принимается 0,65);

$D_{\text{зол}}$ — диаметр проточной части золотникового узла;

H — высота подъема золотника над седлом.

Перепад давления на золотниковом узле вентиля смесителя составит:

$$\Delta P_{\text{вент.}} = \zeta P_{\text{дин.}} = \left(\frac{S_{\text{ВХ}}}{\pi D_{\text{зол}} H \varepsilon} - 1 \right)^2 \cdot \frac{\rho v_{\text{ВХ}}^2}{2}. \quad (4)$$

Оптимальный расход через вентиль смесителя можно принять $G=0,1$ л/с, что соответствует скорости потока в подводящем трубопроводе из стальных ВГП труб 1/2" ($D_{\text{ВХ}}=15,7$ мм; $S_{\text{ВХ}}=193$ мм²):

$$v_{\text{ВХ}} = \frac{G \cdot 10^{-3}}{S_{\text{ВХ}} \cdot 10^{-6}} = \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{193 \cdot 10^{-6}} = 0,52 \text{ м/с} \quad (5)$$

Нетрудно также определить и скорость в проточной части золотникового узла по формуле:

$$v_{\text{зол}} = \frac{G \cdot 10^{-3}}{\pi D_{\text{зол}} H \cdot 10^{-6}}. \quad (6)$$

Задавшись вышеуказанными исходными данными, можно составить таблицу зависимости перепада давлений на вентиле и скорости потока в проточной части золотникового узла от высоты подъема золотника вентиля (при $D_{\text{зол}} = 12$ мм) (таблица 1).

Таблица 1
Зависимость показателей вентиля смесителя от высоты подъема золотника

Высота подъема золотника над седлом (H), мм	Перепад давления на вентиле, бар	Скорость потока в проточной части, м/с	Пропускная способность вентиля, Kv, м³/час
0,1	8,2	27	0,13
0,11	6,7	24	0,14
0,12	5,7	22	0,15
0,13	4,8	20	0,16
0,14	4,1	19	0,18
0,15	3,6	18	0,19
0,16	3,1	17	0,20
0,17	2,8	16	0,22
0,18	2,5	15	0,23
0,19	2,2	14	0,24
0,20	2,0	13	0,25
0,22	1,6	12	0,28
0,24	1,4	11	0,30
0,26	1,2	10	0,33
0,28	1,0	9	0,36
0,3	0,9	8	0,39
0,4	0,5	7	0,52
0,5	0,3	5	0,66
0,6	0,2	4	0,8
0,8	0,1	3	1,11
1,0	0,06	2	1,42
2,0	0,01	1	3,33
3,0	0,004	0,9	6,2

Необходимое давление $P_{\text{вых.}}$, обеспечивающее через кран или смеситель расход $G=0,1$ л/с, можно подсчитать по формуле:

$$P_{\text{изл.}} = 0,005 \cdot \left(\frac{4G}{\mu \pi d^2} \right)^2 =$$

$$= 0,005 \cdot \left(\frac{4 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot 10^{-6}} \right)^2 = 0,39 \text{ бара} \quad (7)$$

где μ — коэффициент расхода (для смесителей с аэраторами ванн и умывальников $\mu=0,1$);

d — внутренний диаметр излива (принимаем 12 мм), мм.

Анализируя полученную таблицу, можно сделать вывод, что, чем выше давление до вентиля, тем зона регулирования у вентиля меньше, то есть смещение золотника на десятую долю миллиметра приводит к существенному изменению расхода, что не позволяет корректно настроить требуемую температуру воды в смесителе.

Допустим, давление на входе $P_{\text{вх}}$ составляет 6 бар. Для снижения давления до нужных 0,39 бара, золотник должен приподняться над седлом всего на 0,12 мм, увеличив скорость потока в проточной части узла до 22 м/с. Такая высокая скорость кроме ужасного шумового эффекта вызывает мощное абразивно-кавитационное воздействие на седло вентиля и ближайшие зоны корпуса смесителя или крана. Наличие мельчайших нерастворимых частиц в воде еще больше усиливает разрушающую силу потока (см. рис. 3).

Установка фильтров механической очистки не может решить проблему полной очистки потока от абразивных частиц, тем более что зачастую паспортная фильтрующая способность фильтров совершенно не соответствует фактической (см. рис. 4).

Для рассматриваемого примера стояка 25-этажного здания, где до 18-го этажа давление на вводе в квартиру превышает

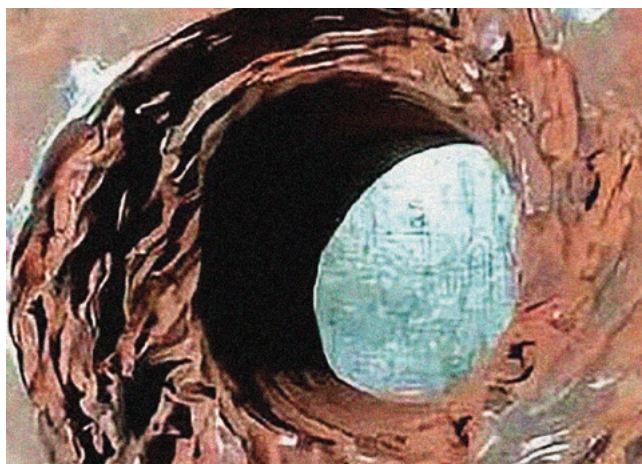


Рис. 3. Абразивно-кавитационное воздействие потока на металл

3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ		
Характеристика	Единица измерения	Значение
Материал изделия	-	латунь CW617N (ЛС-59-2)
Максимальная рабочая температура	°C	до +100
Максимальное рабочее давление (в зависимости от диаметра)	бар	до 20
Диапазон диаметров	мм	15-100
Условная пропускная способность, Kv	Ду, мм м³/ч	15 20 25 32 40 50 65 80 100 4 6 9 14 20 30 53 88 112
Тип резьбы	-	цилиндрическая в соответствии с ГОСТ 6357-81
Тип покрытия	-	без покрытия
Фильтрующий элемент	мм	сетка 400x400
Информационный стикер со штрих-кодом	-	да

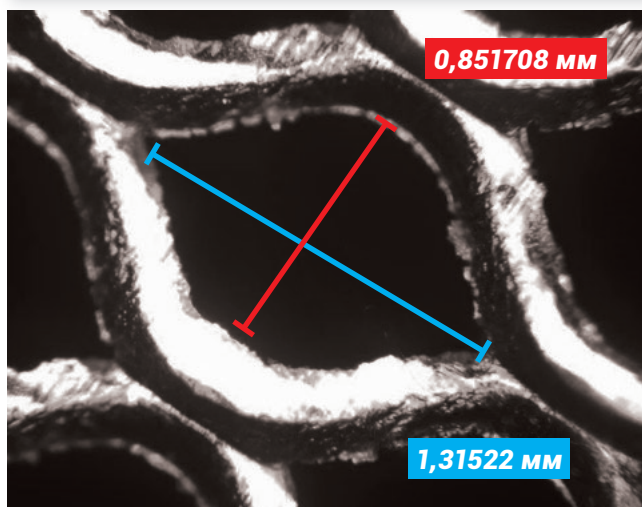


Рис. 4
Выдержка из паспорта фильтра и фото его сетки

4,5 бара, необходимо с первого по 17-й этажи оборудовать водопроводные вводы редукторами давления, настроенными на давление выхода 4,5 бара (см. рис. 16). Этажи с 18-го по 25-й в таких приборах не нуждаются. Даже если они и установлены, то золотники редукторов будут находиться в полностью открытом положении. Никакого смысла в таких редукторах нет.

РЕДУКТОР ВЫПОЛНЯЕТ РОЛЬ ОГРАНИЧИТЕЛЯ РАСХОДА

Поскольку при определении расчетных расходов холодной и горячей воды используется вероятностный метод, то в часы пикового потребления не все квартиры многоэтажного дома в одинаковой степени получают воду надлежащего качества. В частности, для приведенного примера 25-этажного дома, даже при установленных редукторах по схеме **рис. 1б**, в верхние этажи вода будет поступать либо в недостаточном количестве, либо вообще не будет подаваться. Все дело в разнице входных давлений между уровнем первых и последних этажей. Повышенный расход на первых этажах приводит к недостатку воды на последних этажах. Для того, чтобы избежать такой неравномерности, можно использовать динамические ограничители расхода, которые, не влияя на давление в статике, в динамическом режиме сужают проходное сечение, ограничивая подачу воды к потребителю. Примером такого прибора может служить регулятор расхода Ленинградского типа РРЛТ-1 (**см. рис. 5**).

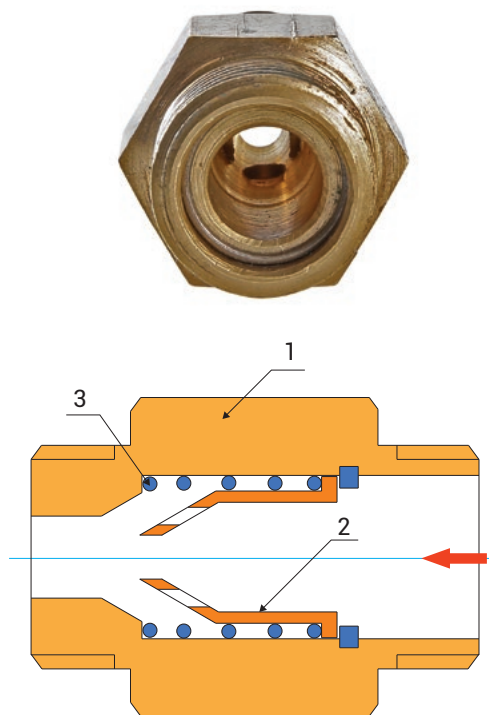


Рис. 5
Динамический
ограничитель расхода РРЛТ-1

Устроен клапан достаточно просто: в латунном **корпусе 1** расположено **подвижное сопло 2**, подпружиненное **пружиной 3**. При увеличении скорости потока пружина начинает сжиматься, сопло передвигается по направлению потока, уменьшая проходное сечение клапана и ограничивая расход.

Однако, опыт эксплуатации таких ограничителей выявил их крайне низкую долговечность из-за шламовых отложений в пружинном зазоре. На горячей воде подвижность сопла исчезает уже через 3–4 месяца эксплуатации. На холодной воде этот срок больше, но тоже далек от заявленного. Кроме того, эти регуляторы рассчитаны на входное давление не выше 6 бар. То есть регулятор не отменяет необходимости установки редуктора при входном давлении более 6 бар.

Гораздо разумнее установить в качестве ограничителя расхода редуктор с пониженной (относительно максимально допустимой) настройкой выходного давления. Именно поэтому в ГОСТ Р 55023-2012 «Регуляторы давления квартирные. Общие технические условия» величина выходного давления указана $2,7 \pm 0,2$ бара. Для большинства квартир многоэтажных зданий эта величина вполне достаточна для нормального функционирования всех водопотребляющих приборов. Настроив все редукторы стояка на 2,7 бара (на двух последних этажах редукторы не нужны) (**см. рис. 1в**), мы снизим расходы в пиковый период на этажах с 1-го по 23-й на величину N , которую можно определить по формуле:

$$N = 100 \left(\sqrt{\frac{P_{изл.1}}{P_{изл.2}}} - 1 \right) = 100 \left(\sqrt{\frac{4,5}{2,7}} - 1 \right) = 29\%$$

Это обеспечит более равномерное распределение воды по всем этажам стояка.

Однако, нередко потребитель вмешивается в первоначальную настройку квар-

тирного регулятора давления, что негативно сказывается на общей работе стояка. Из этих соображений, рекомендуется в квартирах устанавливать редукторы, доступ к настройкам которых либо невозможен, либо существенно ограничен. В качестве примера таких редукторов можно привести изделия, приведенные на **рис. 6 и 7**.



Рис. 6
Кран с фильтром и мембранным редуктором фиксированной настройки VT.298, 299 (КФРД)



Рис. 7
Линейный редуктор VT.084

РЕДУКТОР ВЫРАВНИВАЕТ ДАВЛЕНИЕ МЕЖДУ ГОРЯЧЕЙ И ХОЛОДНОЙ ВОДОЙ

Не всегда холодная и горячая вода поступает в квартиру многоэтажного дома с одинаковым давлением. В то же время в инструкциях и паспортах на современные смесители указано, что разница в давлениях не должна превышать 10% (см. **рис. 8**).

Если разница в давлениях будет больше, то нормальное пользование смеси-

Технические характеристики

Минимальное давление воды	0,05 Мпа
Оптимальное давление воды	0,3 МПа
Испытательное давление воды	1,6 Мпа*
Различие давлений холодной и горячей воды	±10%
Максимальная температура горячей воды	+75°C

* - краткосрочное тестирование, опрессовка системы.

Во избежание засорения картриджа, кран-букс и диверторов рекомендуем установить фильтры грубой очистки воды не более 100 мкм.

Рис. 8
Фрагмент паспорта смесителя для ванны

телями станет затруднено. Ситуация еще более ухудшится, если давление воды не постоянно и может меняться в период водопользования. В этом случае настроить требуемую температуру воды жильцу просто невозможно. Установка редукторов на вводе в квартиру может исправить положение, однако следует помнить, что редуктор не может повышать давление. Поэтому, когда давление в одном из стояков падает ниже настроенного значения редуктора, проблему может решить только установка повысительного насоса. Пример подобного решения приведен на **рис. 9**.

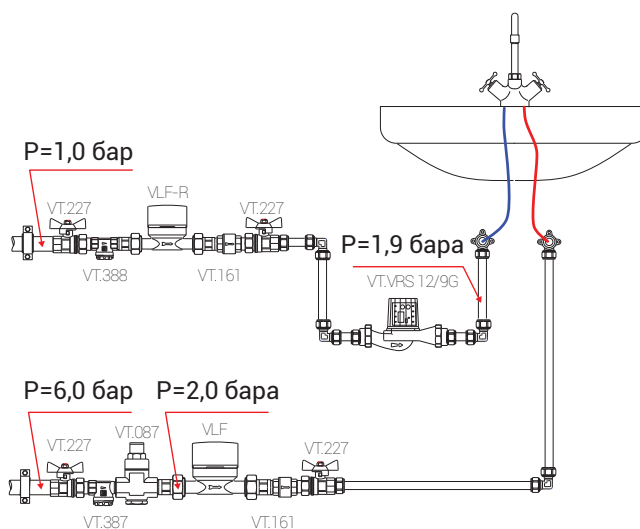


Рис. 9
Квартирный ввод с редуктором на ГВС и насосом на ХВС

В этом примере на вводе горячей воды, имеющей давление 6 бар, установлен поршневой редуктор VT.087, настроенный на выходное давление 2 бара. На трубопроводе холодной воды, имеющей входное давление 1 бар, установлен повысительный насос.

В качестве повысительного использован насос VT.VRS 12/8G (см. рис. 10).



Рис. 10
Повысительный насос VT.VRS12/8G

Этот насос оборудован реле протока, поэтому он начинает работать только тогда, когда открывается вентиль смесителя. Насос способен поднять давление на 9 м в. ст. и может работать на воде с температурой до 110 °С.

