



ВЕДУЩИЙ РУБРИКИ

Виктор Васильевич Пырк

к.т.н., доцент, советник по научно-техническим вопросам «Данфосс ТОВ»

ВНИМАЯ ЭКОНОМИЯ ЗАТРАТ НА СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ И ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ Часть I

В Украине полным ходом идет строительство многоэтажных зданий и не всегда для них проектируют эффективные системы отопления. Даже сложившаяся у большинства проектировщиков убежденность в необходимости применения автоматических регуляторов перепада давления вместо ручных балансировочных клапанов не всегда является основанием для заказчика, пытающегося сэкономить на разности в их стоимости. Заказчика, не думающего об эксплуатационных затратах и не беспокоящегося о благополучии государства в целом и потребителя в частности, интересуют лишь аргументы, способствующие снижению капитальных затрат при обособлении выбора оборудования. Отсутствие технико-экономического сопоставления проектных решений и неучет затрат на наладку системы с ручными балансировочными клапанами создают ложное представление об экономичности последних. С таким подходом приступать к проектированию высотных зданий недопустимо.

Надежные работоспособные проектные решения, подтвержденные мировым опытом, существуют. Однако они не закреплены нормативно, особенно для высоток, поскольку у нас для них еще не принят полномасштабный нормативный регламент. Существующие нормативы не отражают специфику этих зданий и перенос требований, пусть даже с нового ДБН В.2.2.15-2005 «Жилые здания. Основные положения» (распространяется на проектирование и реконструкцию зданий с уровнем пола верхнего этажа до 73,5 м, как правило, до 25 этажей включительно, при высоте этажа 2,8 м), на высотки является некорректным, а порой и недопустимым. Поэтому осуществляемое по согласованию с Госстроем Украины строительство высоток в Киеве является экспериментом, в результате которого должен быть осуществлен мониторинг работоспособности проектных решений с целью сознания соответствующих нормативов.

В отличие от нас в России разработаны «Общие положения к техническим требованиям по проектированию жилых зданий высотой более 75 м». Касательно систем отопления в них отражены основополагающие требования, которые переключаются с новым СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»:

- обязательное применение терморегуляторов;

- обязательный поквартирный учет теплопотребления;
- зонирование с обязательным независимым подключением к теплосети всех зон, кроме встроенной или пристроенной автостоянки.

Следует отметить, что энергетически богатая Россия, в отличие от Украины, нормативно закрепила применение энергосберегающего оборудования. В Украине, даже в новом ДБН В.2.2.15-2005 «Жилые здания. Основные положения», до сих пор оставлены лазейки для применения систем без терморегуляторов и поквартирного учета теплопотребления, которые не являются энергоэффективными. В то же время украинский опыт принятия работоспособных решений в системах отопления побогаче. Этап целостного восприятия работоспособности автоматизированных систем отопления у нас начался несколько раньше. Путем проб и ошибок мы пришли к работоспособным решениям, и сегодня имеем новейшую теорию регулирования, которая объясняет многие невидимые при проектировании аспекты работоспособности систем отопления. Этот опыт планируется представить в России на международной конференции «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции» в конце года.

Проектирование систем отопления высоток само по себе не вносит принципиального новшества

