

# АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Н. В. Долгов, канд. техн. наук, доцент; Т. В. Селютина, магистрант

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**Аннотация.** Проведен анализ исследований ведущих ученых с целью определения рациональной методики расчета регулирующей арматуры при изменении нагрузки систем отопления в течение суток для различных видов потребителей тепловой энергии, в частности для потребителей жилых и общественных зданий. В статье рассмотрены существующие наиболее распространенные системы отопления, выявлены преимущества и недостатки данных систем. Выявлено, что одним из основных преимуществ существующих систем отопления является возможность количественного регулирования у потребителя, а также автоматизация процессов в проектируемых системах отопления. Установлено, что в большинстве случаев при расчетах систем отопления не учитывается изменение пропускной способности регулирующей арматуры, влияющее на характеристики гидравлического режима систем отопления. На основании проведенного анализа различных режимов и способов регулирования теплоотдачи систем отопления выявлена необходимость учета характеристик пропускной способности термостатических и балансировочных клапанов для стабилизации гидравлического режима в период эксплуатации систем отопления.

**Ключевые слова:** автоматический режим, отопление, гидравлический режим, микроклимат, циркуляционное давление.



*Долгов  
Николай Викторович*



*Селютина  
Татьяна Валерьевна*

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В современных системах отопления применяется различная регулирующая арматура, которая обеспечивает переменный теплогидравлический режим работы системы для поддержания комфортных условий в отапливаемом помещении на протяжении отопительного сезона, и, одновременно, экономное потребление тепловой и электрической энергии. В результате воздействия автоматических регуляторов и заведомо низкого значения расхода в системе, режим течения теплоносителя в системе выходит за границы турбулентного режима, принимаемого при традиционном расчёте. Это ставит под сомнение точность традиционного подхода к расчёту таких систем. Кроме того, отсутствует методика выбора необходимого набора регуляторов в системе отопления и их типоразмера. Эти проблемы не решены как в отечественной, так и в зарубежной практике, а также не отражены в нормативной документации.

Результаты исследований в данной области показывают, что в современных системах отопления наблюдается непостоянный гидравлический режим, который приводит к нестабильной работе системы отопления, а это является серьезной проблемой.

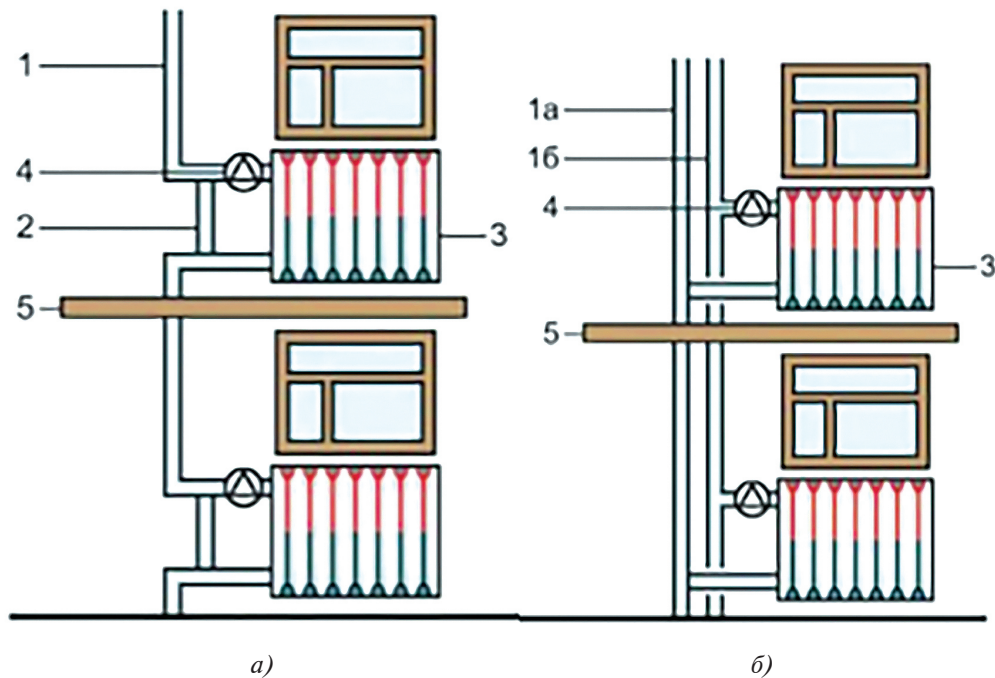
## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка особенности тепло-гидравлического режима работы системы отопления с автоматическим регулированием, влияющей на качество работы системы.

