



# Danfoss

## Новая производственная программа «Данфосс»



Шаровые запорные краны Ду 15–500 мм с высокими эксплуатационными характеристиками, разработанные специально для систем теплоснабжения зданий. Полностью сварная конструкция и фторопластовые уплотнения, армированные углеволокном, гарантируют 100%-ю безопасность и неограниченный срок службы кранов.

Расширенная номенклатура универсальных проходных и трехходовых регулирующих клапанов Ду 15–250 мм, которые являются составной частью разнообразных гидравлических регуляторов температуры и давления. Эти регуляторы могут использоваться на воде или паре при температуре до 350°C и давлении до 40 бар.

**ЗАО «Данфосс» – комплексный поставщик средств автоматизации, приборов теплоучета, частотных преобразователей и трубопроводной арматуры для систем теплоснабжения зданий.**



# Система отопления жилых зданий массового строительства и реконструкции с комплексным автоматизированием теплотребления

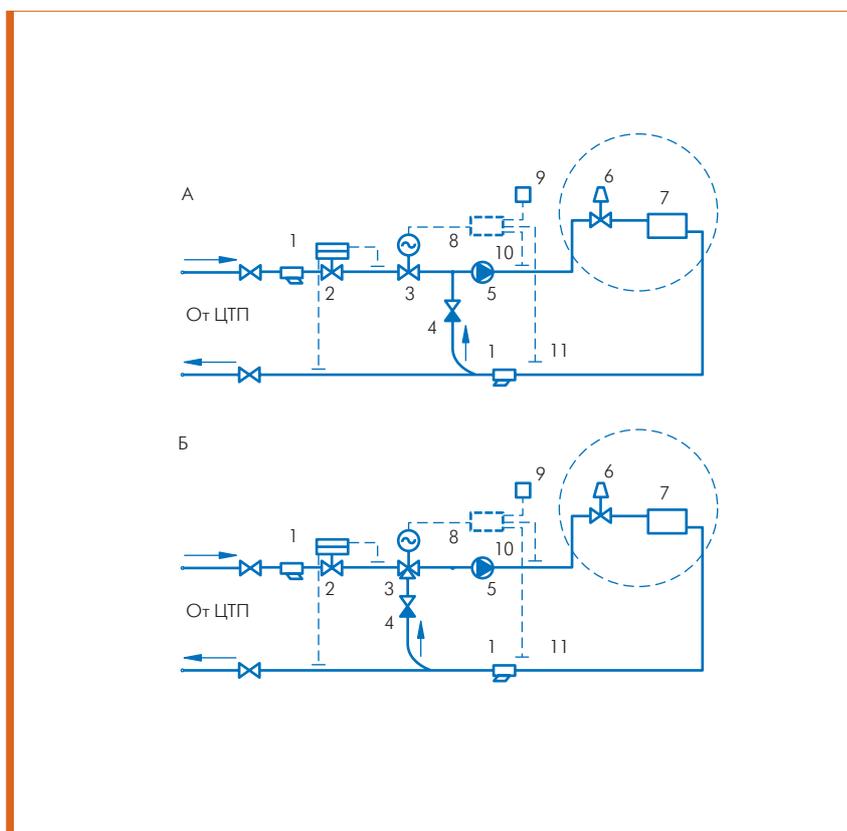
В. Л. Грановский, канд. техн. наук, зав. лабораторией инженерного оборудования МНИИТЭП  
С. И. Прижижецкий, нач. отдела санитарно-технического оборудования МНИИТЭП

При проектировании энергоэффективных систем отопления согласно требованиям общероссийских и региональных норм следует предусматривать комплексное автоматическое регулирование параметров и адекватную этим задачам конструкцию систем отопления.

Комплексное автоматическое регулирование включает в себя несколько базовых принципов. Один из них – индивидуальное автоматическое регулирование на каждом отопи-

тельном приборе термостатом, обеспечивающее поддержание заданной жильцом температуры помещения. МНИИТЭПом данный принцип реализован путем внедрения в массовое и индивидуальное строительство систем отопления конвекторами «Сантехпром АВТО» производства ОАО «Сантехпром» со встроенными терморегуляторами производства московского предприятия ЗАО «Данфосс». Обоснование данного решения и результаты исследований таких систем подробно изложены в работе [1].