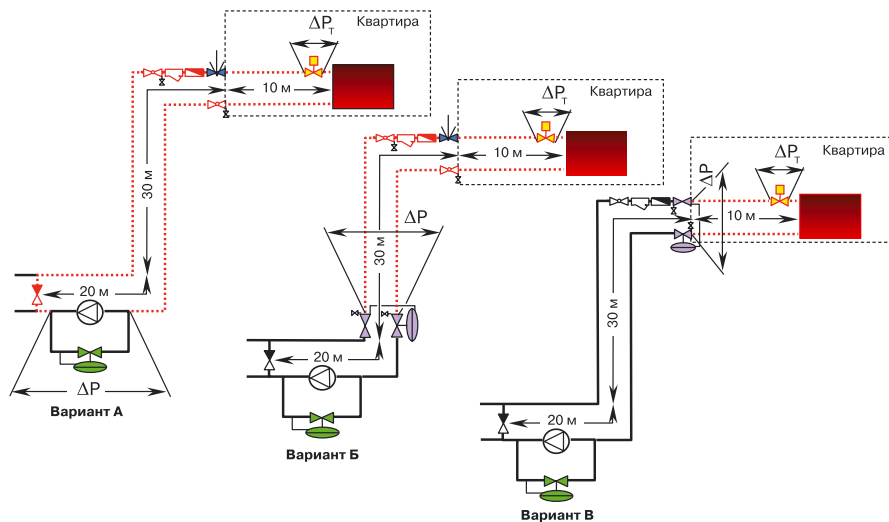


Рис. 1. Варианты проектных решений

для тех, кто постиг работу автоматических клапанов в многоэтажных зданиях. Это оборудование справится с поставленной задачей, если проектировщик обеспечил его работоспособность в любом режиме эксплуатации. Если этого не сделать, то в высотках проявятся более выраженная тепловая и гидравлическая разбалансировка систем с более плачевными последствиями, чем в многоэтажках.

Компания Данфосс, участвуя в экспериментальном строительстве высоток в г. Киев, научно проработала возникающие гидравлические особенности систем отопления и отразила их в новой версии компьютерной программы «Данфосс СО», которая распространяется среди проектировщиков. Весьма интересны возникшие новые результаты экономической целесообразности применения автоматических регуляторов перепада давления на поквартирных ветках. Кроме уже известных основных положительных черт такого проектного решения, как:

- устранение перетоков теплоносителя между квартирными ветками;
- устранение влияния гравитационного давления;
- упрощение наладки системы;
- независимость от несанкционированного вмешательства в систему отопления;

- создание эффективной работоспособности терморегуляторов – обеспечение теплового комфорта при минимуме энергопотребления

выявлены новые положительные свойства, на которые ранее не обращали внимания. Основным из них является снижение потерь давления в системе при поквартирной установке регуляторов перепада давления. Рассмотрим это свойство на примере.

Пример

Дано: расстояние от стояка до ИТП (магистраль) – 20 м (потери давления в магистрали ΔP_M определяем по среднему значению из диапазона экономически целесообразных удельных потерь давления $R = 100 \dots 200$ Па/м, т.е. $\Delta P_M = 2 \times 20 \times 150 = 6$ кПа, где 2 – количество труб); высота стояка – 30 м (потери давления в стояке $\Delta P_{ст} = 2 \times 30 \times 150 = 9$ кПа, 9-этажное здание); длина поквартирной ветки до наиболее удаленного радиатора – 10 м (потери давления в приборной ветке $\Delta P_{пв} = 2 \times 10 \times 150 = 3$ кПа); потери давления в фильтре и водомере принимаем очень заниженно: $\Delta P_{ф+в} = 5$ кПа. Сопротивление регулирующего клапана (выделен синим цветом) принимаем $\Delta P_K = 1$ кПа (только для клапанов со встроенной рас-

Блиц-ответы

Система с попутным движением теплоносителя лучше тупиковой?

По сравнению с ненастроенной тупиковой – да. С настроенной – нет. Меньшая длина труб в тупиковой системе способствует увеличению авторитета терморегуляторов и, как следствие, лучшей регулируемости системы в целом.

Удешевляет ли систему применение шарового крана вместо регулирующего вентиля в основном циркуляционном кольце системы с ручными балансировочными клапанами?

На первый взгляд, да, т. к. уменьшается сопротивление этого кольца и системы в целом.

Однако наладить такую систему будет невозможно, либо, в лучшем случае, довольно сложно. Все существующие методы наладки систем с ручными балансировочными клапанами предполагают наличие во всех циркуляционных кольцах регулирующих клапанов с измерительными штуцерами.

Чем чревата замена клапанов одного производителя на другие при комплектации объекта, если соблюдено равенство их пропускной способности?

Не менее важным гидравлическим параметром клапана является его рабочая расходная характеристика. Как правило, нет одинаковых клапанов у разных производителей с совпадением этих характеристик. Последствие такой замены – изменение регулируемости системы, т. е. ее энергоэффективности и обеспечения теплового комфорта в помещении.

Детальные ответы на эти и многие другие вопросы Вы получите в последующих выпусках «Данфосс INFO».