О ПЕРЕТЕКАНИИ

Случается, что горячая вода появляется как в горячем, так и в холодном трубопроводе. В ряде публикаций говорится, что это происходит потому, что не установлены регуляторы давлений. Так ли это? Давайте разберемся. Основной причиной «перетекания» горячей воды в холодный трубопровод действительно является разница давлений в трубах. Но каким образом горячая вода попадает в холодный трубопровод? Вот основные пути, приводящие к такому явлению:

1. наличие арматуры с предварительным смешением. Если у кого-то из жильцов установлен смеситель для биде, гидромассажная ванна или душ, то эта квартира является потенциальным источником «перетекания». В этих приборах потоки горячей и холодной воды соединяются независимо от того, открыт кран или нет;
2. емкостной водонагреватель, который жильцы устанавливают в качестве аварийного источника ГВС, не имеет на входе обратного клапана (или имеет неисправный клапан);
3. абразивный износ керамической регулировочной пластины «однорукого» смесителя (см. рис. 11);



Рис. 11
Зона возможного разрушения керамической пластины смесителя

4. оставление хозяевами переключателя душа в среднем положении. В этом случае вода не поступает ни в душевой рожек, ни на излив смесителя, но каналы холодной и горячей воды соединены между собой (рис. 12).

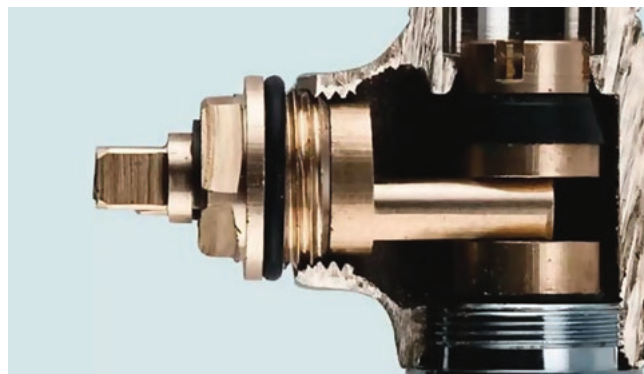


Рис. 12
Переключатель душа

В ряде этих случаев редуктор может помочь, во-первых, тем, что уравнивает давление в трубопроводах, во-вторых, тем, что сыграет роль обратного клапана. К последнему обстоятельству надо относиться с осторожностью. Редуктор отнюдь не заменяет собой обратного клапана. Если давление на входе в клапан будет значительно меньше настроечного, а давление встречного потока близко к настроечному, клапан будет открыт. В связи с этим единственным способом избежать перепуска является установка на входе в квартиру обратного клапана. Это соответствует и требованиям СП 30.13330.2012 п. 7.1.9 «Установку обратных клапанов в системах горячего водоснабжения следует предусматривать: ...в узлах подключения квартир после установки счетчиков количества воды».

ПОДБОР РЕДУКТОРА

Убедившись в необходимости установки регулятора давления на вводе водопровода, важно правильно подобрать его по расходной характеристике. К редуктору в полной мере относятся все те рассуждения, которые приведены в начале статьи и касались смесительного вентиля. Когда в золотниковом узле редуктора происходит слишком большое дросселирование потока, он начинает шуметь, а в призолотниковой зоне может происходить абразивно-кавитационное разрушение седла и корпуса (рис. 13).



Рис. 13
Сквозное разрушение корпуса редуктора

Чтобы избежать подобных неприятностей, при выборе редуктора следует придерживаться следующих правил:

1. скорость рабочей среды на входе в редуктор не должна превышать 1,5 м/сек. Это значит, что расходы через редуктор не должны превышать:

- для 1/2" - 0,29 л/с;
- для 3/4" - 0,52 л/с;
- для 1" - 0,86 л/с;
- для 1 1/4" - 1,52 л/с;

2. падение давления от настроечного на редукторе при расчетном расходе не должно быть более 1,2 бара. Здесь уместно напомнить, что «настроечным» считается давление, на которое настраивается регулятор при отсутствии расхода через него. Появление малейшего расхода приводит к снижению давления на выходе по отношению к настроечному. Графики падения давления приводятся в технических паспортах на редукторы (см. рис. 14).

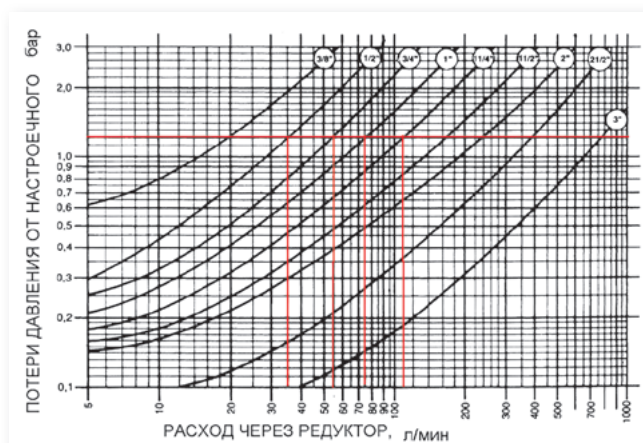


Рис. 14
График потерь давления для редукторов VT.087

По графику, приведенному на рис. 14, видно, что максимальный расход по второму условию через редуктор VT.087 1/2" составляет 35 л/мин, или 0,58 л/с. Таким образом, для большинства редукторов выполнение первого условия гарантирует выполнение второго;

3. отношение входного давления к настроечному (коэффициент редукции) не должен превышать 2,5. Например, если входное давление составляет 16 бар, настраивать редуктор в такой системе можно на давление не менее $16:2,5 = 6,4$ бара, независимо от доступного паспортного диапазона настройки. Настройка на давление ниже указанного значения повысит шумность редуктора и приведет к снижению срока его безаварийной эксплуатации.

Невольно напрашивается вопрос: что же делать, если надо снизить давление, например с 16-ти до 3-х бар? Есть три приемлемых варианта решения данной проблемы:

- во-первых, можно прибегнуть к каскадному редуцированию. То есть на входе устанавливаются последовательно 2 редуктора (рис. 15а);
- во-вторых, перед редуктором можно расположить дроссельную шайбу, регулировочный вентиль или балансировочный клапан, который в динамическом режиме снизит входное давление до нужного уровня (рис. 15б);

- в-третьих, можно разбить систему по высоте на несколько уровней, тем самым снизив входное давление.

Правильный подбор и грамотная установка регулятора давления продлит срок службы как самого редуктора, так и водопотребляющей арматуры в квартире и не будет служить источником шума.

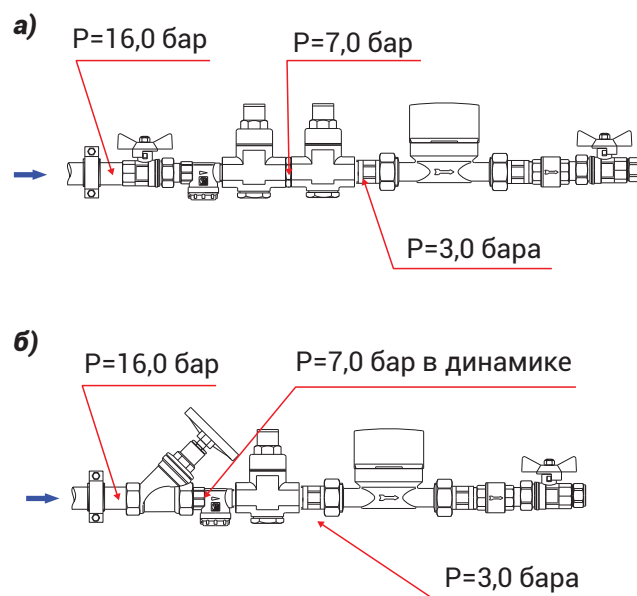



Рис. 15

Методы снижения входного давления

**Все, что Вы
хотели знать
о редукторах**





ПОДБОР «БЫТОВЫХ» ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ

В. И. Поляков
Главный инженер

Предохранительные клапаны — это последний рубеж, который призван защитить инженерную систему, квартиру или коттедж от аварии в случае нештатной ситуации. Срабатывание предохранительного клапана — это всегда ЧП, свидетельствующее о том, что какие-то параметры системы вышли за пределы расчетных значений, или произошел отказ в работе какого-либо функционального элемента.

В повседневной жизни мы встречаемся с этими изделиями в том случае, если у нас в квартире или в загородном доме установлен накопительный водонагреватель или имеется автономная котельная. Предохранительные клапаны накопительных водонагревателей и коттеджных котельных мы и решили отнести к понятию «бытовых».

подавляющее большинство предохранительных клапанов, с которыми мы встречаемся в квартире или коттедже, от-

носятся к малоподъемным, пружинным клапанам прямого действия.

на заметку

Малоподъемный предохранительный клапан (*low lift safety/relief valve*) — клапан, у которого ход запирающего элемента не превышает $1/20$ от наименьшего диаметра седла (п. 5.7.5 [8]).

Пружинный клапан (*spring-loaded safety/relief valve*) — предохранительный клапан, в котором усилие, противодействующее воздействию рабочей среды на запирающий элемент, создается пружиной (п. 5.7.8 [8]).

Клапан прямого действия (*direct-acting safety/relief valve*) — это предохранительный клапан, работающий только от энергии рабочей среды, непосредственно воздействующей на запирающий элемент или другой чувствительный элемент, и не имеющий вспомогательных устройств, управляющих клапаном при его работе в автоматическом режиме (п. 5.7.9 [8]).

В 90% случаев грамотным подбором «бытовых» предохранительных клапанов никто не занимается. К водонагревателям, как правило, прилагается штатный клапан (рис. 4), информацию о технических характеристиках которого найти, практически, невозможно. На котел загородного дома устанавливается типовая группа безопасности и считается, что этого вполне достаточно. Но так ли это?

Статистика утверждает обратное. Количество аварий, приведших к ранениям и гибели людей, вызванных взрывами бытовых накопительных водонагревателей (рис. 1) и водогрейных котлов (рис. 2), из года в год растет в геометрической прогрессии. Как же так? Ведь это оборудование наверняка было защищено предохранительными клапанами, которые не должны были позволить возникнуть аварийной ситуации. Все дело в том, что арматура безопасности была подобрана неверно.



Рис. 1

Последствия аварии электроводонагревателя



Рис. 2

Последствия аварии водогрейного котла в загородном доме

На примере емкостного электроводонагревателя давайте разберемся, как нужно грамотно подобрать предохранительный клапан, и на какие именно нештатные ситуации он должен быть рассчитан. На рис. 3 приведена схема обычного электрического накопительного водонагревателя.

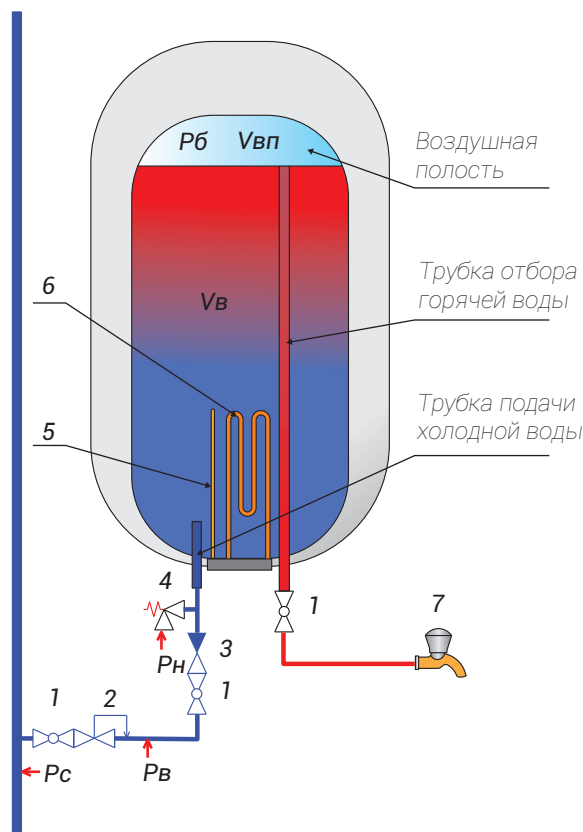


Рис. 3

Схема бытового электроводонагревателя

- 1 — кран шаровой;
- 2 — регулятор давления воды (редуктор);
- 3 — обратный клапан;
- 4 — предохранительный клапан;
- 5 — датчик температуры;
- 6 — ТЭН;
- 7 — водоразборный кран ГВС;
- P_c — давление в стояке ХВ;
- P_b — давление на входе в водонагреватель;
- $P_б$ — давление в водонагревателе;
- V_b — первоначальный объем воды в баке;
- $V_{вп}$ — первоначальный объем воздушной полости;
- P_n — давление настройки предохранительного клапана.

на заметку

Давление настройки P_H — это наибольшее избыточное давление на входе в предохранительный клапан, при котором затвор закрыт и обеспечивается заданная герметичность затвора (п. 6.3.2 [8]).

Холодная вода, поступающая из стояка **ХВ** с давлением P_c и температурой T , проходит через **редуктор 2**, который понижает давление воды до значения P_B . Бак водонагревателя заполняется водой, при этом в его верхней части остается воздушная полость объемом $V_{вп}$, которая будет играть роль расширительного бака. То есть эта полость призвана воспринимать избыточный объем воды, образовавшейся при ее нагревании. Перед водонагревателем установлен предохранительный **клапан 4** с давлением настройки P_H и **обратный клапан 3**.

До начала нагревания вода и воздух в баке находятся под давлением $P_6 = P_B$. Общий объем бака водонагревателя складывается из первоначального объема воды и воздушной полости:

$$V_6 = V_B + V_{вп}. \quad (1)$$

Можно выразить первоначальный объем воздушной полости в долях « n » от общего объема бака:

$$V_{вп} = nV_6. \quad (2)$$

При нагревании до температуры T_r вода расширяется на величину:

$$\Delta V = \beta V_6 (1 - n)(T_r - T). \quad (3)$$

где β — коэффициент температурного расширения воды.

Соответственно, объем воздушной полости уменьшится до величины:

$$V_{вп1} = V_{вп} - \Delta V = V_6 [n - \beta(1 - n)(T_r - T)]. \quad (4)$$

При этом давление в баке увеличится до значения P_{61} .

В соответствии с законом Менделеева — Клайперона для воздушной полости можно составить следующее уравнение:

$$\frac{(P_6 + 1)V_{вп}}{(P_{61} + 1)V_{вп1}} = \frac{T}{T_r}. \quad (5)$$

Подставляя в формулу (5) выражения для $V_{вп}$ и $V_{вп1}$ из формул (2) и (4), после преобразований получим следующее выражение:

$$n = \frac{\beta(T_r - T)}{1 + \beta(T_r - T) - \frac{(P_6 + 1)T_r}{(P_{61} + 1)T}}. \quad (6)$$

Формула (6) показывает, какую долю должна занимать воздушная полость в баке водонагревателя при известных соотношениях температур и давлений.