Другой важный принцип энергосбережения – применение устройств автоматического регулирования параметров теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха, параметров теплоносителя в тепловой сети и изменяющихся в процессе работы теплогидравлических характеристик системы отопления. Такими устройствами являются индивидуальные тепловые пункты (ИТП), используемые при непосредственном подключении здания к теплосети, или их разновидность – автоматизированные узлы управления (АУУ) при подключении здания к ЦТП.



■ Рис. 1. Схема автоматизированных узлов управления:

А – при присоединении системы отопления к сетям с перегретой водой 120–70 °С или 150–70 °С;

Б – то же, к сетям с расчетной температурой теплоносителя, равной температуре воды в системе отопления:

1 – фильтры;

2 – регулятор перепада давления;

3 – регулятор расхода;

4 – обратный клапан;

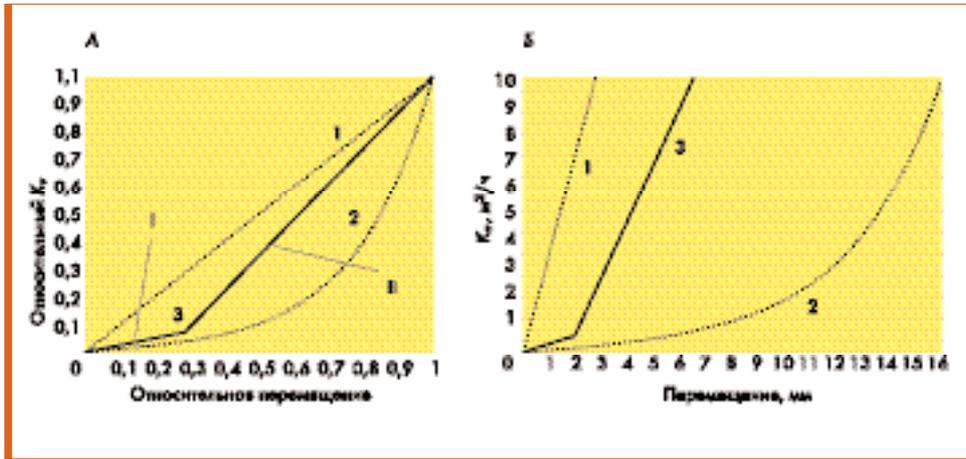
5 – насос;

6 – термостат;

7 – отопительный прибор;

8 – электронный погодный регулятор (контроллер);

9–11 – датчики температуры наружного воздуха, подающей воды и обратной воды соответственно



■ Рис. 2. Зависимость пропускной способности клапана  $K_v$  от перемещения штока:  
 А – в относительных величинах;  
 Б – в реальных показателях:  
 1 – линейная характеристика;  
 2 – логарифмическая характеристика;  
 3 – сплит-характеристика;  
 I, II – участки медленного и быстрого регулирования соответственно

ИТП – часть тепловых сетей, входящая в зону ответственности теплоснабжающих организаций и принимаемая ими на баланс. ИТП освоены производством и применяются при проектировании и строительстве. АУУ – составная часть системы отопления, входящая в зону ответственности владельца здания и не подлежащая приему на баланс теплоснабжающих организаций.

В МНИИТЭПе произведены научно-исследовательские, конструкторские и проектные работы и создан номенклатурный ряд АУУ для массового применения. В данной работе кроме МНИИТЭПа принимают участие УСП Правительства Москвы, ОАО «Сантехпром», ЗАО «Данфосс», ОАО «МЭЛ», ОАО «Мосмонтажспецстрой», ОАО «Москапстрой» и другие организации московского строительного комплекса.

Номенклатурный ряд АУУ построен таким образом, что позволяет, как правило, использовать один АУУ на здание взамен нескольких элеваторных узлов или других секционных узлов присоединения.

Обоснованность применения АУУ подтверждена расчетами, опытом их использования в нашей стране и за рубежом и закреплена в общероссийских [2] и московских региональных [3] нормах.

В качестве альтернативы АУУ в МГСН [3] предполагалось использовать элеваторный узел с регулируемым соплом либо подключать здание непосредственно к распределительным сетям ЦТП в случае равенства расчетных температур теплоносителя в сетях и системе отопления.