Свои вопросы присылайте по адресу: 04080 г. Киев, ул. Викентия Хвойки, 11 «Данфосс ТОВ» с пометкой «Данфосс INFO», или по электронной почте: ua_info@danfoss.com

ходомерной шайбой; для обычных регулирующих клапанов следует принимать не менее 3 кПа, исходя из условия возможности достоверного определения расхода при наладке). Сопротивлением

шаровых кранов, обратного клапана и радиатора условно пренебрегаем. Сопротивление автоматического регулятора с клапаном-спутником $\Delta P_A = 10$ кПа (выделен фиолетовым цветом).

Необходимо: определить потери давления в системе отопления ΔP_c при различных вариантах установки автоматических регуляторов перепада давления, представленных на рис. 1:

- вариант **А** – отсутствует регулятор перепада давления на стояке или приборной ветке (не соответствует требованию п. 3.59 изменения № 2 к СНиП 2.04.05-91). Регулируемым участком терморегулятора является вся система отопления, т.к. ближайшими точками поддержания постоянного перепада давления являются точки присоединения перемычки у насоса с перепускным клапаном (выделен зеленым цветом) в соответствии с обязательным требованием п. 3.59 изменения № 2 к СНиП 2.04.05-91). Для гидравлической увязки циркуляционных колец установлен регулирующий клапан (выделен синим цветом);
- вариант **Б** – регулятор перепада давления (выделен фиолетовым цветом) установлен на стояке (соответствует требованию п. 3.59 изменения № 2 к СНиП 2.04.05-91). Регулируемым участком терморегулятора является поквартирная ветка и стояк, т.к. ближайшими точками поддержания постоянного перепада давления являются точки отбора импульса давления регулятором перепада давления (в клапане-спутнике, устанавливаемом на подающем стояке, и в самом регуляторе, устанавливаемом на обратном стояке). Для гидравлической увязки циркуляционных колец поквартирных веток в пределах стояка установлен регулирующий клапан (выделен синим цветом);
- вариант **В** – регулятор перепада давления (выделен фиолетовым цветом) установлен на вводе в квартиру (не противоречит требованию п. 3.59 изменения № 2 к СНиП 2.04.05-91). Регулируемым участком терморегулятора является поквартирная ветка. Ручной балансировочный клапан в этом случае не нужен.

Решение

Вариант А:

Сопротивление регулируемого участка ΔP^- без учета сопротивления терморегулятора:

$$\Delta P^- = \Delta P_M + \Delta P_{CT} + \Delta P_{\Phi+B} + \Delta P_K + \Delta P_{PB} = 6+9+5+1+3=24 \text{ кПа.}$$

Сопротивление терморегулятора ΔP_T определяем из уравнения его авторитета при минимально допустимом значении авторитета 0,5:

$$a = \frac{\Delta P_T}{\Delta P} = \frac{\Delta P_T}{\Delta P^- + \Delta P_T} = 0,5 \Rightarrow \Delta P_T = \Delta P^- \Rightarrow \Delta P_{T(A)} = 24 \text{ кПа.}$$

Сопротивление системы:

$$\Delta P_{C(A)} = \Delta P^- + \Delta P_T = 24+24 = 48 \text{ кПа.}$$

Настройка автоматического перепускного клапана в тепловом пункте:

$$\Delta P_{A(A)} = \Delta P^- + \Delta P_T = 24+24 = 48 \text{ кПа.}$$

Вариант Б:

Сопротивление регулируемого участка ΔP^- без учета сопротивления терморегулятора

$$\Delta P^- = \Delta P_{CT} + \Delta P_{\Phi+B} + \Delta P_K = 9+3+5+1 = 18 \text{ кПа.}$$

Сопротивление терморегулятора ΔP_T определяем из уравнения его авторитета при минимально допустимом значении авторитета 0,5:

$$a = \frac{\Delta P_T}{\Delta P} = \frac{\Delta P_T}{\Delta P^- + \Delta P_T} = 0,5 \Rightarrow \Delta P_T = \Delta P^- \Rightarrow \Delta P_{T(B)} = 18 \text{ кПа.}$$

Сопротивление системы:

$$\Delta P_{C(B)} = \Delta P_M + \Delta P_A + \Delta P^- + \Delta P_T = 6+10+18+18=52 \text{ кПа.}$$

Автоматически поддерживаемое давление регулятором перепада давления на стояке:

$$\Delta P_{A(B)} = \Delta P^- + \Delta P_T = 18+18 = 36 \text{ кПа.}$$

Вариант В:

Сопротивление регулируемого участка ΔP^- без учета сопротивления терморегулятора:

$$\Delta P^- = \Delta P_{PB} = 3 \text{ кПа.}$$

Сопротивление терморегулятора ΔP_T определяем из уравнения его авторитета при минимально допустимом значении авторитета 0,5:

$$a = \frac{\Delta P_T}{\Delta P} = \frac{\Delta P_T}{\Delta P^- + \Delta P_T} = 0,5 \Rightarrow \Delta P_T = \Delta P^- \Rightarrow \Delta P_T = 3 \text{ кПа.}$$

Сопротивление системы:

$$\begin{aligned} \Delta P_{C(B)} &= \Delta P_M + \Delta P_{CT} + \Delta P_{\Phi+B} + \Delta P_A + \Delta P^- + \Delta P_T = \\ &= 6+9+5+10+3+3 = 36 \text{ кПа.} \end{aligned}$$

Автоматически поддерживаемое давление регулятором перепада давления:

$$\Delta P_{A(B)} = \Delta P^- + \Delta P_T = 3+3=6 \text{ кПа.}$$

Таблица 1. Результаты расчета

Вариант	Потери давления		
	в системе	на терморегуляторе	на регулируемом участке
А	$\Delta P_{C(A)} = 48$ кПа	$\Delta P_{T(A)} = 24$ кПа	$\Delta P_{A(A)} = 48$ кПа
Б	$\Delta P_{C(B)} = 52$ кПа	$\Delta P_{T(B)} = 18$ кПа	$\Delta P_{A(B)} = 36$ кПа
В	$\Delta P_{C(B)} = 36$ кПа	$\Delta P_{T(B)} = 3$ кПа	$\Delta P_{A(B)} = 6$ кПа

Выводы

1. Вариант **В** является наиболее выгодным с энергетической точки зрения: по сравнению с вариантом **А** – на $100\% \times (48-36)/36=33\%$ требует меньших затрат энергии на перекачивание теплоносителя; по сравнению с вариантом **Б** – на $100\% \times (52-36)/36=44\%$.

Максимально возможный перепад давления на терморегуляторе при его закрывании равен автоматически поддерживаемому перепаду, т. е. $\Delta P_{A(B)} = 6$ кПа. Диапазон потерь давления на терморегуляторе $\Delta P_{T(B)} = 3...6$ кПа, т. е. не превышает допустимого по шуму перепада давления в $20...25$ кПа.

2. Вариант **Б** является наиболее невыгодным с энергетической точки зрения.

Максимально возможный перепад давления на терморегуляторе при закрывании равен автоматически поддерживаемому перепаду, т. е. $\Delta P_{A(B)} = 36$ кПа. Диапазон потерь давления на терморегуляторе $\Delta P_{T(B)} = 18...36$ кПа. Этот диапазон не превышает допустимого по шуму перепада давления в $20...25$ кПа при номинальном расходе теплоносителя. Но может образоваться шум при закрывании терморегулятора.

3. Вариант **А** занимает среднее положение по затратам энергии на перекачивание теплоносителя.

Максимально возможный перепад давления на терморегуляторе при закрывании равен автоматически поддерживаемому перепаду, т. е. $\Delta P_{A(B)} = 48$ кПа. Диапазон потерь давления на терморегуляторе $\Delta P_{T(B)} = 24...48$ кПа. Этот диапазон превышает допустимый по шуму перепад давления в 20 кПа. Шум в системе может быть при всех режимах работы терморегулятора.

Таким образом, наилучшее место установки регуляторов перепада давления в многоэтажных зданиях – на поквартирных ветках. Чем выше этажность здания, а также сопротивление расходомера, фильтра..., тем выше будет экономический эффект от снижения затрат на перекачивание теплоносителя.

Рассмотренный пример на первый взгляд отражает только эксплуатационные затраты. В то же время снижение сопротивления системы с автоматическими регуляторами перепада давления приводит к снижению капитальных затрат, что является аргументом для заказчика. Определить значимость этого утверждения можно путем сопоставления проектных решений, рассчитанных по компьютерной программе, например, «Данфосс СО». Для этого необходимо затратить всего несколько минут: заменить ручными балансировочными клапанами все автоматические регуляторы перепада давления на поквартирных ветках, произвести гидравлический перерасчет и сравнить его результаты.