Основным назначением систем отопления является создание и поддержание требуемых комфортных условий для пребывания человека в отапливаемых помещениях здания на протяжении всего отопительного сезона. При этом должна обеспечиваться экономичность системы, которая достигается путём исключения или сокращения бесполезных финансовых и энергетических затрат.

Для отопления жилых многоэтажных зданий советской постройки применялись преимущественно вертикальные системы отопления (рис. 1).

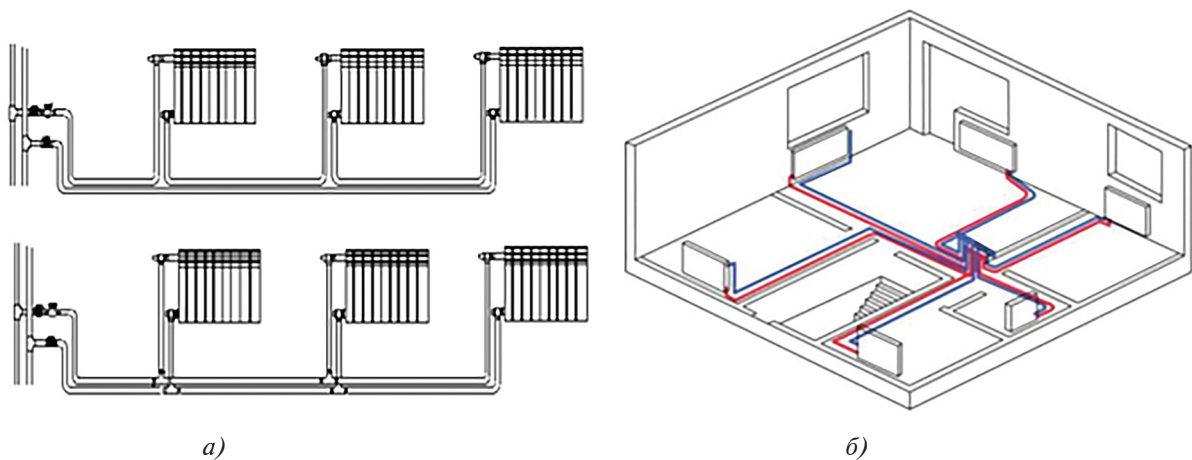
Основным недостатком данных систем отопления является то, что нет возможности установить квартирный узел учета, а к основным преимуществам можно отнести их достаточно небольшую материалоёмкость по сравнению с современными горизонтальными системами отопления (рис.2).



а) б)

Рис. 1. Вертикальные системы отопления:

а) однотрубная система отопления; б) двухтрубная система отопления;  
 1 – стояк; 1а – обратный стояк; 1б – подающий стояк; 2 – замыкающий участок;  
 3 – отопительный прибор; 4 – радиаторный термостат; 5 – перекрытие



а)

б)

Рис. 2. Системы отопления с горизонтальной разводкой системы отопления:

а) тупиковая разводка; б) коллекторная разводка

К преимуществам данных систем можно отнести наличие квартирного узла учета расхода теплоносителя, а к недостаткам – большую металлоёмкость.

Известно, что регулирование систем теплоснабжения и отопления осуществляется тремя способами: качественным, количественным и качественно-количественным. Также регулирование можно классифицировать как: центральное, групповое, местное и индивидуальное [1]. Изменение теплоподдачи в ходе регулирования разделяется также в зависимости от

параметра, который является исходным для его осуществления [2]. На начальных этапах регулирования, как правило, таковым является текущая температура наружного воздуха (регулирование «по возмущению»). Температурный датчик при этом размещается снаружи на затенённом фасаде здания. Этот способ проще и дешевле в осуществлении, но менее точен из-за возможных различий теплотехнических характеристик ограждающих конструкций группы отапливаемых зданий. На конечных этапах регулирования, как правило,