Практика показала бесперспективность первого варианта. Второй вариант противоречит задачам энергосбережения, поскольку исключает возможность поддержания системы отопления здания в индивидуальном режиме регулирования и теплоучета, особенно при широко распространенных однотрубных системах отопления в зданиях массовых серий.

Рекомендуемые принципиальные схемы АУУ представлены на рис. 1. Рас-

смотрим особенности работы его регулирующего оборудования.

Регулятор расхода 3 обеспечивает поступление требуемого количества теплоносителя из распределительной сети для поддержания заданного графика температур в системе отопления. Степень открытия клапана регулятора определяется командой, поступающей на исполнительный механизм от контроллера 8, который обрабатывает введенную в него программу функционирования, оперируя данными, получаемыми от датчиков 9, 10, 11. Для плавного регулирования необходимо, чтобы перемещение штока клапана регулятора 3 (далее – клапан) обеспечивало равномерное изменение расхода теплоносителя, особенно в начале диапазона регулирования.

В практике отопления и вентиляции используются в основном клапаны с линейной или логарифмической (равнопроцентной и т. п.) характеристиками регулирования (рис. 2). При этом первые из них применяются в регуляторах перепада давления непосредственного действия и термостатах, а вторые – в клапанах с электроприводами.

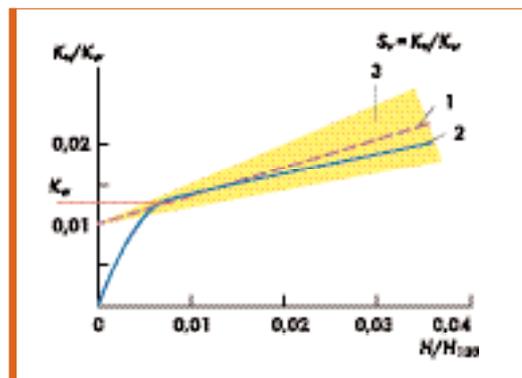
Линейная характеристика обеспечивает лучший относительный диапазон регулирования по сравнению с логарифмической, однако в зоне малых расходов, где происходят значительные их изменения, не обеспечивает эффективного регулирования. Логарифмическая характеристика позволяет обеспечить

более плавное регулирование в малых диапазонах расхода, но требует более длинного хода штока и как следствие – более скоростного привода. В настоящее время разработаны и выпускаются ЗАО «Данфосс» клапаны расхода, имеющие так называемую сплит-характеристику, позволяющую совместить положительные качества линейной и логарифмической характеристик.

Рабочая характеристика клапана обычно отличается от идеальной (рис. 3), а степень отличия в различных диапазонах зависит от качества его заводского изготовления. Основными факторами, определяющими качество регулирования, являются:  $K_{vr}$  – предел управляемости, т. е. пропускная способность клапана в начале его открытия;  $K_{vs}$  – пропускная способность полностью открытого клапана;  $S_v$  – коэффициент линейности регулируемой способности;  $P_v$  – коэффициент искажения.

С точки зрения эксплуатации предпочтительны клапаны с более высокими значениями коэффициента  $S_v$ , так как они обеспечивают лучшее качество регулирования в диапазоне малых расходов. Значение  $S_v$  по различным данным равно для логарифмической характеристики – 30–50; для линейной – 50–300; для сплит-характеристики – 200–500.

Следующая важная характеристика клапана – коэффициент искажения  $P_v$  (рис. 4).  $P_v = \Delta P_{100} / \Delta P_0$ , где  $\Delta P_{100}$  – перепад давления при полностью открытом



■ Рис. 3. Характеристики регулирующего клапана на начальном участке:  
 1 – идеальная;  
 2 – рабочая;  
 3 – область искажения рабочей характеристики;  
 $H/H_{100}$  – относительный ход штока клапана

клапане;  $\Delta P_0$  – то же, при полностью закрытом клапане.

По существу, величина  $P_v$  определяет степень изменения рабочей характеристики клапана в зависимости от перепада на нем давления. Чем больше значение  $P_v$ , тем лучше клапан регулирует расход в соответствии с характеристиками регулирования. При малом значении  $P_v$  перепад давления на клапане резко падает, поскольку степень его открытия растет. Поэтому изменение расхода при малой высоте подъема штока будет большим, тогда как при  $P_v$ , близком к 1, большая степень открытия достигается при небольшом подъеме. В результате значительно увеличится расход при малой высоте подъема штока и возникнет риск неустойчивости регулирования. При большой степени открытия клапана увеличение расхода будет небольшим и возникнет риск больших отклонений регулирования.