Подобный подход был применен для одной из зон системы отопления высотного жилого здания, строящегося в Киеве. Характеристика здания, обслуживаемого зоной системы отопления: теплотери – 222 кВт, количество этажей – 11 , количество квартир – 44 . Система горизонтальная с терморегуляторами на отопительных приборах. Трубы приборных веток – пластиковые, стояка и магистралей – стальные.

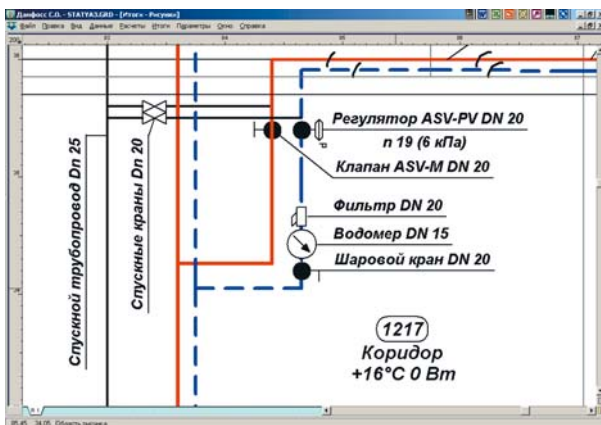
При сопоставлении рассмотрено три варианта:

1. На каждой поквартирной ветке применено автоматическое регулирование – установлен автоматический регулятор перепада давления ASV-PV+ASV-M (рис. 2). Внешний авторитет терморегуляторов – не менее $0,5$. Удельные потери давления – не более 150 Па/м.

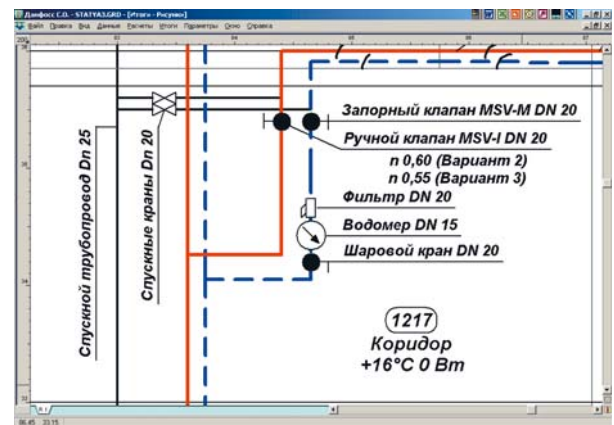
2. На каждой поквартирной ветке применено ручное регулирование – установлен ручной балансировочный клапан MSV-I и ручной запорный клапан MSV-M (рис. 2). Внешний авторитет терморегуляторов – не менее $0,5$. Удельные потери давления – не более 150 Па/м.

3. На каждой поквартирной ветке применено ручное регулирование – установлен ручной балансировочный клапан MSV-I и ручной запорный клапан MSV-M (рис. 2). Внешний авторитет терморегуляторов – не менее $0,3$. Удельные потери давления – не более 100 Па/м.

Для сопоставления была выбрана приборная ветка квартиры на тринадцатом этаже. Ветка тупиковая с четырьмя отопительными приборами. Результаты