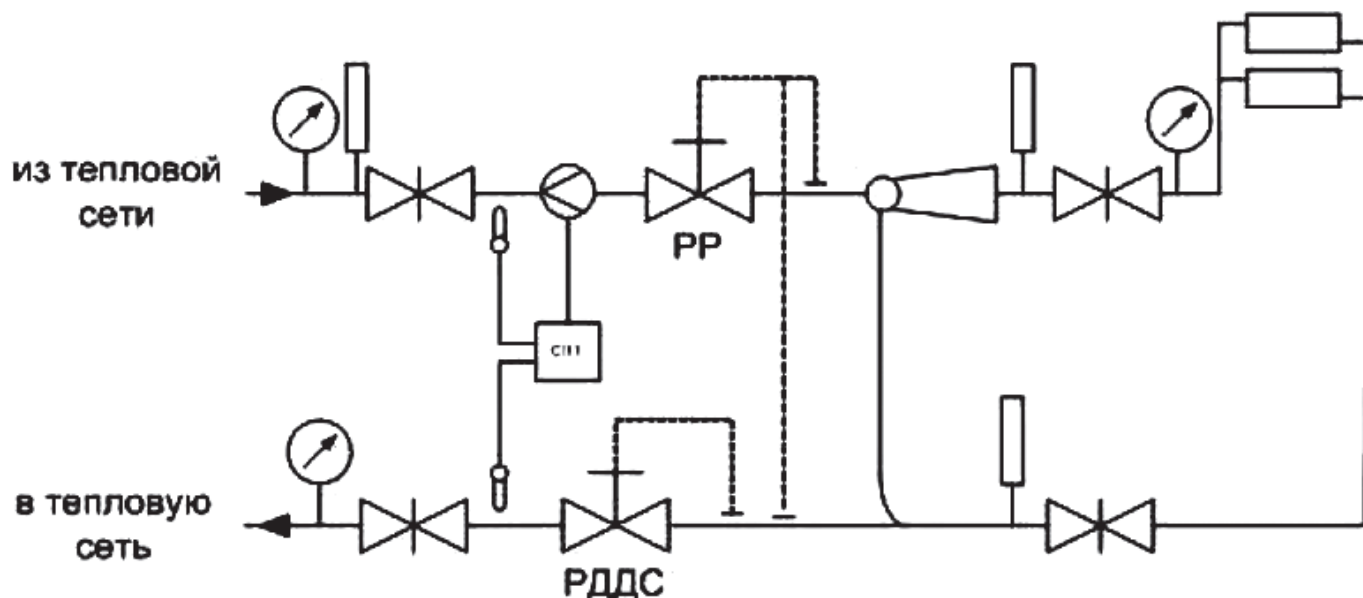


Рис. 3. Зависимая схема подключения системы отопления:  
 PP – регулятор расхода; РДДС – регулятор давления до себя;  
 СПТ – теплосчетчик