Из рис. 5 видно, что чем больше значение  $S_v$ , что характерно для сплит-характеристики, тем меньше влияет  $P_v$  на качество регулирования. Отмеченные преимущества клапанов со сплит-характеристиками определили их выбор и включение в состав комплектующих номенклатурного ряда АУУ.

Регулятор перепада давления 2 обеспечивает постоянный перепад давления на регулирующем клапане, что существенно снижает  $P_v$ , повышает качество регулирования, исключает влияние разрегулировки в распределительных сетях при изменении расхода воды у абонентов в процессе регулирования, ограничивает максимальный расход сетевой воды в АУУ, что позволяет избежать разрегулировки в сетях при сниженных температурах теплоносителя, а также при необходимости обеспечивает подпор в системе отопления.

Степень открытия клапана регулятора 2 в пределах заданного диапазона определяется перепадом давления теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах. Давление от трубопроводов по импульсным трубкам передается на диафрагму привода клапана и от нее – на шток клапана.

В системе без регулятора перепада давления  $\Delta P_0 = \Delta P_{с.от}$ ; с регулятором –  $\Delta P_0 = \Delta P_{уст}$ . При 100%-м открытии регулирующего клапана  $\Delta P_{100} = \Delta P_{уст} - \Delta P_{с.от}$ . Здесь  $\Delta P_{с.от}$  – перепад давления на системе отопления;  $\Delta P_{уст}$  – перепад давления, установленный на регуляторе.

В тех системах, где располагаемый перепад давления  $\Delta P_p$  перед смесительным узлом на протяжении всего отопительного сезона поддерживается стабильным, регулятор перепада давления может не устанавливаться, если нет необходимости в подпоре системы отопления. В этом случае потери давления

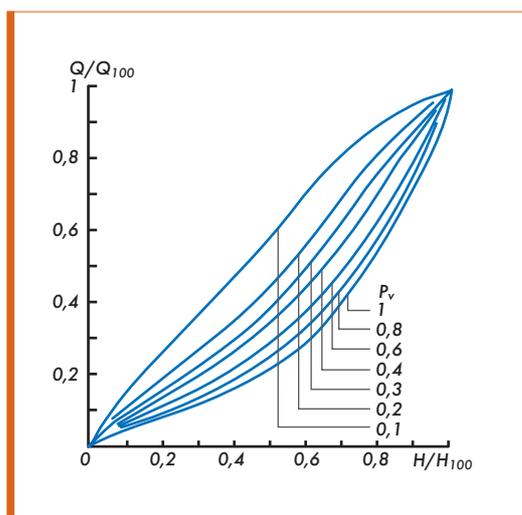


Рис. 4. Рабочие характеристики проходного регулирующего клапана

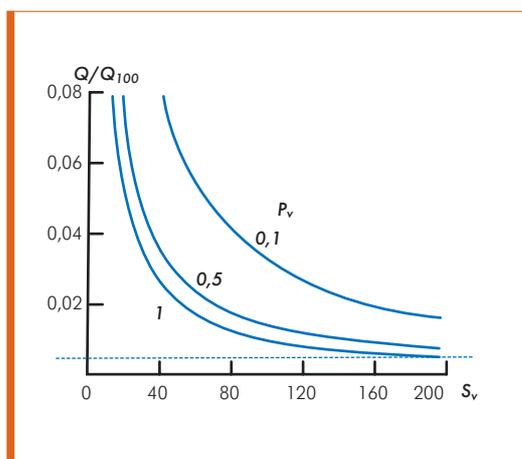


Рис. 5. Изменения расхода от  $S_v$  при постоянных значениях  $P_v$

в полностью открытом регулирующем клапане при максимальном допустимом расходе сетевой воды должны быть равны всему располагаемому давлению. Если по условиям подбора это невозможно, то желательно предусматривать установку регулятора перепада давления, гасящего избыточное давление.