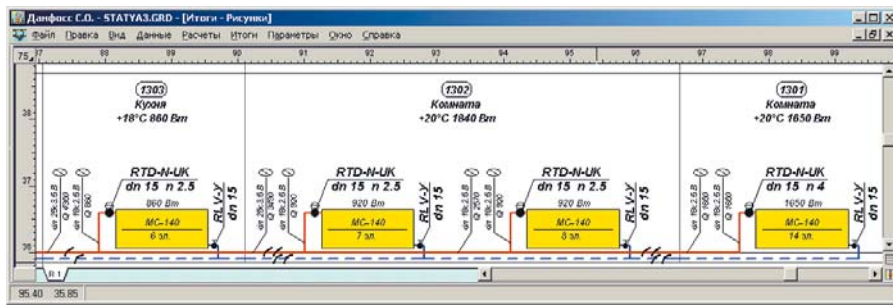
Вариант 1



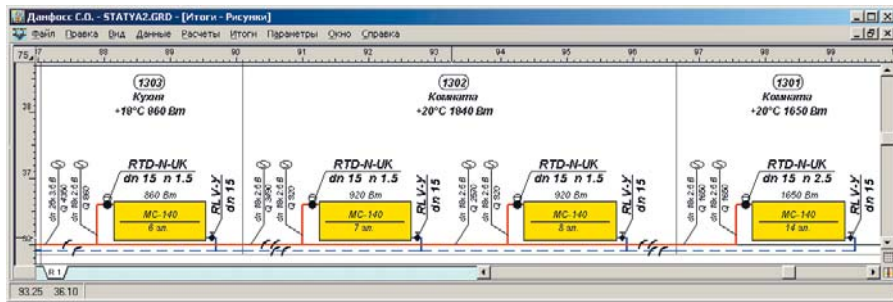
Варианты 2 и 3

Рис. 2. Узлы присоединения приборных поквартирных веток

Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3

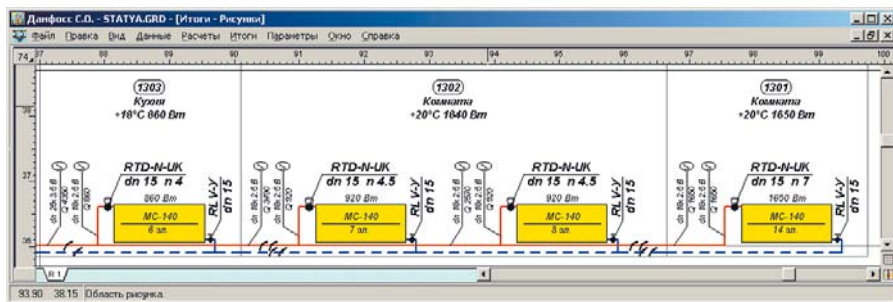


Рис. 3. Результаты расчетов по приборной ветке

расчета по программе представлены на рис. 3. По значению настройки терморегуляторов однозначно преимущественным является вариант 1 с диапазоном настроек терморегуляторов 4...7. Чем выше настройка терморегуляторов, тем меньше вероятность их засорения, что нельзя сказать о вариантах 2 и 3.

Более полного сопоставления приборных веток можно достичь, осуществив выборку параметров по терморегуляторам, представленную в табл. 2. Нумерование терморегуляторов принято слева направо по приборной ветке. Красным цветом выделены нежелательные значения.

Уменьшение настроек повышает не только вероятность засорения, но и уменьшает авторитет теплового помещения. Это означает, что при настройках примерно ниже 4,

а также при внешнем авторитете терморегулятора ниже 0,5 происходит ограничение расхода теплоносителя в процессе его открывания

относительно номинального (расчетного) положения. Потребитель в этом случае не имеет возможности повысить температуру воздуха в помещении, т. к. терморегулятор способен только перекрывать поток теплоносителя. С настройками примерно выше 4 и внешним авторитете немного больше 0,5 терморегулятор может увеличивать пропускную способность, повышая теплопередачу отопительного прибора. Этим достигается повышение температуры воздуха на несколько градусов относительно расчетного значения, т. е. есть обеспечивается тепловой комфорт для детей, пожилых людей, больных и тех, кто предпочитает более высокие температуры. В вариантах 2 и 3 такая возможность отсутствует.

При сопоставлении терморегуляторов по потерям давления сразу можно отбросить вариант 2 как неприемлемый. При потерях давления на терморегуляторе более 25 кПа может возникать шум. Поэтому проектировщики, чтобы снизить потери давления на терморегуляторах, уменьшают его внешний авторитет и максимальные удельные потери давления в трубопроводах. Именно этим отличается вариант 3 от варианта 2.

Вариант 3, на первый взгляд, обеспечивает бесшумную работу, т. к. потери давления на терморегуляторах ниже 25 кПа, однако лишь в расчетном режиме. При за-

Таблица 2. Сопоставление характеристик терморегуляторов

Параметр	Терморегулятор	Вариант 1 с автоматическими клапанами	Вариант 2 с ручными клапанами	Вариант 3 с ручными клапанами
Настройка n	1	4,0	1,5	2,5
	2	4,5	1,5	2,5
	3	4,5	1,5	2,5
	4	7,0	2,5	4,0
Внешний авторитет	1	0,78	0,66	0,40
	2	0,62	0,65	0,40
	3	0,58	0,65	0,39
	4	0,50	0,64	0,38
Потери давления, кПа	1	4,9	62,9	18,1
	2	3,9	61,9	17,9
	3	3,7	61,6	17,6
	4	3,0	61,1	17,1