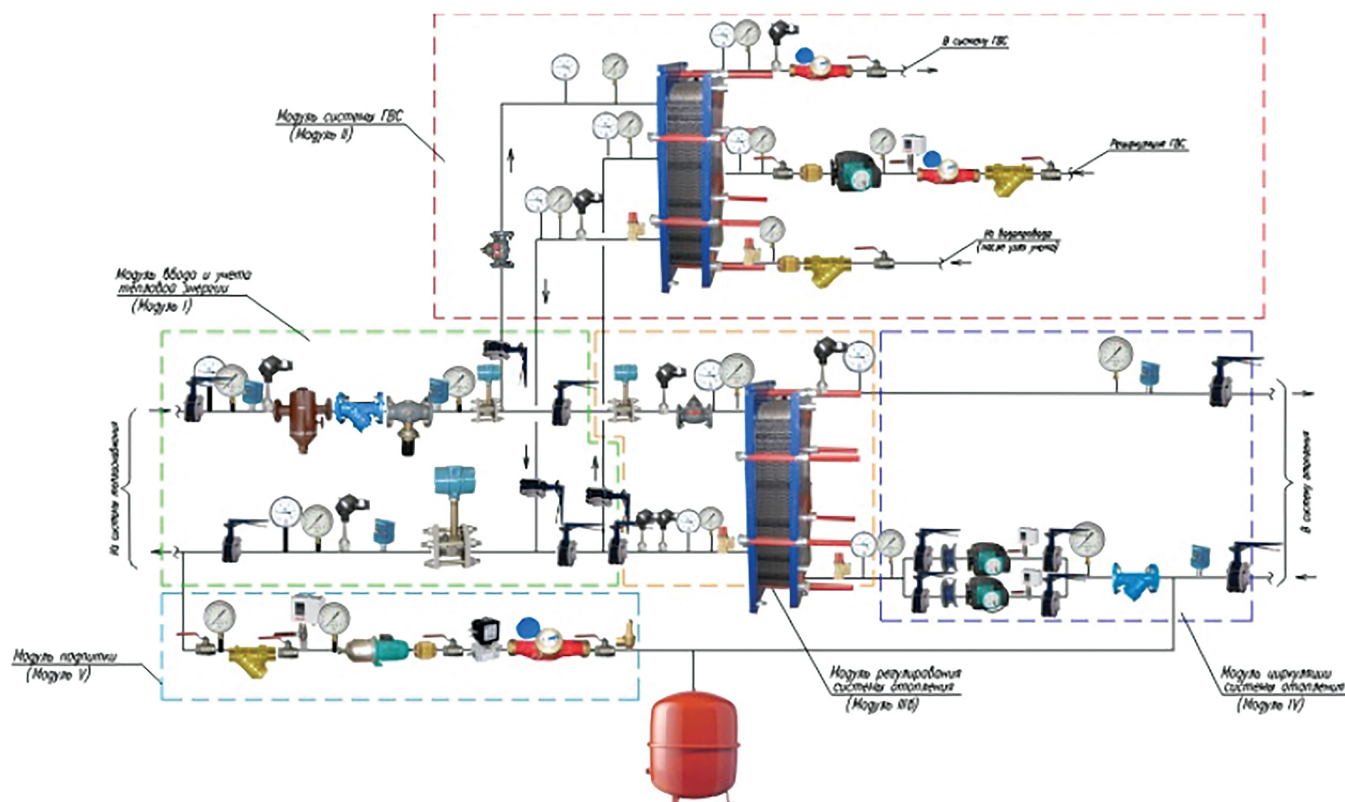


Рис. 4. Схема независимого подключения системы отопления

более точно осуществляется непосредственно по тому параметру, который является главным и определяющим во всем этом процессе, — по температуре внутреннего воздуха отапливаемого помещения (регулирование «по отклонению»). Температурный датчик чаще всего в этом случае является элементом непосредственно самого регулирующего органа.

В советский период широкое применение получила схема с зависимым подключением абонентов к тепловой сети. В данной схеме не требуется установка дорогостоящего теплообменного оборудования, а лишь устанавливается струйный элеватор. Данная схема не позволяет сооружать современные автоматизированные системы отопления с погодным регулированием (рис.3).

Для качественного регулирования систем отопления наиболее эффективным решением является применение индивидуальных тепловых пунктов с пластинчатыми теплообменными аппаратами (рис. 4).

Преимуществом данной схемы является возможность регулирования температуры в отапливаемом помещении непосредственно самим потребителем, а также возможность погодного регулирования.

Конструкция современной системы отопления предполагает наличие различного вида оборудования, причём каждый элемент решает свою индивидуальную задачу. Но невозможно полностью исключить и взаимное влияние этих элементов. Даже, если каждый элемент обеспечивает высокую энергоэффективность [1, 2], это не означает, что вся система в целом будет работать эффективно. При некорректном выборе оборудования оно может стать «балластом» в процессе эксплуатации, тем самым уменьшая эффективность работы отопительной системы. Вопрос выбора оборудования полностью возлагается на проектировщиков, однако, неправильный монтаж, наладка и эксплуатация сложных устройств также может стать причиной выхода его из строя или неэффективной работы всей системы [3]. Поэтому, важно на стадии проекта грамотно выбирать тип и место установки оборудования, при монтаже и первоначальной наладке соблюдать все требования инструкций и проекта, а в процессе эксплуатации вовремя производить ремонтные работы на высоком требуемом уровне.