В реальных бытовых электроводонагревателях давление на входе в бак, как правило, принимается $P_6 = P_B = 3,0$ бара. Предохранительные клапаны настроены на избыточное давление $P_H = 7,0$ бар. Очевидно, что давление в баке после нагрева воды с $T = 5^\circ\text{C} (278^\circ\text{K})$ до $T_r = 90^\circ\text{C} (363^\circ\text{C})$ не должно превышать давления настройки предохранительного клапана $P_H \geq P_{61}$. Учитывая, что коэффициент температурного расширения воды в интервале от 5°C до 90°C составляет $\beta \sim 0,00042 \text{ } 1/^\circ\text{C}$, можно рассчитать минимально допустимую долю воздушной полости для бака водонагревателя:

$$n = \frac{0,00042(363 - 278)}{1 + 0,00042(363 - 278) - \frac{(3 + 1)363}{(7 + 1)278}} = 0,093. \quad (7)$$

То есть если воздушная полость до нагревания будет занимать меньше, чем 9,3 % объема бака, то давление в баке при нагреве превысит 7 бар, и предохранительный клапан откроется.

Для того, чтобы понять, из каких же условий следует подбирать предохранительный клапан электрического водонагревателя накопительного типа, рассмотрим несколько

возможных сценариев возникновения аварийных ситуаций и их влияния на порядок подбора предохранительного клапана.

1. Воздушная полость водонагревателя меньше расчетной (срез трубки отбора горячей воды расположен слишком высоко).

В этом случае при нагреве давление в баке будет превышать настроечное давление предохранительного клапана и клапан будет время от времени открываться. Для такого сценария пропускная способность клапана должна обеспечивать приrost объема жидкости в пределах мощности ТЭНов:

$$G \geq \frac{3600 \cdot \beta \cdot N}{c} \text{ кг/час,} \quad (8)$$

где c — удельная теплоемкость воды, Дж/кг °К;

N — мощность ТЭНа, Вт.

При мощности ТЭНа $N=2,5$ кВт получим:

$$G \geq \frac{3600 \cdot \beta \cdot N}{c} = \frac{3600 \cdot 0,00042 \cdot 2500}{4187} = 0,9 \text{ кг/час.} \quad (9)$$

Такую производительность вполне обеспечит обычный обратно-предохранительный клапан, которыми в большинстве случаев комплектуются водонагреватели (см. рис. 4).

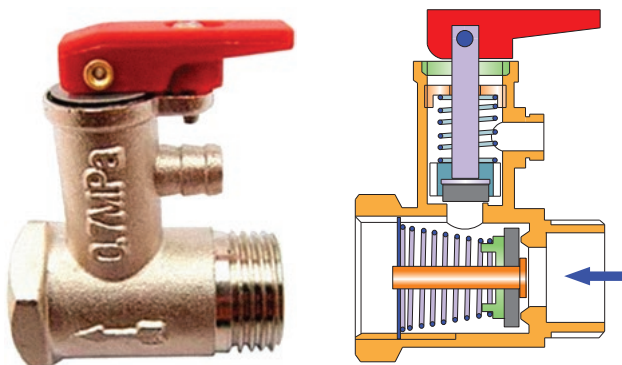


Рис. 4
Обратно-предохранительный клапан
электроводонагревателя

Клапан будет время от времени открываться, сбрасывая порцию воды.

Клапан, представленный на рис. 4, представляет собой комбинацию обратного клапана ($K_{vs}=2,7 \text{ м}^3/\text{час}$) и предохранительного клапана весьма малой пропускной способности (см. таблицу 1).

Таблица 1
Пропускная способность обратно-
предохранительного клапана G1/2"

Рабочая среда	Пропускная способность, кг/час при давлении настройки			
	5 бар	6 бар	7 бар	8 бар
Насыщенный пар	1,32	1,52	1,74	1,94
Вода	45	50	53	57

Избежать срабатывания клапана можно установкой квартирного регулируемого редуктора давления, такого, как, например VT.088 (рис. 5). В этом случае появляется возможность несколько понизить давление воды, поступающей в бак электроводонагревателя.



Рис. 5
Квартирный редуктор давления воды
VALTEC VT.088

2. В бак поступает вода с давлением выше расчетного, но ниже давления настройки клапана.

При данной ситуации давление в баке при нагревании воды неизбежно превысит давление настройки предохранительного клапана. Так же, как и в первом случае, предохранительный клапан будет периодически срабатывать, и пропускная способность клапана также должна обеспечивать приrost объема жидкости в пределах мощности ТЭНов (по формуле (8)).

3. В бак поступает вода с давлением выше расчетного и выше давления настройки клапана.

Так может получиться, когда выходит из строя регулятор давления на входе в квартиру. Давление в баке P_6 будет стремиться сравняться с давлением в стояке P_c . Предохранительный клапан будет постоянно находиться в открытом положении. Если его пропускная способность будет удовлетворять условию по формуле (10), давление в баке будет поддерживаться на уровне давления настройки предохранительного клапана.

$$G \geq 1000K_{vs}\sqrt{(P_c - \Delta P_n - P_{no})} \text{ кг/час}, \quad (10)$$

где K_{vs} — пропускная способность обратного клапана на входе в водонагреватель, м³/час;

ΔP_n — потери давления на участке от стояка до обратного клапана водонагревателя при расходе, равном пропускной способности предохранительного клапана, бар;

P_{no} — давление полного открытия предохранительного клапана, бар.

Если условие формулы (10) не соблюдается, то давление в баке достигнет значения $P = P_c - \Delta H$. Если давление P превышает максимально допустимое для бака водонагревателя $P_{\text{макс}}$, то может произойти разрушение бака.

Например, если в схеме, приведенной на рис. 3 (при $P_c = 10$ бар, $P_{no} = 7,7$ бара; $K_{vs} = 2,7$ м³/час; $\Delta P_n = 2,0$ бара), произойдет отказ редуктора давления, то понадобится предохранительный клапан с пропускной способностью:

$$G \geq 1000K_{vs}\sqrt{(P_c - \Delta P_n - P_{no})} = 1000 \cdot 2,7 \cdot \sqrt{10 - 2 - 7,7} = 1479 \text{ кг/час}. \quad (11)$$

Только при этом условии давление в баке водонагревателя не превысит давление в стояке.

4. Вышел из строя температурный датчик водонагревателя или термостат

При отказе температурного датчика или термостата водонагревателя температура в баке будет повышаться до значения, определяемого формулой:

$$T_{\text{max}} = \frac{1 + \beta T \left(\frac{1}{n} - 1 \right)}{\beta \left(\frac{1}{n} - 1 \right) + \frac{(P_6 + 1)}{(1,1P_H + 1) \cdot T}} \text{ } ^\circ\text{K}, \quad (12)$$

Пример: при $n = 0,1$; $T = 278$ °C; $P_6 = 3$ бара; $P_H = 7$ бар:

$$T_{\text{max}} = \frac{1 + \beta T \left(\frac{1}{n} - 1 \right)}{\beta \left(\frac{1}{n} - 1 \right) + \frac{(P_6 + 1)}{(1,1P_H + 1) \cdot T}} = \frac{1 + 0,00042 \cdot 278 \left(\frac{1}{0,1} - 1 \right)}{0,00042 \left(\frac{1}{0,1} - 1 \right) + \frac{3 + 1}{(1,1 \cdot 7 + 1) \cdot 278}} = 378 \text{ } ^\circ\text{K} = 105 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (13)$$

Поскольку температура воды при полном открытии клапана превышает 100 °C, из клапана будет выходить водяной пар.

Для предотвращения вскипания воды в баке производительность клапана по водяному пару должна удовлетворять условию:

$$G \geq \frac{N \cdot 3600}{r} \text{ кг/час,} \quad (14)$$

где r — удельная теплота парообразования воды (для водогрейных котлов-теплоносителя), Дж/кг.

Пример: при мощности ТЭНа $N=2,5$ кВт:

$$G \geq \frac{N \cdot 3600}{r} = \frac{2500 \cdot 3600}{22,6 \cdot 10^5} = 3,38 \text{ кг/час.} \quad (15)$$

Для данного сценария обратно-предохранительный клапан, приведенный на **рис. 4**, не сможет защитить водонагреватель. Нужно подбирать предохранительный клапан с большей производительностью, например, клапан, входящий в состав группы безопасности **VT.461** (см. **рис. 6**).

1/2"



3/4"



Рис. 6
Группа безопасности водонагревателя
VALTEC VT.461

Эта группа безопасности комплектуется съемной воронкой разрыва струи и гидрозатвором, что позволяет безопасно подключить выпуск предохранительного клапана к канализационной сети.

Появление из предохранительного клапана пара должно служить пользователю крайне тревожным сигналом, т. к. бак водонагревателя может превратиться в «паровую бомбу». Так может случиться, если температура воды в баке достигнет температуры кипения воды при настроечном давлении. Например, для избыточного давления

$P_H=7$ бар, температура кипения воды составит:

$$T_{\text{кип}} = 179,47 \cdot (0,1P + 0,1)^{0,2391} = 170 \text{ }^\circ\text{C.} \quad (16)$$

Можно рассчитать, что в ранее приведенном примере это случится при объеме воздушной полости $V_{\text{вп}}=0,21V_0$.

Открытие пользователем водоразборного крана в этом случае приведет к мгновенному падению давления в баке и превращению воды в пар, с соответствующим увеличением объема более, чем в 1700 раз.

Поэтому при появлении пара из предохранительного клапана или водоразборного крана следует немедленно отключить нагреватель от электросети и дать полностью остыть находящейся в нем воде. Лишь после этого можно слить воду и заняться ремонтом этого агрегата.

ПОДБОР ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ ДЛЯ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

По формуле (14) также рассчитывается требуемая производительность предохранительных клапанов для водогрейных котлов (см. п. 5.1. ГОСТ 24570-81*[3]). В этом случае N — это тепловая мощность котла

в Ваттах. То есть предохранительный клапан должен обеспечить пропуск вскипевшего теплоносителя в объеме расчетной теплопроизводительности котла. Здесь расчетным сценарием тоже является отказ температурной автоматики котла.

Пунктом 5.2.14 «Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 388 °K (115 °C)» [5] предлагаются следующие формулы для расчета предохранительных клапанов:

- для водогрейных котлов с естественной циркуляцией:

$$ndh = 0,000006 Q, \quad (17)$$

- для водогрейных котлов с принудительной циркуляцией:

$$ndh = 0,000003 Q, \quad (18)$$

где n — число предохранительных клапанов;
 d — диаметр клапана, см;
 h — высота подъема клапана, см;
 Q — максимальная производительность котла, ккал/ч.

В СП 89.13330.2016 [10] эти же формулы представлены уже в преобразованном виде:

- для водогрейных котлов с естественной циркуляцией:

$$ndh = 0,516 Q, \quad (19)$$

- для водогрейных котлов с принудительной циркуляцией:

$$ndh = 0,258 Q, \quad (20)$$

где n — число предохранительных клапанов;
 d — диаметр клапана, мм;
 h — высота подъема клапанов, мм;
 Q — максимальная производительность котла, Вт.

СООТНОШЕНИЕ ДАВЛЕНИЙ В ЗАЩИЩАЕМОМ ОБОРУДОВАНИИ И ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОМ КЛАПАНЕ (рис. 7)

Давление настройки предохранительного клапана P_n должно быть не менее рабочего давления P_p в защищаемом оборудовании на уровне установки предохранительного клапана.

Требования к давлению настройки в действующих нормативных документах несколько отличаются друг от друга, что отражено в **таблице 2**.

Таблица 2
Нормативные требования к давлению
настройки предохранительного клапана

Рабочее давление, Рр, МПа	Требования по СП 41-101-95 [2] п.4.47	Требования по ГОСТ 12.2.085-2002 [1] п.4.2	Требования по ГОСТ 24570-81*[3] п.5.2; СП.89.13330.2016 [10] п.10.2.14
До 0,3	Рр+0,05	Рр+0,05	1,1Рр
До 0,5			
От 0,3 до 6,0	1,1Рр	1,15Рр	
Более 0,5			
Более 6,0		1,1Рр	

Для расчетов предохранительных клапанов кроме давления настройки интерес представляют следующие показатели:

На заметку

Давление полного открытия $P_{по}$ (выпускное давление; *relieving pressure*; давление по расходу) — избыточное давление на входе в предохранительный клапан, при котором совершается ход арматуры и достигается максимальная пропускная способность (п. 6.3.5 [8]).

Давление начала открытия $P_{но}$ (установочное давление; давление срабатывания) — это избыточное давление на входе в предохранительный клапан, при котором усилие, стремящееся открыть клапан, уравновешено усилиями, удерживающими запирающий элемент на седле (п. 6.3.4 [8]).

Давление закрытия $P_з$ (давление обратной посадки; **reseating pressure**) — это избыточное давление на входе в предохранительный клапан, при котором после сброса рабочей среды происходит посадка запирающего элемента на седло с обеспечением заданной герметичности затвора (п. 6.3.1 [8]).

Расчетное давление в защищаемом оборудовании P_p — избыточное давление, на которое рассчитана эксплуатация оборудования.

Давление закрытия клапана $P_з$ должно быть не более, чем на 20% меньше давления настройки P_H ($P_з \geq 0,8 P_H$) (п. 5.7 [4]).

Разность давлений полного открытия $P_{по}$ и начала открытия клапана $P_{но}$ не должна превышать следующих значений:

- 15% давления начала открывания — для котлов с рабочим давлением не выше 0,25 МПа ($P_{по} \leq 1,15 P_{но}$);

- 10% давления начала открывания — для котлов с рабочим давлением выше 0,25 МПа ($P_{по} \leq 1,15 P_{но}$) (п.2.2 [3]).

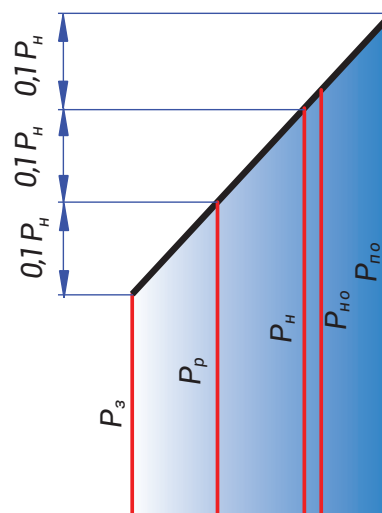


Рис. 7

Схема соотношения давлений

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ

Несмотря на то, что в основе расчета пропускной способности предохранительных клапанов лежат одинаковые физические предпосылки, сами расчетные формулы в Европе, США и России имеют некоторые различия в написании, но по значению примерно равны (см. таблицу 3).

Таблица 3

Расчетные формулы пропускной способности предохранительных клапанов

Норматив	Формула	Формула, приведенная к ГОСТ 12.2.085
ДЛЯ ГАЗА		
ГОСТ 12.2.085-2002	$G = 10 B_1 B_2 \alpha_1 F (P_1 + 0,1)$	(21)

G — пропускная способность, кг/ч;

B_1 — коэффициент физико-химических свойств газа при рабочих параметрах.