Таблица 3. Сопоставление общих данных

Параметр	Вариант 1 с автоматическими клапанами	Вариант 2 с ручными клапанами	Вариант 3 с ручными клапанами
Потери давления в системе, кПа	40,5	89,8	40,4
Длина пластиковых трубопроводов, м			
- диаметр 18	2388	2388	2088
- диаметр 25	685	685	985
Масса стальных труб, кг	2513	2513	2860
Наибольший диаметр, мм			
- стояка	40	40	50
- магистрали	80	80	80
Водоёмкость системы, л	4781	4781	5091

крывании части терморегуляторов в системе с ручными балансировочными клапанами повышается перепад давления на терморегуляторах до располагаемого значения у насоса. Для определения возможности шумообразования варианта 2 следует осуществить выборку расчетных данных по системе, представленной в табл. 3. Максимально возможный перепад давления на терморегуляторах при их закрывании может достигать 40,4 кПа, т. е. появляется вероятность шумообразования системы отопления. В варианте 1 в процессе работы системы максимально возможный перепад давления на терморегуляторах не превышает автоматически поддерживаемого автоматическим регулятором, т. е. 6 кПа (см. сноску от регулятора на рис. 2). Следовательно, в варианте 1 предотвращено шумообразование системы не только в расчетном, но и в эксплуатационном режиме системы. В то время, как в вариантах 2 и 3 этого не достигнуто.

Сопоставление вариантов относительно капитальных затрат осуществляют по диаметрам труб. При использовании варианта 3 (ручные клапаны) увеличивается длина труб 25x3,5 на 300 м и уменьшается на соответствующую величину длина труб 18x2,5, что приводит к возрастанию капитальных затрат на трубы. Подобное происходит и со стальными трубами. Кроме того, увеличение диаметров труб приводит к возрастанию стоимос-

ти фитингов и теплоизоляции, а также расширительного бака, т. к. водоёмкость системы повышается на 6,5 %. Увеличение водоёмкости и массы стальных труб на 347 кг соответственно ухудшает инерционность системы и соответственно регулируемость.

Выводы

Применение ручных балансировочных клапанов в системе отопления многоэтажных и высотных зданий при комплексном сопоставлении с автоматическими регуляторами не имеет существенной выгоды в капитальных затратах, т. к. требует увеличения диаметров труб, фитингов, теплоизоляции и размера расширительных баков.

Применение ручных балансировочных клапанов в системе отопления многоэтажных и высотных зданий увеличивает эксплуатационные затраты на систему отопления, т. к. ухудшается ее регулируемость.

Применение ручных балансировочных клапанов в системе отопления многоэтажных и высотных зданий ухудшает возможности системы отопления по обеспечению теплового комфорта в помещении, что следует знать потребителю при приобретении жилья.

Применение автоматических регуляторов перепада давления на квартирных ветках многоэтажных и высотных зданий, по сравнению с ручными балансировочными

клапанами, дает следующие преимущества:

- предотвращение шумообразования терморегуляторов автоматическим поддержанием перепада давления на заданном уровне;
- предотвращение шумообразования в трубопроводах и элементах систем ограничением максимального потока теплоносителя;
- обеспечение оптимальных условий работы терморегуляторов во всех режимах их работы;
- создание условий эффективного поперечного распределения терморегуляторами при образовании подсистем в пределах регулируемых участков, по располагаемому давлению которых определяют внешние авторитеты терморегуляторов;
- обеспечение дополнительного экономического и санитарно-гигиенического эффекта моментальным предотвращением перетоков теплоносителя между подсистемами;
- упрощение гидравлических расчетов дроблением разветвленных систем на подсистемы, в пределах которых уравнивают циркуляционные кольца;
- стабилизация работы системы в течение длительного времени эксплуатации компенсацией возрастания гидравлического сопротивления элементов системы от коррозии и накипи;
- устранение влияния естественного давления до регулируемого участка;
- упрощение монтажа и обслуживания системы совмещением функций перекрытия регулируемого участка, спуска теплоносителя и воздуха, возможностью компьютерной диагностики;
- автоматическая балансировка системы после ее модернизации (расширения и т. п.);
- снижение энергопотребления насосов.

*В. Пырков,
А. Сокиркин*