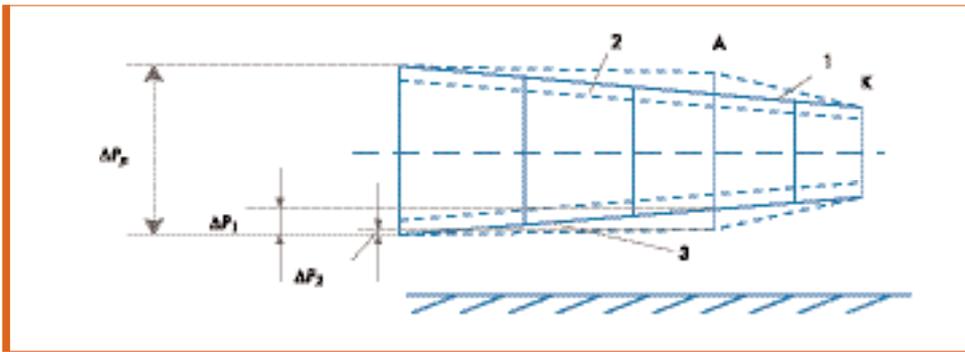
Как показывает практика, случаи, когда обеспечивается постоянство располагаемого напора на вводе в здание в течение всего отопительного сезона, редки. Как правило, в распределительных сетях  $\Delta P_p$  может значительно колебаться. Это связано с изменением как располагаемого напора в ЦТП, так и расхода воды у одного или нескольких абонентов при регулировании.

При изменении  $\Delta P_p$  в ЦТП и неизменном сопротивлении сети пропорционально изменится расход воды у всех абонентов (рис. 6, кривая 2). Если  $\Delta P_p$  в ЦТП постоянно, но уменьшился расход воды у одного из абонентов, то суммарное сопротивление сети увеличится, а суммарный расход воды в сети уменьшится. Вследствие этого снизятся потери напора в магистрали между ЦТП и абонентом А ( $\Delta P_2 < \Delta P_1$ ). С увеличением располагаемого напора у абонента А возрастает расход воды на участках от А до

К. У всех абонентов на участке от ЦТП до А произойдет непропорциональная разрегулировка, т. е. степень изменения расхода воды у всех абонентов будет различной. Как показывает практика, в этом заключается одна из причин жалоб на плохую работу систем отопления одного из зданий, подключенных к ЦТП.

Во всех случаях, когда возможно колебание давления на вводе, что характерно для распределительной сети с регулированием расхода у абонентов, установка регулятора перепада давления в АУУ обязательна. При этом суммарные потери давления в подобранных для каждого типоразмера клапанах регулятора расхода и в регуляторе перепада давления определены исходя из минимально возможного значения  $\Delta P_p$ . Это позволяет избежать нарушения подачи тепла в здание при снижении перепада давлений в сетях после ЦТП.

Схемы АУУ (рис. 1) предполагают установку регулирующего клапана и регулятора перепада давления на подающем трубопроводе из тепловой сети. Это возможно в тех случаях, когда статистическое давление в обратном трубопроводе тепловой сети надежно обеспечивает залив системы отопления. В противном случае регулирующий клапан и регулятор перепада



■ Рис. 6. Пьезометрический график распределения давления в сети и у абонентов:  
 1 – первоначальное при  $P_p$ ;  
 2 – при уменьшении  $P_p$ ;  
 3 – при уменьшении расхода у одного абонента

давления располагают на обратном трубопроводе. При этом регулятор перепада давления одновременно выполняет функцию регулятора подпора. Места установки насоса в АУУ определены из условий, оговоренных в нормах [2] и [3].

АУУ из разработанного номенклатурного ряда рекомендуется применять при проектировании однотрубных и двухтрубных систем отопления с отопительными приборами с термостатами. Работа термостата в однотрубной системе в наибольшей степени, по сравнению с двухтрубной, вызывает изменение температуры теплоносителя в обратном трубопроводе и требует активного регулирования в узле смешения – АУУ. Широкое распространение однотрубных систем, имевших преимущество перед двухтрубными по металлоемкости и повышенной теплогидроустойчивости для зданий выше 5–7 этажей при оснащении каждого отопительного прибора термостатом, потеряло смысл. Этим объясняется все большее применение двухтрубных систем отопления, в том числе и поквартирных, взамен еще широко распространенных в Москве однотрубных.