Для насыщенного пара :

$$B_1 = \frac{0,226}{\sqrt{(P_1 + 0,1) V_1}} \quad (22)$$

B_2 — коэффициент, учитывающий отношение давлений до и после клапана (при критическом течении $\beta \leq \beta_{кр}$ $B_2=1$);

F — площадь прохода в седле, мм²;

P_1 — избыточное давление на входе в клапан, МПа;

V_1 — удельный объем, м³/кг;

α_1 — расчетный коэффициент расхода для газов.

Таблица 3 (Продолжение)

Норматив	Формула	Формула, приведенная к ГОСТ 12.2.085
EN ISO 4126-1:2004	$Q_m = 0,2883 C A K_{dr} \sqrt{\frac{p_0}{v}} \quad (23)$	$G = 10,17 B_1 B_2 \alpha_1 F (P_1 + 0,1) \quad (24)$
<p>C — функция показателя адиабаты (k);</p> $C = \frac{3600}{\sqrt{10^5 R}} \cdot \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}} = 2,51 \quad (25)$ <p>A — фактическая площадь прохода в седле, мм²; K_{dr} — расчетный коэффициент расхода ($K_{dr}=0,9K_d$); p_0 — абсолютное давление полного открытия, бар; v — удельный объем, м³/кг; k — показатель адиабаты (для насыщенного пара $k=1,135$; для перегретого пара — $k=1,31$; для воздуха — $k=1,4$); R — универсальная газовая постоянная (8,314 Дж/моль °K).</p>		
ASME Sec.VIII Div.1	$W = 0,5245 K_a C (P_1 + 1) K_s K_b \quad (26)$	$G = 9,897 B_1 B_2 \alpha_1 F (P_1 + 0,1) \quad (27)$
API 520	$W = 0,5245 K_d A (P_1 + 1) K_s K_b \quad (28)$	$G = 9,897 B_1 B_2 \alpha_1 F (P_1 + 0,1) \quad (27)$
<p>W — пропускная способность, кг/час; K, K_d — коэффициенты расхода для жидкости соответственно по ASME и API ($K=0,9K_d$); A_c — фактическая площадь прохода в седле, мм²; A — эффективная площадь прохода в седле, мм² ($A=0,9A_c$); P — избыточное давление на входе в клапан, бар; K_s — коэффициент перегрева пара; K_b — коэффициент учета давления за клапаном (при критическом течении $\beta \leq \beta_{кр}$ $K_b=B_2=1$)</p>		
ДЛЯ ЖИДКОСТИ		
ГОСТ 12.2.085-2002	$G = 5,03 \alpha_2 F \sqrt{(P_1 - P_2) \cdot \rho} \quad (29)$	
<p>G — пропускная способность, кг/час; α_2 — расчетный коэффициент расхода для жидкостей; F — фактическая площадь прохода в седле, мм²; P_1 — давление полного открытия, МПа; P_2 — наибольшее избыточное давление за клапаном, МПа; ρ — плотность жидкости при расчетных условиях, кг/м³.</p>		
EN ISO 4126-1:2004	$Q_m = 1,61 K_v A K_{dr} \sqrt{\frac{p_0 - p_b}{v}} \quad (30)$	$G = 5,09 \alpha_2 F \sqrt{(P_1 - P_2) \cdot \rho} \quad (31)$
<p>Q_m — пропускная способность, кг/час; K_v — коэффициент, учитывающий вязкость жидкости (для воды $K_v=1$); A — площадь прохода в седле, мм²; K_{dr} — расчетный коэффициент расхода ($K_{dr}=0,9K_d$); K_d — коэффициент расхода; p_0 — абсолютное давление полного открытия, бар; p_b — наибольшее абсолютное давление за клапаном, бар; v — удельный объем жидкости, м³/кг.</p>		
ASME Sec.VIII Div.1	$W = 0,0509 K A_c \rho \sqrt{\frac{P_A - P_B}{G}} \quad (32)$	$G = 5,09 \alpha_2 F \sqrt{(P_1 - P_2) \cdot \rho} \quad (31)$
API 520	$W = 0,0509 K_d A \rho \sqrt{\frac{P_A - P_B}{G}} \quad (33)$	$G = 5,09 \alpha_2 F \sqrt{(P_1 - P_2) \cdot \rho} \quad (31)$
<p>W — пропускная способность, кг/час; K, K_d — коэффициенты расхода для жидкости соответственно по ASME и API ($K=0,9K_d$); A_c — фактическая площадь прохода в седле, мм²; A — эффективная площадь прохода в седле, мм² ($A=0,9A_c$); P_A — давление полного открытия, МПа; P_B — наибольшее избыточное давление за клапаном, МПа; ρ — плотность жидкости при расчетных условиях, кг/м³; G — относительная плотность по отношению к воде при 20 °C.</p>		

на заметку

Коэффициент расхода для газа α_1 или жидкости α_2 (discharge coefficient) — это отношение при одинаковых параметрах массового расхода газа или жидкости через предохранительный клапан к расходу газа или жидкости через идеальное сопло с площадью сечения, равной площади самого узкого сечения седла клапана (п. 6.3.11 [8]). В соответствии с п. 1.6. ГОСТ 24570-81*[3], расчетный коэффициент расхода должен быть на 10% меньше, чем коэффициент расхода, полученный при испытаниях.

Многие европейские производители предохранительной арматуры предлагают рассчитывать пропускную способность предохранительных клапанов по упрощенной формуле:

$$G = K_1 \cdot \alpha \cdot F \cdot (K_2 \cdot \rho)^{0,5} \text{ кг/час} \quad (34)$$

где K_1 — коэффициент свойств рабочей среды (для насыщенного пара — $K_1=0,76$; для перегретого — $K_1=0,753$, для жидкостей — $K_1=1,59$; для воздуха — $K_1=0,77$);

α — коэффициент расхода;

K_2 — коэффициент давления (для газов $K_2=P_1+1$, для жидкостей $K_2=P_1-P_2$), бар;

F — расчетная площадь сечения клапана, мм²;

ρ — плотность среды при расчетных условиях, кг/м³;

P_1 — максимальное избыточное давление перед седлом клапана, бар;

P_2 — максимальное избыточное давление после клапана, бар.

Расходные характеристики предохранительного клапана (коэффициенты расхода, расчетные площади сечения проходной части клапана, графики или таблицы пропускной способности для различных рабочих сред) обязательно должны быть указаны в его техническом паспорте (п. 1.6. ГОСТ 24570-81* [3]). В противном случае, клапан не

может быть правильно подобран и не в состоянии гарантировать надлежащую защиту оборудования.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСХОДА

Коэффициенты расхода для газов α_1 и жидкостей α_2 определяются для каждого клапана опытным путем по методике, изложенной в ГОСТ Р 55508-2013 [7].

Чтобы определить коэффициенты расхода, подают под золотник клапана воздух (для α_1) или воду (для α_2) при давлении полного открытия $P_{по}$.

Поддерживая это давление, измеряют массный расход рабочей среды G в кг/час. Коэффициенты расхода вычисляются по формулам:

$$\alpha_1 = \frac{G}{3,16 \cdot B_3 \cdot F \cdot \sqrt{(P_1+1) \cdot \rho_1}}; \quad (35)$$

$$\alpha_2 = \frac{G}{5,03 \cdot F \cdot \sqrt{(P+1) \cdot \rho}}; \quad (36)$$

где B_3 — коэффициент, учитывающий физико-химические свойства воздуха при рабочих параметрах ($B_3=0,77$);

F — площадь сечения клапана, равная наименьшей площади сечения в точной части, мм²;

P_1 , P — избыточное давление рабочей среды до клапана, равное давлению полного открытия, кг/см²;

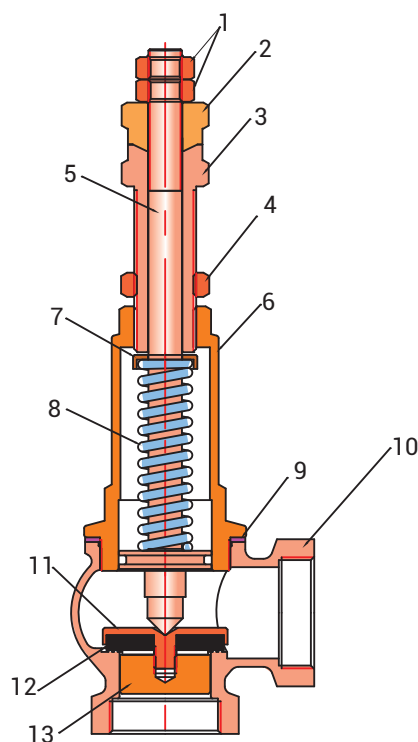
ρ_1 — плотность воздуха при заданных параметрах давления P_1 и абсолютной температуры T , определяемая по формуле:

$$\rho_1 = \frac{(P_1+1) \cdot 10^4}{B_4 \cdot R \cdot T} \text{ кг/м}^3, \quad (37)$$

B_4 — коэффициент, учитывающий сжимаемость воздуха (при давлении $P_1 < 20$ кг/см² и температуре до 50°C $B_4=1$);

R — газовая постоянная (для воздуха $R = 29,27 \text{ кгс} \cdot \text{м/кг} \cdot \text{K}^\circ$);
 T — абсолютная температура воздуха ($T = 293 \text{ }^\circ\text{C}$).
 ρ — плотность воды ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$).

В качестве примера ниже приводятся расходные **таблицы 4, 5 и 6 пружинного малоподъемного предохранительного клапана VT.1831 (рис. 8).**



- 1 — контрящие гайки;
- 2 — втулка принудительного открывания;
- 3 — втулка настройки;
- 4 — стопорная гайка;
- 5 — шток;
- 6 — корпус пружинной камеры;
- 7 — опорная шайба пружины;
- 8 — пружина;
- 9 — прокладка;
- 10 — корпус клапана;
- 11 — золотниковая тарелка;
- 12 — золотниковая прокладка;
- 13 — направляющая крестовина.

Рис. 8
 Клапан предохранительный
 VALTEC VT.1831 с устройством
 принудительного открывания

Таблица 4
 Производительность клапана VT.1831 по воздуху

ρ , кг/м ³	P_n , бар	Расход воздуха в кг/час					
		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
2,33	1,0	5,54	10,5	19,85	35,34	52,77	79,92
3,50	2,0	9,36	15,79	29,83	53,12	79,29	120,1
4,66	3,0	12,47	21,03	39,74	70,77	105,6	160,0
5,83	4,0	15,60	26,30	49,70	88,51	132,1	200,1
6,70	5,0	18,32	30,89	58,37	103,9	155,1	235,0
8,16	6,0	21,84	36,82	69,58	123,9	185,0	280,2
9,33	7,0	25,00	42,07	79,51	141,6	211,3	320,2
10,49	8,0	28,10	47,33	89,43	159,3	237,7	360,1
11,66	9,0	31,20	52,57	99,35	176,9	264,1	400,0
12,83	10,0	34,33	57,90	109,4	194,8	290,8	440,5
14,00	11,0	37,46	63,14	119,3	212,5	317,2	480,5
15,16	12,0	40,57	68,33	129,1	229,9	343,2	520,0

Таблица 5*Производительность клапана VT.1831 по насыщенному пару*

ρ, кг/м³	P _н , бар	Расход насыщенного пара в кг/час					
		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
1,109	1,0	4,25	7,15	13,51	24,06	35,91	54,04
1,621	2,0	6,28	10,63	20,16	35,78	53,42	80,81
2,124	3,0	8,33	14,05	26,64	47,28	70,60	106,8
2,61	4,0	10,30	17,41	33,0	58,58	87,45	132,3
3,111	5,0	12,30	20,76	39,36	69,86	104,3	157,8
3,6	6,0	14,33	24,18	45,84	81,37	121,5	183,7
4,09	7,0	16,31	27,54	52,20	92,66	138,3	209,2
4,51	8,0	18,15	30,64	58,08	103,1	153,9	232,8
5,051	9,0	20,25	34,18	64,80	115,0	171,7	259,7
5,54	10,0	22,24	37,54	71,16	126,3	188,6	285,2
6,03	11,0	24,22	40,89	77,52	137,60	205,4	310,7
6,5	12,0	26,21	44,24	83,88	148,9	222,2	336,2

Таблица 6*Производительность клапана VT.1831 по воде (при 20 °С)*

P _н , бар	Расход воды в кг/час					
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
1,0	707	1533	2809	4085	6049	9337
2,0	1000	2168	3972	5777	8555	13205
3,0	1225	2656	4865	7075	10478	16173
4,0	1415	3067	5617	8169	12098	18675
5,0	1582	3429	6280	9134	13526	20879
6,0	1733	3756	6880	10005	14817	22872
7,0	1871	4057	7431	10807	16005	24704
8,0	2001	4337	7944	11553	17110	26410
9,0	2122	4600	8426	12254	18148	28012
10,0	2237	4849	8882	12917	19129	29527
11,0	2346	5085	9315	13547	20063	30968
12,0	2450	5311	9729	14150	20955	32345

Клапан VT.1831 имеет устройство принудительного открывания, что регламентировано п.2.1. ГОСТ 24570-81* [3] и п. 5.2 ГОСТ 12.2.085-2002 [1].

В действующих нормативах, касающихся конструкции предохранительных клапанов, имеется некоторое разночтение. Так, пункт 2.4. ГОСТ 24570-81* [3] гласит: «Применение сальниковых уплотнений штока клапана не допускается». В то же время, в пункте 6.6.10 ГОСТ 31294-2005 [4] сказано: «Уплотнение узла ручного под-

рыва должно обеспечивать герметичность клапана относительно внешней среды. Сальниковое уплотнение узла ручного подрыва должно быть герметично при условии, что втулка сальника входит в сальниковую камеру не более чем на 30% своей высоты, но не менее чем на 2 мм». Для выполнения этих противоречивых требований, в клапане VT.1831 имеется посадочное место для установки уплотнительного кольца штока, но само сальниковое кольцо не установлено, но входит в комплект поставки клапана.

Использованная литература:

1. ГОСТ 12.2.085-2002 Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности.
2. СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов.
3. ГОСТ 24570-81* Клапаны предохранительные паровых и водогрейных котлов. Технические требования.
4. ГОСТ 31294-2005 Клапаны предохранительные прямого действия. Общие технические условия.
5. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 388 °K (115 °C).
6. Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением.
7. ГОСТ Р 55508-2013 Арматура трубопроводная. Методика экспериментального определения гидравлических и кавитационных характеристик.
8. ГОСТ 24856-2014 Арматура трубопроводная. Термины и определения.
9. ISO 4126-1 Устройства предохранительные для защиты от избыточного давления. Часть 1: Предохранительные клапаны.
10. СП 89.13330.2016 Котельные установки.

Беспроводная автоматика для теплого пола



С. В. Пискарев

Руководитель отдела технологического оборудования

Сколько уже статей написано о необходимости автоматизации систем водяного напольного отопления, на сколько повышается уровень комфорта потребителя при установке автоматики, как увеличивается экономический эффект от эксплуатации системы... Обо всем этом подробнейшим образом разбиралось в наших статьях, на наших обучающих мероприятиях, которые регулярно проводятся по всей России и в странах СНГ. Ведь только при использовании автоматики человек сможет получить максимум удовольствия от функционирования системы водяного теплого пола.

Но, тем не менее, не до всех удастся достучаться. По непонятным причинам находят люди, которых эта информация

обошла, либо они сознательно в целях сиюминутной экономии проигнорировали ее.

Давайте произведем элементарный подсчет. Возьмем, к примеру, площадь теплого пола 60 м², составим две калькуляции — с автоматикой и без нее — и посмотрим, сколько мы «сэкономим». Стоимость элементов теплого пола без автоматики приведена в **таблице 1**.

Для полной автоматизации управления системой теплого пола необходимо добавить элементы, приведенные в **таблице 2**.

Разница составляет всего 27,5% от первоначальной сметы материалов для теплого пола, около **10%** от общей стоимости оборудования системы отопления вместе с котельной, и порядка **0,4%** от стоимости дома!

Таблица 1
Калькуляция стоимости теплого пола без автоматики

Номенклатура	Артикул	Кол-во	Ед. изм.	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Кран шар. BASE с полусгоном 1"; вн.-нар.	VT.227.N.06	2	шт.	916,00	1832
Труба из сшитого полиэтилена PEX	VP1620	400	м.п.	50,00	2000
Шкаф коллекторный	ШРВ4	1	шт.	2 977,00	2977
Соединитель коллекторный обжимной «евроконус» для PEX/PE-RT трубы	VT.4410.NE.16	8	шт.	171,00	1386
Коллекторная группа в сборе, 1"х4 вых., «евроконус», 3/4"	VTc.586. EMNX.0604	1	к-т	9 684,00	9684
Насосно-смесительный узел VALTEC COMBI	VT.COMBI.0.180	1	шт.	19 078	19078
Насос циркуляционный VRS 25/4-180	VRS.254.18.0	1	шт.	3 466,00	3466
Фиксатор поворота стальной	VT.491.S.16	8	шт.	56,00	448
Плита пенополистирольная для теплого пола с покрытием	FT 20/40L	120	шт.	275	33000
Лента демпферная	THG000008	4	рул.	382	1528
Скоба-фиксатор	FT	3	уп.	230,00	690
ИТОГО:					76089

Таблица 2
Калькуляция стоимости элементов автоматизации (проводная схема)

Номенклатура	Артикул	Кол-во	Ед. изм.	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Погодозависимый контроллер с комплектом датчиков	VT.K200.M	1	шт.	8990	8990
Термостат комнатный с датчиком температуры пола	VT.AC602.0	3	шт.	1600	4800
Сервопривод электротермический, нормально закрытый	VT.TE3042.0	4	шт.	1 350,00	5400
Разница в стоимости узлов VT.COMBI и VT.COMBI.S		1	шт.	1747	1747
ИТОГО:					20937

Неужели такая незначительная первоначальная экономия стоит того, чтобы обресть себя на постоянную беготню к узлу управления для очередной перенастройки

пола? Принимая на себя часть ответственности за неоправданную экономию заказчика на первоначальном этапе, и понимая, что штробить стены по чистовой отделке

для прокладки проводов от термостатов уже поздно, инженерами компании VALTEC была разработана надежная, эффективная, функциональная и бюджетная **система беспроводной автоматизации водяного теплого пола (рис. 1)**.



Рис. 1
Термостат и приемник беспроводной системы автоматизации

Система состоит из двух элементов: термостата и приемника управляющего сигнала, который переключает контакты встроенного реле при достижении заданной потребителем температуры. Приемник располагается непосредственно в коллекторном шкафу рядом с сервоприводами для удобства электрического подключения. Термостат управляет сервоприводом или группой сервоприводов, дистанционно, по радиоканалу в радиусе до 50 м.

Тип переключающего реле — трехконтактный, что позволяет применять исполнительные механизмы нормально открытого (НО) и нормально закрытого (НЗ) типа, с напряжением питания как 220 В, так и 24 В, а также использовать приемник для управления другими электрическими приборами (насосами, вентиляторами и т.д.).

Программирование хронотермостата осуществляется для каждого из 7 дней недели посредством задания графика из-

менения температуры в течение дня. Пользователь может выставить 6 режимов автоматического поддержания температуры в помещениях. Таким образом, осуществляется возможность регулирования внутреннего климата в соответствии с ре-

жимом жизни конкретных пользователей. Хронотермостат снабжен функцией защиты от замерзания, при которой температура внутреннего воздуха поддерживается не ниже 5 °С. В режиме расширенных настроек доступна функция блокировки клавиатуры. Это весьма удобно для защиты системы от случайного вмешательства или для ограничения доступа детей.

Стоимость данного комплекта на сентябрь 2017 года составляет 6 160 рублей. Да, решение чуть более дорогое по сравнению с проводными термостатами, но ремонт уже сделан, деваться некуда, да и личный комфорт это величина бесценная! Кроме того, если проанализировать рыночную стоимость беспроводной автоматизации сторонних производителей, то становится очевидным, что беспроводной хронотермостат VALTEC — это самый функциональный и бюджетный представитель дистанционной автоматизации на российском рынке.

Беспроводная автоматика для теплого пола



радиус приема радиосигнала
до 30 м



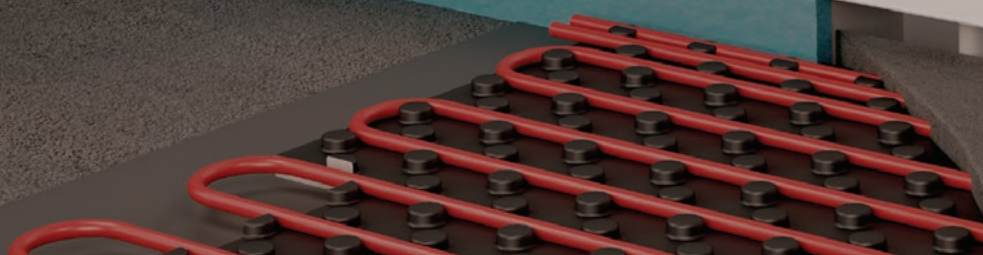
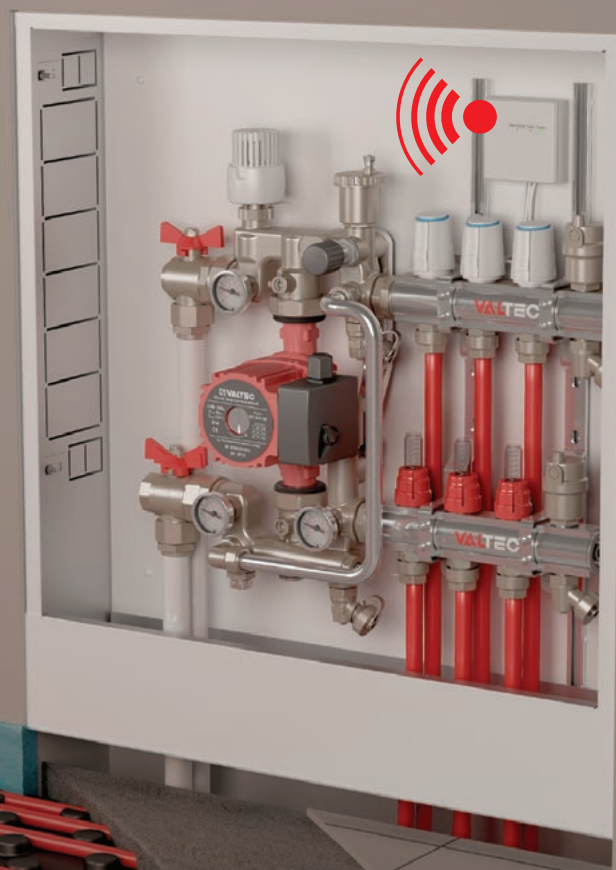
диапазон регулируемых
температур 5–60 °С



6 периодов программирования
термостата для каждого дня недели



 **VALTEC**



 8 (800) 100-03-73

 www.valtec.ru

VALTEC КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ



Управление комбинированной системой отопления

А. А. Бобров
Инженер по автоматизации

Под комбинированной системой подразумевается проектное решение, при котором помещение отапливается и водяным теплым полом и радиаторами. Такая система в основном используется в том случае, когда одно напольное отопление не может компенсировать расчетные теплотери помещения даже при максимально допустимой температуре теплоносителя. Дело в том, что в соответствии с п. 6.4.9. СП 60.13330.2012, температура поверхности пола в помещениях с постоянным пребыванием людей не должна превышать 26 °С. Если учесть, что средний коэффициент теплоотдачи пола составляет 10,8 м²/°С · Вт, а средняя расчетная температура воздуха в помещении 20 °С, то с поверхности теплого пола можно получить удельный тепловой поток, не превышающий 10,8 (26-20) = 64,8 Вт/м².

Установив у себя дома комбинированную систему отопления, мы сразу же столкнемся с вопросом: каким образом выполнять ее регулировку?

Классическим методом управления системой отопления является использование электронных комнатных термостатов совместно с электротермическими сервоприводами, устанавливаемыми на отопительном коллекторе. Принцип этого управления прост: на комнатном термостате пользователем устанавливается желаемая температура воздуха в помещении, например 20 °С. В случае, если фактическая температура воздуха превышает установленную, термостат находится в положении «выключить» и сервопривод перекрывает подачу теплоносителя к радиатору или петле теплого пола. Когда фактическая температура воздуха

опускается ниже настроечной величины более чем на величину гистерезиса ($0,5^{\circ}\text{C}$), термостат переключается в положение «включить». Сервоприводы открываются, и поток теплоносителя начинает вновь циркулировать. Гистерезис необходим для корректной работы термостата. В противном случае, при достижении требуемой величины в 20°C термостат начал бы постоянно включаться и выключаться, то есть — вошел в режим «дребезга».

Работа системы управления теплым полом при помощи обычного комнатного термостата приведена на **рис. 1**.

С управлением обычной системой отопления все достаточно ясно, однако, как быть в случае использования комбинированной системы?

Конечно, можно от комнатного термостата одновременно подавать сигнал на включение или выключение и теплого пола и радиаторов. Однако, такой вид регулирования не всегда удобен. Дело в том, что в течение отопительного периода существуют так называемые периоды «межсезонья» — осень и весна. В эти периоды как раз и возникает ситуация, при которой отопление должно работать лишь на

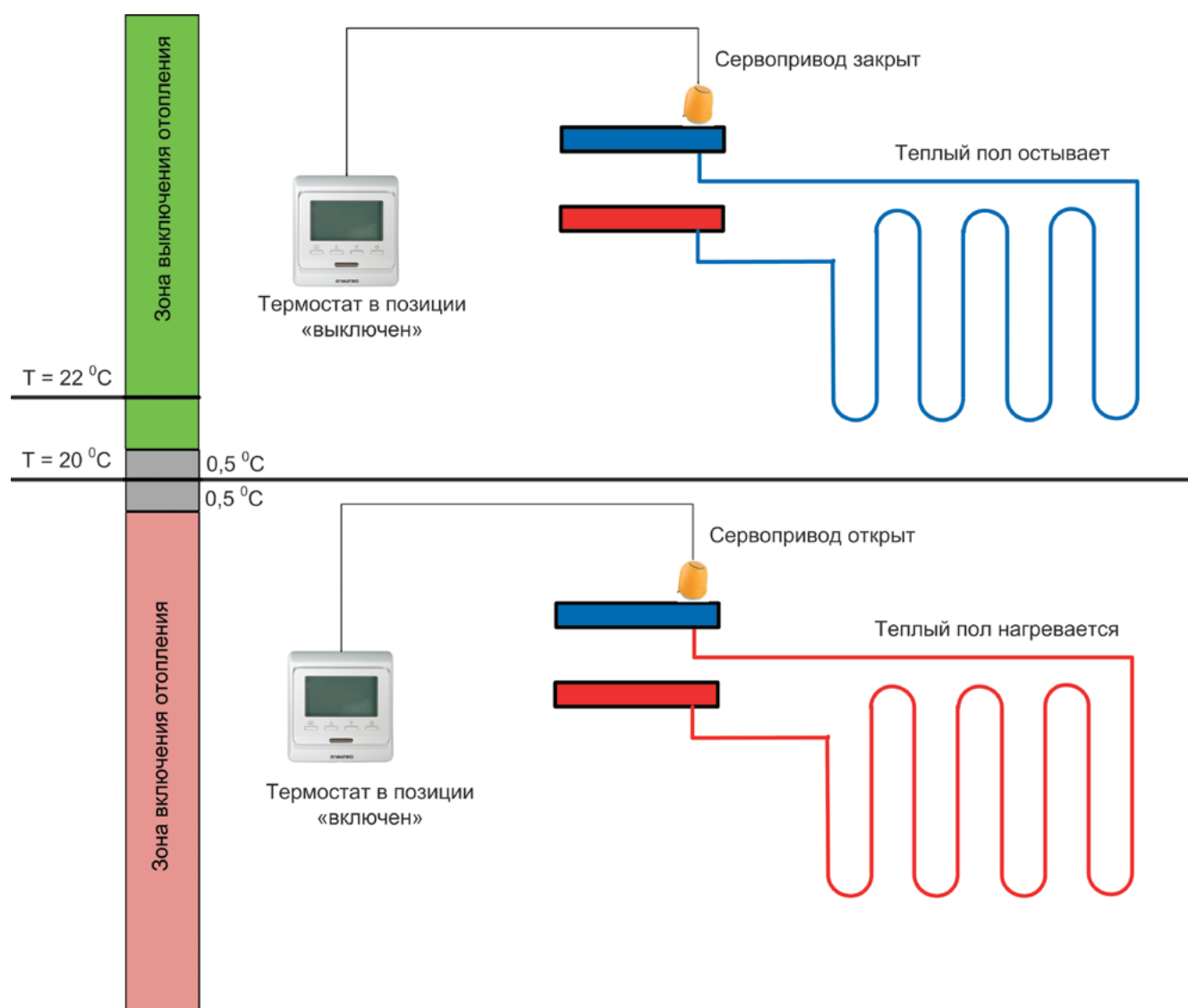


Рис. 1

Управление системой отопления с помощью термостата и сервопривода

10-15% своей расчетной мощности. В это время теплового потока от теплых полов вполне достаточно для обогрева помещений. При понижении температуры наружного воздуха к компенсации теплопотерь уже должна подключаться система радиаторного отопления. То есть при комбинированной системе отопления схема управления отоплением тоже должна быть комбинированной. Пример такой схемы приведен на **рис. 2**.