Проведенное МНИИТЭПом сравнение по металлозатратам и стоимости не выявило явного преимущества какого-либо конструктивного или схемного решения. Расхождение по металлозатратам находилось в пределах +10 % в зависимости от этажности здания и вариантов конструктивного решения. Более

подробно сопоставлялись эксплуатационные затраты одно- и двухтрубных систем, которые оценивались эффективностью регулирования, т. е. в конечном счете через энергозатраты.

Ключевой фактор в ряду прочих, влияющих на эффективность регулирования систем отопления, – регулировочные характеристики теплоотдачи отопительных приборов. В качестве примера рассмотрим эти характеристики (рис. 7).

В однотрубных системах отопления перепады температур в радиаторах составляют 2–5 °С (кривая I). Снижение расхода до 10 % номинального приводит к скачкообразному падению теплоотдачи. Такой характер регулирования практически близок к двухпозиционному релейному, обеспечивающему лишь крайние значения мгновенного расхода теплоносителя – отсутствие расхода воды в приборе и ее максимальный расход. В двухтрубных системах отопления перепад температур составляет 15–20 °С (кривая II). Регулировочные характеристики для данных систем более линейны. Так, при уменьшении относительного расчетного расхода до 10 % теплоотдача снижается до 20–30 %.

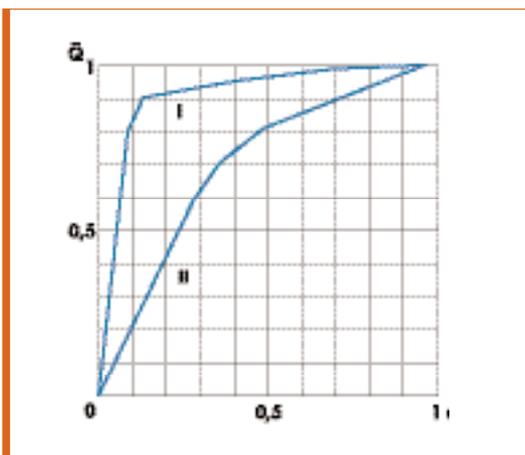
По своему характеру процесс регулирования в двухтрубных системах соответствует непрерывной системе регулирования, способной непрерывно изменять мгновенный расход воды в зависимости от управляющего сигнала, в частности, от отклонения температуры воздуха в по-

мещении от заданной. Это позволяет достаточно точно обеспечивать заданные отклонения регулируемых параметров и оптимальный расход тепловой энергии, соответствующий реальным условиям.

Имеющиеся аналитические решения относительно средней температуры воздуха в помещении за отопительный период свидетельствуют о перерасходе тепловой энергии на 12–15 % при релейном процессе регулирования (однотрубные системы) по сравнению с непрерывным процессом (двухтрубные системы отопления). Такое сравнение однотрубных и двухтрубных систем отопления свидетельствует о преимуществе вторых по эксплуатационным затратам при практическом равенстве капитальных затрат.

В этой связи в план экспериментального строительства на 2002 год включены научно-исследовательские и проектные работы, направленные на более полное использование в проектах двухтрубных систем отопления.

Таким образом, в настоящее время при проектировании систем отопления в домах массового жилищного строительства происходит переход на применение современных энергоэффективных двухтрубных систем отопления с комплексным автоматическим регулированием как на отопительном приборе, так и в узлах управления этих систем на ИТП или АУУ. В ОАО «Сантехпром» создается сервисная служба по их комплексному обслуживанию. Таким образом, Москве предложены технические решения по внедрению комплексной программы, направленной на экономию 25–35 % тепловой энергии, затраченной на отопление зданий. ■



■ Рис. 7. Регулировочные характеристики радиаторов

### Литература

1. Прижижецкий С. И., Грудзинский М. М., Зелиско П. М., Грановский В. Л. Практика применения термостатов РТД в однотрубных системах отопления домов массовых серий // Пром. и гражд. стр-во. 1998. № 11–12.
2. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов / Госстрой России. М., 2001.
3. МГСН 2.01-98. Энергосбережение в зданиях. Нормы по теплозащите и тепловодоснабжению. М., 1999. ■