Как видно из рисунка, термостат уже управляет не одним, а двумя контурами отопления при помощи дополнительного реле. В меню настроек такого термостата введена величина dT , которая определяет зону температур выше уставки, при которой включено только одно реле. В примере, приведенном на **рис. 2**, эта величина составляет $dT = 3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Рассмотрим более подробно принцип работы данного устройства. На термостате задаются две величи-

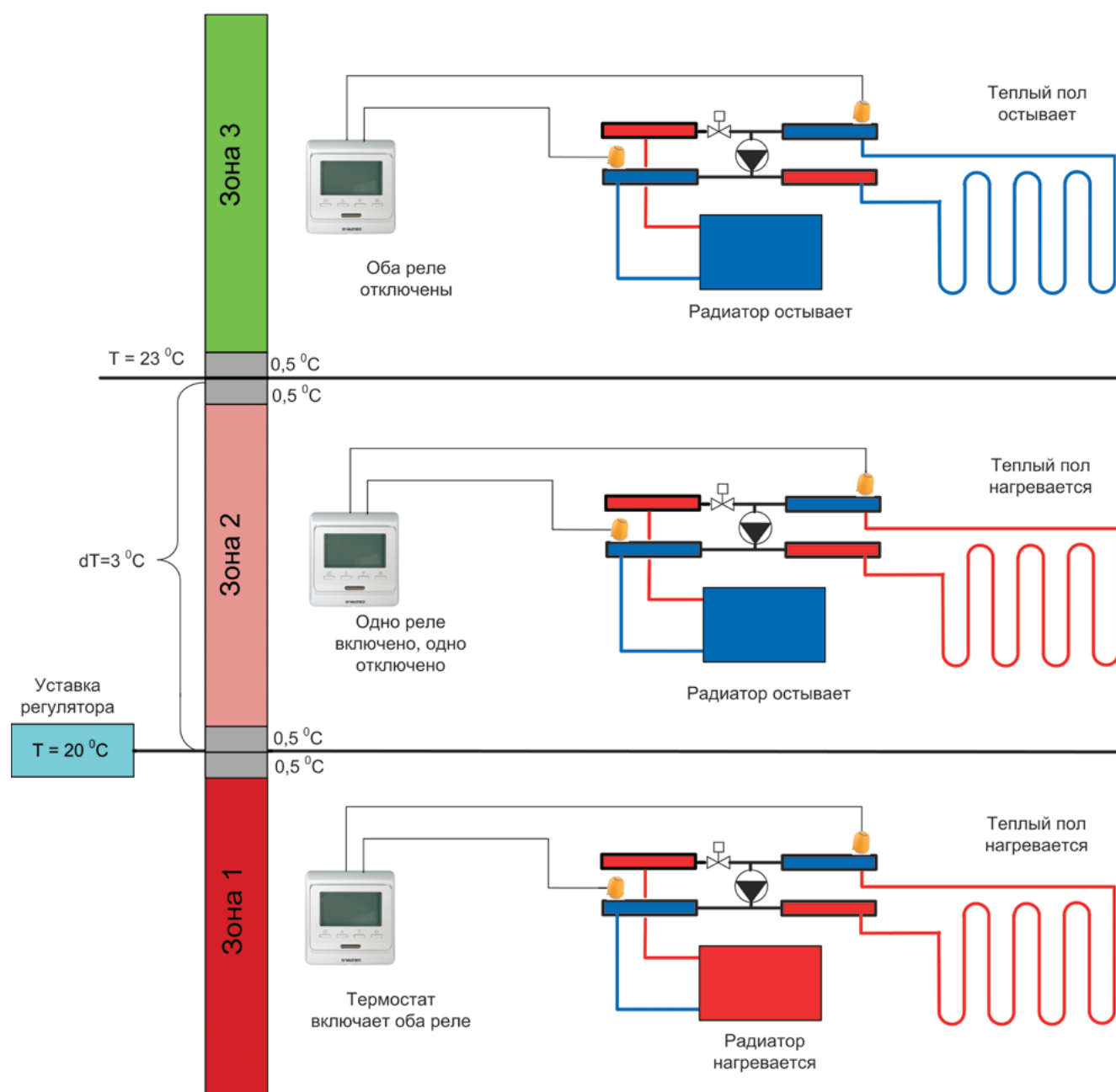


Рис. 2
Двухконтурное управление комбинированной системой отопления

ны: первая — уставка самого термостата ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$), и вторая величина — dT , которая настраивается один раз и применима при любых значениях уставки. Если фактическая температура воздуха в помещении ниже уставки, то это означает, что в помещении холодно и необходимо систему отопления включить на все 100% для его прогрева. Этот режим обозначен на рисунке как **зона 1**. В этом случае термостат включает оба реле, тем самым обеспечивая отопление теплым полом и радиатором. Такая ситуация возникает, как правило, в пиковые периоды холода, когда на улице устанавливается минимальная температура.

При возрастании температуры выше уставки ($20\text{ }^{\circ}\text{C} + 0,5\text{ }^{\circ}\text{C} = 20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) реле, управляющее радиатором, отключается. Таким образом, при оптимальном диапазоне температур будет выключен радиатор, но теплый пол для обеспечения комфорта в помещении останется включенным. Если температура воздуха начинает снижаться, то термостат опять включает реле и радиаторное отопление вновь работает. Однако, в случае, если температура воздуха продолжает расти (мощности теплого пола хватает с избытком), то при нагреве воздуха на величину dT ($3\text{ }^{\circ}\text{C}$) термостат отключает также и контур напольного отопления. После остывания системы и падения температуры внутреннего воздуха ниже $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ термостат включает теплый пол и, если его мощности оказывается недостаточно, и температура продолжает падать, то включается и радиаторное отопление. Таким образом, мы получаем диапазон температур от $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $23\text{ }^{\circ}\text{C}$, в котором наша система работает с максимальной эффективностью.

Для выполнения такого регулирования компанией VALTEC на основе имеющегося хронотермостата VT.AC709 был разработан **двухконтурный хронотермостат VT.AC711 (Рис. 3 и 4)**.



Рис. 3
Передняя панель двухконтурного хронотермостата VT.AC711



Рис. 4
Задняя панель двухконтурного хронотермостата VT.AC711

Как видно из **рис. 4**, в приборе появилось дополнительное реле, при этом весь спектр функциональных возможностей хронотермостата VT.AC709 остался прежним. В меню расширенных настроек появился отдельный пункт настройки величины dT (**рис. 5**).



Рис. 5
Меню настройки параметра dT

Данная величина по умолчанию составляет 3 °C, однако задавать ее рекомендуется исходя из особенностей конкретной системы и ее тепловой инерционности.

Таким образом, мы имеем полноценный двухконтурный регулятор, который может управлять нашей системой отопления как в ручном режиме, так и по суточному и недельному графикам.

Схемы подключения сервоприводов различного типа показаны на **рис. 6**.

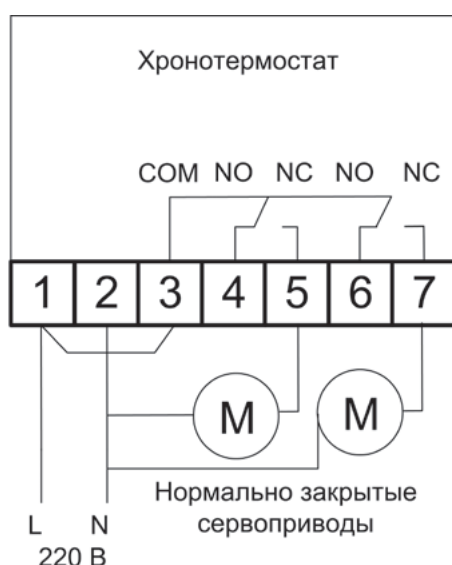
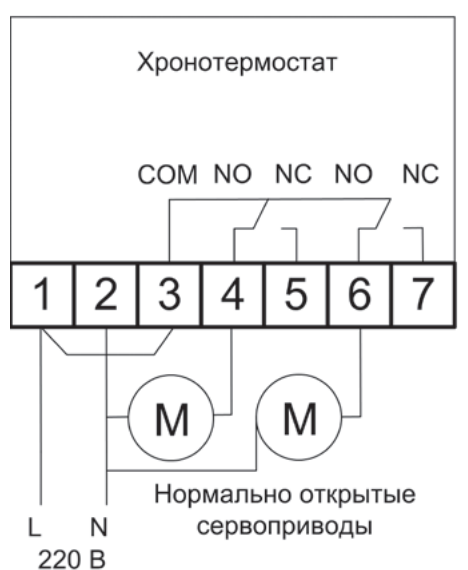


Рис. 6

Схемы подключения сервоприводов

Следует обратить внимание, что при подключении сервоприводов в соответствии с **рис. 6** необходимо установить перемычку между **клеммами 1 и 3**. Подключение приводов также может осуществляться по схеме, приведенной на **рис. 7**.

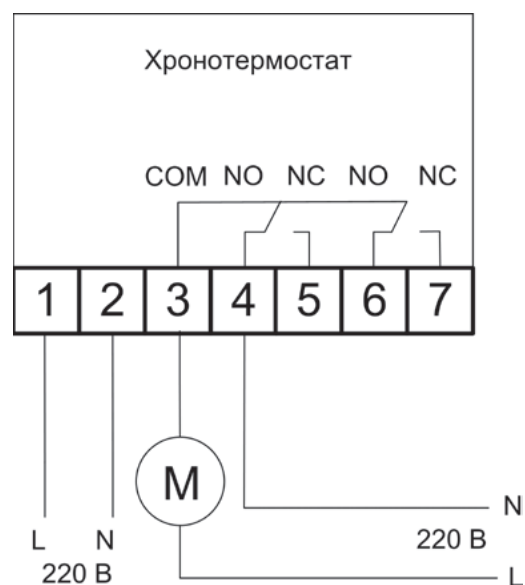
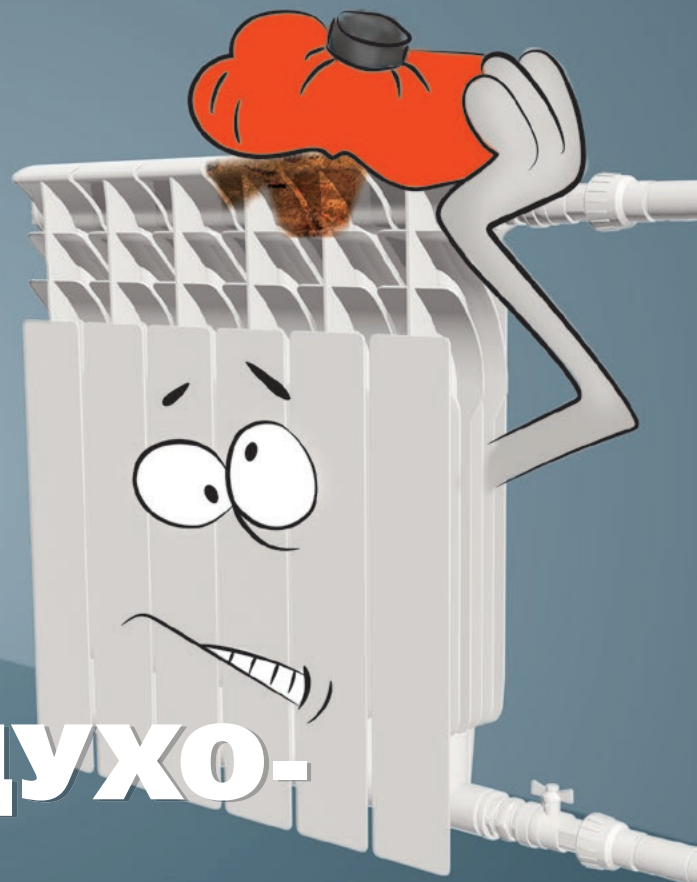


Рис. 7

Альтернативная схема подключения сервопривода

Описанная в статье система двухконтурного регулирования может также применяться в многоквартирном доме, в случае использования термостатов совместно с сервоприводами вместо традиционных термостатических головок. Такой алгоритм работы рекомендуется задавать в случае, когда есть необходимость управлять двумя отопительными приборами, расположенными в одном помещении. То есть при достижении величины уставки сначала отключается один отопительный прибор, а затем, если температура внутреннего воздуха продолжает расти, отключается и второй прибор. Это позволяет не просто экономить тепловую энергию, но и поддерживать более комфортные условия для жильцов.



ВЫБОР ВОЗДУХО-ОТВОДЧИКА

В. И. Поляков
Главный инженер

Чем опасны воздушно-газовые пробки в системах отопления и водоснабжения?

Во-первых, воздушные пробки могут стать причиной прекращения циркуляции теплоносителя на отдельных участках отопительных систем. При этом эффективность системы резко падает, отопительные приборы прогреваются не полностью, и система уже не в состоянии должным образом компенсировать теплотери помещений.

В системах водоснабжения проскакивание воздушных пузырей через водоразборный кран («фырканье») вызывает серию гидроударов, пагубно влияющих на соединители и трубопроводную арматуру.

Во-вторых, наличие кислорода инициирует начало процессов коррозии стальных (см. рис. 1), медных, алюминиевых и силуминовых (см. рис. 2) элементов системы.



Выше оси
воздухоотводчика



Ниже оси
воздухоотводчика

Рис. 1
Коррозия верхней части
стального панельного радиатора



Рис. 2
Коррозия радиатора
из алюминиевого сплава

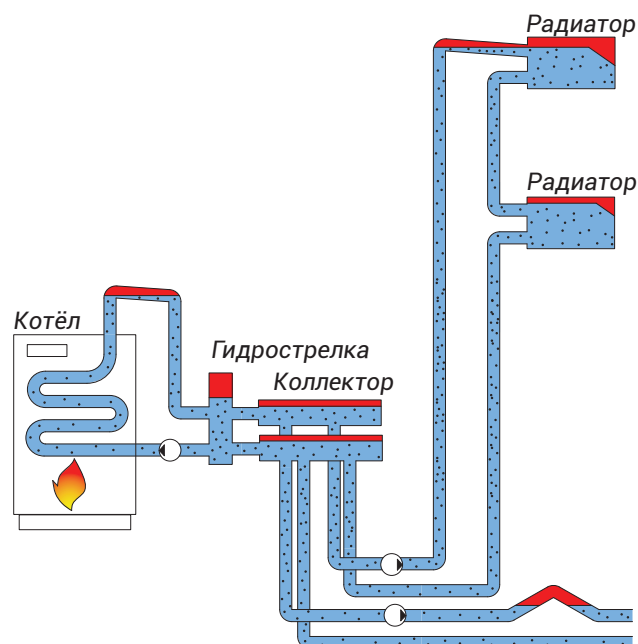


Рис. 3
Характерные места появления воздушно-газовых пробок в системе отопления

В-третьих, воздух вызывает появление посторонних шумов в элементах систем. Особенно это заметно в системах радиаторного отопления, в которых отопительные приборы начинают играть роль резонаторов, многократно усиливая звуки.

ПУТИ ПОПАДАНИЯ ВОЗДУХА И ГАЗОВ В СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ

А) Основное количество воздуха, содержащееся в системах отопления и водоснабжения, — это воздух, который остается в «проблемных» местах системы при их заполнении водой или теплоносителем (рис. 3). К «проблемным» местам системы можно отнести:

- верхние точки систем и участков систем;
- участки, где уклон труб препятствует свободному перемещению воздуха к устройствам для его удаления;
- емкостные отопительные приборы, коллекторы, гидрострелки и т. п., в которых скорость теплоносителя резко замедляется.

Б) Существенное количество воздуха попадает в системы отопления и водопровода вместе с водой. Количество растворенного в воде воздуха зависит от ряда факторов: температуры, давления, наличия предварительной водоподготовки. С увеличением температуры и уменьшением давления растворимость воздуха снижается (см. рис. 4), и он начинает выделяться в виде пузырьков.

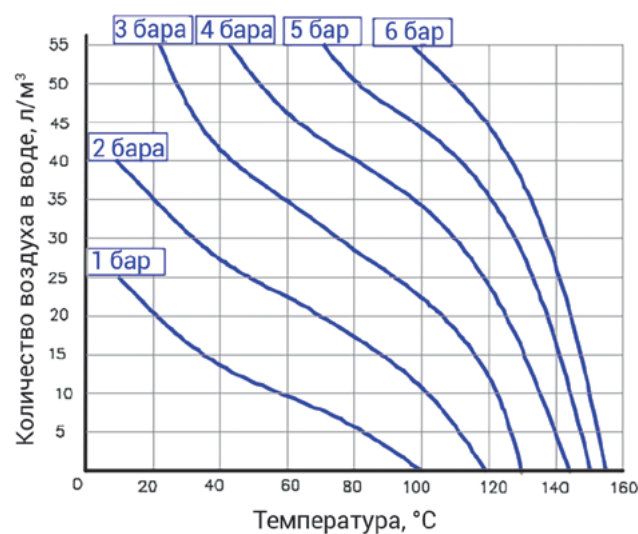


Рис. 4
График зависимости содержания воздуха в водопроводной воде в зависимости от температуры и абсолютного давления

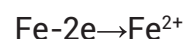
Если скорость потока воды в трубах ниже скорости витания (всплывания) воздушных пузырьков, то они, всплывая, образуют воздушные пробки. Когда скорость потока превышает скорость витания, пузырьки уносятся потоком («вымываются»). Скорость витания для вертикальных участков труб составляет 0,25 м/с, для горизонтальных — 0,15 м/с. Таким образом, желательно проектировать системы отопления так, чтобы скорость потока в любой точке системы была не меньше 0,3 м/с. Естественно, это не относится к устройствам, в которых предусмотрено удаление воздуха (гидрострелки, коллекторы, воздухоотделители, проточные воздухоотводчики и т. п.). В таких устройствах как раз предполагается снижение скорости потока до величины ниже 0,1 м/с, для сбора и удаления воздуха из рабочей среды.

По графику на **рис. 4** можно понять, что в 1 кубометре водопроводной воды с температурой 20 °С при атмосферном давлении может содержаться до 25 л растворенного воздуха, который при нагревании может образовать воздушную пробку длиной почти 12 м в трубе диаметром 50 мм (2").

В системах центрального отопления, как правило, циркулирует деаэрированная (предварительно доведенная до кипения) вода, в которой содержание воздуха в 25 раз меньше, чем в водопроводной воде, но, тем не менее, он все равно присутствует и нуждается в отведении. В частных котельных пользователи заполняют систему отопления обычной водопроводной водой. Ею же и подпитывают систему. Объем подпитки, как правило, принимается в размере 0,25% общего объема системы в час. Использование теплоносителей с пониженной температурой замерзания (на основе этиленгликоля или пропиленгликоля) также не спасает систему от возможности завоздушивания, т. к. эти теплоносители представляют собой раствор гликолей в воде, при этом воды в них содержится не менее 50%.

Следует учитывать, что воздух, растворенный в воде, содержит на 10-12% больше кислорода, чем в обычном атмосферном воздухе. Это значит, что этот воздух обладает повышенной коррозионной активностью.

В) Еще одним источником поступления газов в системы водопровода и отопления являются коррозионные процессы, происходящие в элементах этих систем. Если pH воды или теплоносителя, находящегося в трубах, окажется меньше 7, то возможна реакция коррозии железа с водородной депполяризацией, которая сопровождается выделением водорода. Эту реакцию можно выразить уравнением:



При данной реакции один кубический сантиметр железа приведет к выделению 1 л водорода.

В случае, когда в системе отопления циркулирует теплоноситель с **pH > 8**, то защитная оксидная пленка (**Al₂O₃**) на алюминиевых и силуминовых элементах системы разрушается, и алюминий вступает в реакцию с водой, которая также сопровождается бурным выделением водорода (**рис. 5**).



Рис. 5
Фрагмент секции радиатора из алюминиевого сплава, работавшего при повышенной щелочности теплоносителя

В последнее время участились случаи, когда разрушение алюминиевых радиаторов в многоквартирных домах происходит при ежегодной промывке системы различными «патентованными» составами, применяемыми эксплуатационными службами.

Г) В системах отопления с открытым расширительным баком воздух поступает в систему непосредственно через поверхность соприкосновения теплоносителя с атмосферой.

Д) Использование в системах отопления и водопровода полимерных труб может служить дополнительным источником поступления в систему кислорода. В соответствии с п 6.3.1. СП.60.13330.2012 «Полимерные трубы, применяемые в системах отопления совместно с металлическими трубами или с приборами и оборудованием, имеющими ограничения по содержанию растворенного кислорода в теплоносителе, должны иметь кислородопроницаемость не более $0,1 \text{ г}/(\text{м}^3 \times \text{сут})$ ». Если, например, в системе отопления здания уложено 1000 м.п. пластиковой трубы размером 32x3,0, то за сутки через эту трубу может поступить 0,08 л кислорода, что соответствует 0,27 л растворенного в воде воздуха. Казалось бы, не так уж и много. Но и этого ничтожного количества кислорода хватит, чтобы вызвать коррозию 0,027 г железа.

КОНСТРУКЦИИ ВОЗДУХООТВОДЧИКОВ

Для удаления воздушно-газовых скоплений из систем отопления и водопровода кроме обычных выпускных шаровых кранов разработаны и широко используются специальные изделия, называемые «воздухоотводчиками». Простейшим из них является ручной воздухоотводчик с игольчатым затвором (кран Маевского) (рис. 6).

Он представляет собой латунный корпус (1), в котором на резьбе может переме-

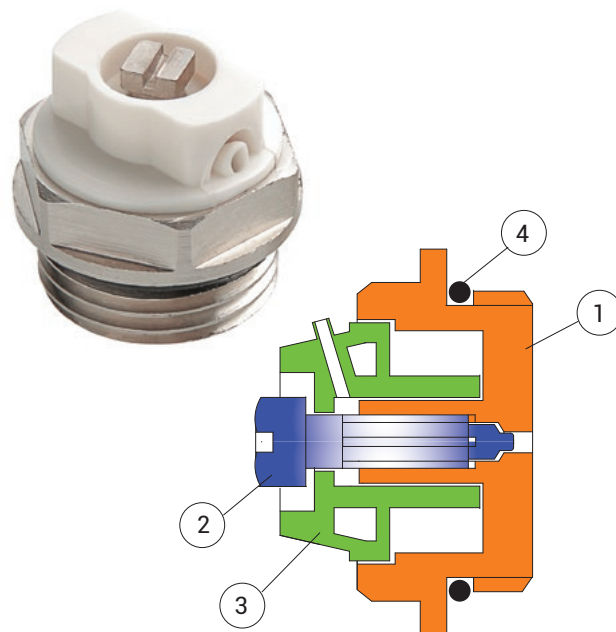


Рис. 6
Ручной радиаторный воздухоотводчик
VALTEC VT.400

щаться винт (2) с продольными канавками, который перекрывает калиброванное отверстие в корпусе. Для выпуска воздуха достаточно отвернуть винт отверткой или специальным ключом. Как только из воздуховыпускного отверстия появится жидкость, винт закручивают обратно.

В продаже встречается радиаторная арматура, у которой кран Маевского интегрирован непосредственно в регулирующий клапан (см. рис. 7). Такое решение для радиатора предпочтительнее, т. к. выпускное устройство расположено выше уровня



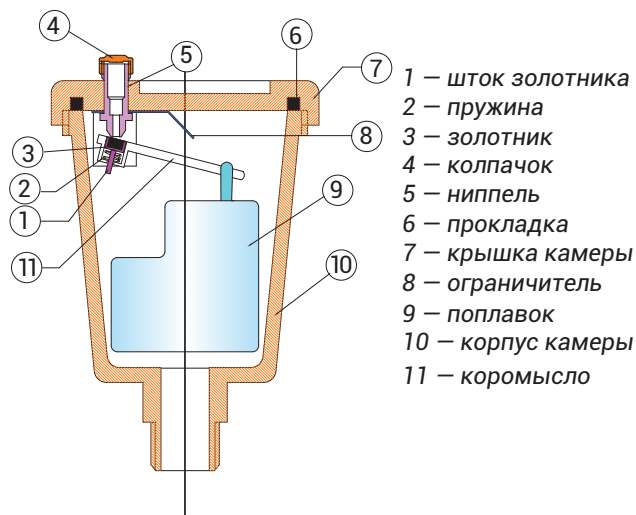
Рис. 7
Термостатический радиаторный клапан
с воздухоотводчиком VT.049

жидкости в отопительном приборе, что позволяет полностью удалить воздух из него.

Однако, постоянно заниматься выпуском воздуха вручную не очень удобно, поэтому на рынке имеются разнообразные автоматические воздухоотводчики.

Основой конструкции подавляющего большинства из них является поплавков. Разница заключается лишь в устройстве выпускного ниппеля. Принцип действия этих приборов одинаков. При наличии воздуха в поплавковой камере поплавков опускается вниз, открывая ниппель и позволяя воздуху выходить наружу под воздействием избыточного давления в системе. По мере удаления воздуха из камеры, она заполняется водой или теплоносителем. Поплавок всплывает, тем самым закрывая ниппель.

В воздухоотводчиках рычажного типа (см. рис. 8), поплавков воздействует на золотник ниппеля через рычаг (коромысло).

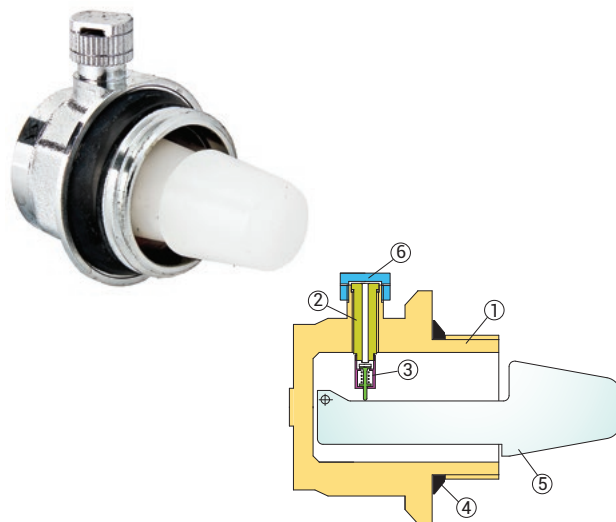


- 1 — шток золотника
- 2 — пружина
- 3 — золотник
- 4 — колпачок
- 5 — ниппель
- 6 — прокладка
- 7 — крышка камеры
- 8 — ограничитель
- 9 — поплавок
- 10 — корпус камеры
- 11 — коромысло

Рис. 8
Воздухоотводчик рычажного типа

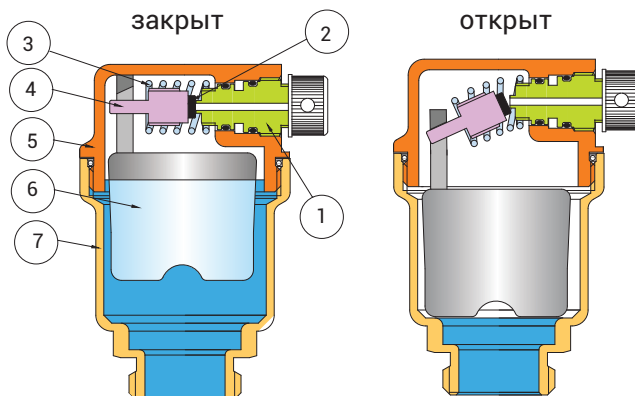
Иногда роль рычага выполняет сам поплавок. Так устроен, например, **автоматический радиаторный воздухоотводчик VALTEC VT.501** (рис. 9).

В пружинных воздухоотводчиках роль рычага выполняет пружина (см. рис. 10, 11).



- 1 — корпус; 2 — ниппель; 3 — золотник; 4 — уплотнитель;
- 5 — поплавок; 6 — колпачок.

Рис. 9
Радиаторный воздухоотводчик VT.501



- 1 — ниппель; 2 — золотник; 3 — пружина;
- 4 — обойма золотника; 5 — крышка корпуса;
- 6 — поплавок; 7 — корпус.

Рис. 10
Конструкция пружинного воздухоотводчика



Рис. 11
Пружинный воздухоотводчик VT.502

На рынке можно встретить и безниппельные воздухоотводчики, в которых сам поплавок является несущей частью золотника (рис. 12). Однако, такие приборы могут работать только при избыточном давлении в системе на уровне установки воздухоотводчика не менее 3÷4 бар. В противном случае, они не смогут обеспечить требуемую герметичность, хотя и обладают гораздо более высокой производительностью, чем описанные выше приборы.

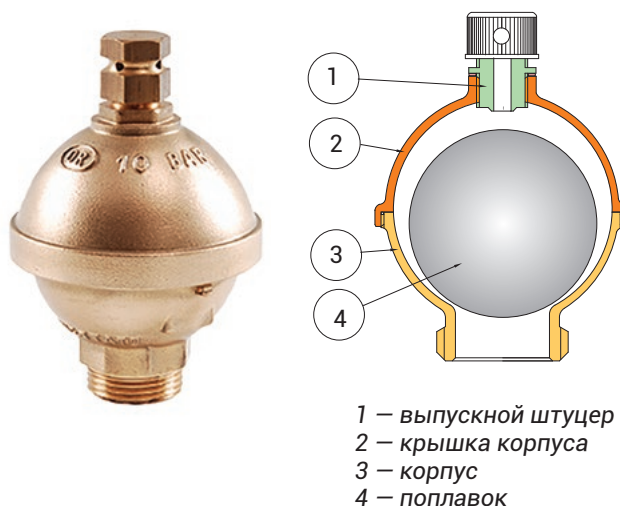


Рис. 12
Безниппельный воздухоотводчик

ВЫБОР ВОЗДУХООТВОДЧИКОВ ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

В техническом паспорте на каждый конкретный воздухоотводчик в виде таблицы или графика должна указываться его производительность по воздуху при различных давлениях в системе на уровне его установки (см. рис. 13).

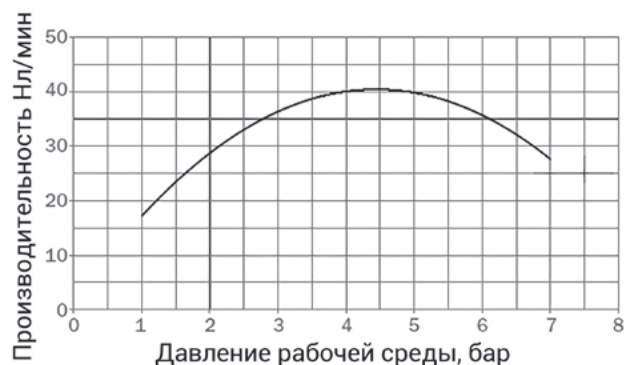


Рис. 13
График производительности
воздухоотводчика VT.502

Как видно из приведенного графика, наибольшей производительности воздухоотводчик VT.502 достигает при избыточном давлении в системе порядка 4,5 бара. Дальнейшее повышение давления приводит к тому, что собственный вес поплавка все в меньшей степени открывает клапан, т.к. сила, препятствующая его открытию, увеличивается.

Для того, чтобы определить типы и количество воздухоотводчиков, необходимых для нормального обслуживания инженерной системы, следует задаться одним из нескольких расчетных сценариев.

Сценарий 1. Воздухоотводчики находятся в рабочем положении (открыты) при заполнении системы. Кранов для выпуска воздуха в системе нет. Какая система заполняется — отопления или водоснабжения — в данном случае не важно.

Этот сценарий крайне не желателен по следующим причинам:

- при заполнении системы на практике трудно обеспечить требуемую скорость заполнения;
- когда трубопроводы заполняются водой или теплоносителем, вместе с воздухом устремляются наружу и мельчайшие частицы нерастворимых пылевидных частиц (окалина, шлам и т.п.). Попадая в ниппель воздухоотводчика, эти частицы могут вывести его из строя. Поэтому ряд производителей в паспортах указывают на то, что при заполнении систем, воздухоотводчик должен быть перекрыт, а выпуск воздуха должен осуществляться через шаровые краны (см. рис. 14);
- это самый неэкономичный вариант решения, т.к. требует большего количества воздухоотводчиков и их повышенной производительности.

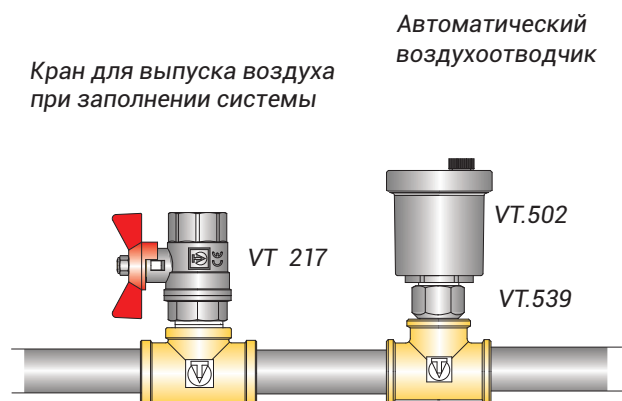


Рис. 14
Установка крана для выпуска воздуха
и воздухоотводчика

Однако, если в силу каких-либо обстоятельств выбран именно данный сценарий, то воздухоотводчики подбираются по скорости заполнения системы. Точно объем заполняемой системы определяется по сумме водяных объемов труб, баков и приборов, установленных на данной системе. Для ориентировочных подсчетов можно использовать **таблицу 1**.

Таблица 1
Ориентировочный водяной объем
инженерных систем

№ п.п.	Тип системы	Ед. изм.	Значение
1	Системы водяного отопления:		
1.1	- с чугунными радиаторами	л /кВт	20
1.2	- с алюминиевыми радиаторами	л/кВт	15
1.3	- с биметаллическими радиаторами	л/кВт	13
1.4	- со стальными панельными радиаторами	л/кВт	12
1.5	- с конвекторами	л/кВт	11
2	Системы встроенного водяного обогрева	л/Вт	25
3	Системы вентиляции и кондиционирования	л/кВт	10
4	Системы водоснабжения (холодного или горячего) многоквартирных домов	л/прибор	3,0

К полученным объемам следует добавить объемы баков-аккумуляторов (при их наличии).

Заполнение систем отопления теплоносителем рекомендуется производить с таким расчетом, чтобы этот процесс вместе с работами по проверке элементов системы после заполнения уложился в рабочую смену. То есть желательно, чтобы система была заполнена в течение 3÷4 часов. В этом случае требуемую суммарную производительность воздухоотводчиков можно рассчитать по формуле:

$$G_{\text{сумм}} = \frac{V_{\text{сис}}}{t}, \text{ л/мин} \quad (1)$$

где $V_{\text{сис}}$ — водяной объем системы, л,

t — проектное время заполнения системы, мин.

Для расчета необходимо также знать проектное превышение отметки установки воздухоотводчиков над точкой запитки системы $H_{\text{во}}$ и избыточное давление в точке запитки $P_{\text{тз}}$.

Пример 1. Верхняя точка системы отопления превышает уровень точки запитки на $H_{\text{во}}=40$ м. Избыточное давление в точке запитки — $P_{\text{тз}} = 5$ бар. Расчетное время заполнения системы $t=3$ часа= 180 мин. Общий водяной объем системы отопления секции $V_{\text{сис}}=4000$ л.

Требуемая суммарная производительность воздухоотводчиков:

$$G_{\text{сумм}} = \frac{4000}{180} = 22,2 \text{ л/мин} \quad (2)$$

Эта производительность дана при фактическом давлении в воздухоотводчике, равном:

$$P = P_{\text{тз}} - (H_{\text{во}}/10) = 5,0 - (40/10) = 1,0 \text{ бар} \quad (3)$$

Поскольку графики производительности воздухоотводчиков обычно приводятся для воздуха при нормальных условиях, то результат, полученный по формуле 2, следует преобразовать:

$$G_{\text{ну}} = G_{\text{сумм}} (P + 1) = 22,2 \cdot 2 = 44,4 \text{ л/мин} \quad (4)$$

По графику **рис. 13** для давления **$P=1,0$ бар** производительность одного воздухоотводчика VT.502 составляет **17 Нл/мин**. Таким образом, для рассчитываемой системы и выбранному сценарию достаточно установить 3 таких воздухоотводчика.

Сценарий 2. При заполнении системы отопления воздухоотводчики закрыты, а выпуск воздуха производится только через шаровые воздушспускные краны. После заполнения системы теплоносителем автоматические воздухоотводчики открываются и в дальнейшем обеспечивают отвод воздуха и газов, появляющихся в системе в процессе эксплуатации. Система заполняется горячим теплоносителем, имеющим расчетную температуру зимнего периода.

При расчете по этому сценарию достаточно считать только воздух, который может поступить в систему при подпитке с коэффициентом запаса 2, учитывающим возможное выделение газов при коррозионных процессах в элементах системы и диффузию кислорода через прокладки и полимерные трубы. При подпитке системы отопления водопроводной водой содержание воздуха следует принимать в количестве **25 л/м³**, а при подпитке деаэрированной водой — **1 л/м³**. Объем подпитки, как правило, принимается **0,25%** от водяной емкости системы в час. Таким образом, можно получить следующие расчетные формулы для определения производительности воздухоотводчиков:

- водопроводная вода:

$$G_{\text{ну}} = \frac{V_{\text{сис}} \cdot 2 \cdot 25 \cdot 0,0025 (P+1)}{60} = 2 \cdot 10^{-3} V_{\text{сис}} (P+1), \text{ Нл/мин} \quad (5)$$

- деаэрированная вода:

$$G_{\text{ну}} = \frac{V_{\text{сис}} \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,0025 (P+1)}{60} = 2 \cdot 10^{-5} V_{\text{сис}} (P+1), \text{ Нл/мин} \quad (6)$$

В случае, когда на трубопроводе верхнего розлива системы отопления по расчету необходимо установить несколько воздухоотводчиков, рекомендуется монтировать их на воздухоотделителе (**рис. 15**), внутренний диаметр которого должен быть не меньше удвоенного внутреннего диаметра подводящих труб, а также должен удовлетворять условию:

$$d_{\text{в}} \geq 2\sqrt{G_{\text{т}}}, \text{ мм} \quad (7)$$

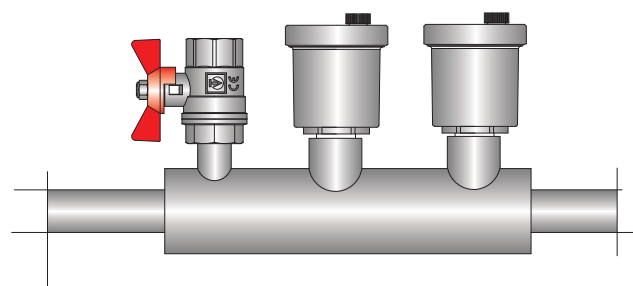


Рис. 15
Установка двух воздухоотводчиков на воздухоотделителе

Сценарий 3. Этот сценарий аналогичен предыдущему, но теплоноситель в систему поступает холодным, а затем нагревается до расчетных параметров после запуска теплогенератора. Так как с повышением температуры растворимость воздуха снижается, то при нагреве он будет стремиться к отделению от потока. В этом случае рекомендуются следующие формулы расчета:

- заполнение системы водопроводной водой:

$$G_{\text{ну}} = 0,1 \cdot V_{\text{сис}} (P+1), \text{ Нл/мин} \quad (8)$$

- заполнение системы деаэрированной водой:

$$G_{\text{ну}} = 4 \cdot 10^{-3} \cdot V_{\text{сис}} (P+1), \text{ Нл/мин} \quad (9)$$

Сценарий 4. Удаление воздуха из стояка (участка) холодной или горячей воды. Если воздухоотводчик используется при заполнении стояка, то его подбор

осуществляется по **сценарию 1**. При этом время заполнения стояка рекомендуется принять 15 мин. В случае, когда при заполнении стояка применяется воздушный кран, воздухоотводчик рассчитывается на возможный объем воздуха, выделяемый из водопроводной воды при падении давления. Расчетный объем воды, проходящий через каждый стояк G_v , определяется на стадии проектирования водопровода по СП30.13330.2016. Ориентировочно, допускается определять расход, как произведение количества приборов N на максимальное минутное потребление воды (35 л/мин на прибор):

$$G_v = 35N, \text{ л/мин} \quad (10)$$

Производительность воздухоотводчиков при данном сценарии рекомендуется определять по формуле:

$$G_{ny} = 0,025 \cdot G_v (P + 1), \text{ Нл/мин} \quad (11)$$

Здесь P — расчетное избыточное давление в стояке в барах на уровне установки воздухоотводчика.

Следует заметить, что при подборе воздухоотводчика для стояка холодного или горячего водоснабжения нормами допускается учитывать частичный выпуск воздуха через водозапорную арматуру верхних этажей (п.7.1.12 СП 30.13330.2016).

Таблица 2

Нормативные требования по установке устройств для выпуска воздуха

Текст пункта норматива	Норматив	Пункт
В системах отопления следует предусматривать устройства для удаления воздуха и их опорожнения.	СП60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха	6.4.10
В верхних точках систем водопровода холодной и горячей воды следует предусматривать автоматические воздушные клапаны. Допускается использовать водоразборную арматуру верхних этажей.	СП30.13330.2016 Внутренний водопровод и канализация зданий	7.1.12
Удаление воздуха из систем отопления следует предусматривать в верхних точках трубопроводов, в том числе у отопительных приборов, через проточные воздухоотборники или воздухоотводчики. Применение непроточных воздухоотборников допустимо при скорости движения воды в трубопроводе менее 0,1 м/с.	СП31-106-2002 Проектирование и строительство инженерных систем многоквартирных жилых домов	7.2.5.5
В высших точках трубопроводов тепловых сетей, в том числе на каждом секционном участке, должны быть установлены штуцеры с запорной арматурой для выпуска воздуха (воздушники).	ПТЭ тепловых энергоустановок	6.1.25
На трубопроводах следует предусматривать устройство штуцеров с запорной арматурой: — в высших точках всех трубопроводов — условным диаметром не менее 15 мм для выпуска воздуха (воздушники).	ПТЭ тепловых энергоустановок	9.1.31.

Таблица 2 (Продолжение)

Текст пункта норматива	Норматив	Пункт
В системах водяного отопления следует предусматривать автоматические воздухоотводчики. Устройства для отвода воздуха оборудуются в местах, доступных для персонала. Сигнализация о работе выводится на щит управления теплового пункта (при наличии постоянного дежурства) или на пульт диспетчерского управления обслуживаемой системы.	ПТЭ тепловых энергоустановок	9.3.10
Для периодического спуска воды или периодической продувки котла, дренажа трубопроводов, паропроводов и конденсатопроводов следует предусматривать в нижних точках трубопроводов устройства для спуска воды (спускники) и общие сборные спускные и продувочные трубопроводы, а в высших точках трубопроводов — устройства для выпуска воздуха (воздушники) в соответствии с приложением Г.	СП89.13330.2016 Котельные установки	10.1.10
На трубопроводах следует предусматривать устройство штуцеров с запорной арматурой условным проходом 15 мм для выпуска воздуха в высших точках всех трубопроводов и условным проходом не менее 25 мм — для спуска воды в низших точках трубопроводов воды и конденсата, также допускается установка автоматических воздухоотводчиков, присоединенных к трубопроводу через запорную арматуру.	СП124.13330.2012 Тепловые сети	14.13
В системах отопления с использованием металлополимерных труб следует предусматривать автоматические или ручные воздухоотводчики на отопительных приборах и на распределительных коллекторах.	СП 41-102-98 Проектирование и монтаж трубопроводов систем отопления с использованием металлополимерных труб	3.17
В высших точках трубопроводов для обеспечения выпуска воздуха рекомендуется предусматривать устройство воздушников — штуцеров с запорной арматурой условным диаметром не менее 15 мм. В качестве воздушников в первичном контуре используют шаровые клапаны, во вторичном контуре — автоматические воздухоотводчики, которые допускается заменять шаровыми кранами. В качестве воздушников разрешается использовать трехходовые краны манометров и воздухоотводчики насосов.	Р НП «АВОК» 3.2.1-99 Квартирные тепловые пункты в многоквартирных жилых домах	5.22
На трубопроводах тепловых пунктов зданий в высших точках возможно предусматривать устройство штуцеров с запорной арматурой условным диаметром не менее 15 мм для выпуска воздуха (воздушники).		8.13
В качестве воздушников в первичном контуре используются шаровые клапаны, во вторичном контуре следует использовать автоматические воздухоотводчики, которые допускается заменять шаровыми кранами.	СТО НП "РТ" 70264433-5-1-2009 Рекомендации по проектированию тепловых пунктов, размещаемых в зданиях	8.14
В качестве воздушников разрешается использовать трехходовые краны манометров и воздухоотводчики насосов.		8.15

Никакая часть этого издания не может быть воспроизведена, скопирована, сохранена на электронном носителе, размножена или передана в любой форме и любыми средствами, в том числе электронными, механическими или фотокопированием, без письменного разрешения автора/правообладателя.

Любое нарушение прав автора/правообладателя влечёт гражданскую и уголовную ответственность на основе российского и международного законодательств.

Типография ООО «Первый ИПХ».

Договор № 06-1-15 от 04.06.2015 г.

Юридический адрес типографии:

194044, Санкт-Петербург, Б. Сампсониевский пр., д. 60, лит. У

Тираж: 5000 экз. Количество страниц: 60.

Коллектив авторов

© Правообладатель: ООО «Веста Регионы»

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

Подписано к печати: 20 декабря 2017 г.

Все авторские права защищены.



www.valtec.ru