Включение систем автоматизации в конструкцию современной системы отопления и теплового пункта позволяет автоматически контролировать параметры микроклимата в помещении и теплоносителя в системе отопления и на её участках, а также обеспечивать учёт тепловой энергии, потребляемой системой. Все эти мероприятия призваны повышать энергетическую эффективность системы и регулировать режим её работы. Однако, повышенные капитальные и возможные эксплуатационные затраты могут превзойти экономический эффект от сокращения теплопотребления системой отопления. Таким образом, применение того или иного оборудования должно быть экономически обосновано.

В современных системах отопления все чаще стали использоваться системы автоматического регулирования, которые, в той или иной мере, призваны улучшить показатели работы систем. В первую очередь установка новых образцов оборудования связана с европеизацией рынка подобных устройств [4]. Регулирующие краны двойной регулировки заменяются так называемыми термостатическими клапанами (рис. 5) с повышенным гидравлическим сопротивлением, а краны трёхходовые и проходные на аналогичные термостатические клапаны с пониженным гидравлическим сопротивлением.

Клапаны устанавливаются, как правило, на подводке к отопительному прибору, либо встраиваются непосредственно в конструкцию отопительного прибора.

Термостатические клапаны можно классифицировать следующим образом: по количеству направления ходов теплоносителя; по типу предварительной настройки; по изменению направления потока теплоносителя; по возможности использования в различных видах систем отопления; по месту установки.

Конструкция этих клапанов позволяет изменять проходное сечение за счёт изменения положения штока либо ручным воздействием, либо с помощью термостатической головки или иного механизма. В расчёте это учитывается изменением величины проводимости клапана  $\sigma_{кл}$ , кг/(ч·Па<sup>0,5</sup>), или, как её принято называть и обозначать в каталогах и справочниках фирм-производителей, пропускной способности  $k_v$ , (м<sup>3</sup>/ч)/бар<sup>0,5</sup>. Именно эта характеристика используется при проектировании системы отопления, так как она позволяет определить диапазон количественного регулирования теплоотдачи отопительного прибора и степень воздействия на гидравлический режим работы системы отопления в целом.

Пропускную способность любого элемента системы отопления  $k_v$  обычно определяют по формуле:

$$k_v = G \sqrt{\frac{\rho}{1000 \cdot \Delta P}}, \quad (1)$$

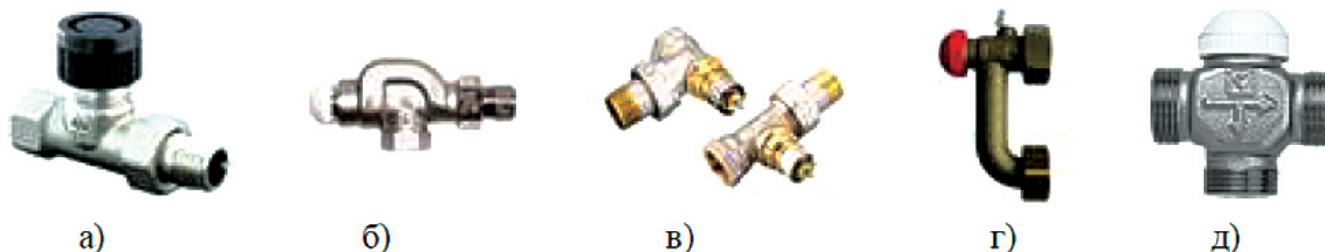


Рис. 5. Термостатические клапаны для систем отопления:

а – двухходовой с плавной открытой преднастройкой проходной для двухтрубных систем; б – двухходовой без преднастройки угловой для однотрубных систем; в – двухходовой с плавной открытой преднастройкой угловой и проходной для двухтрубных систем; г – двухходовой без преднастройки специальной конструкции с воздухоотводчиком для двухтрубных систем отопления; д – трёхходовой с плавной открытой преднастройкой для однотрубных систем

где  $G$  – объёмный расход теплоносителя через элемент системы отопления, м<sup>3</sup>/ч;

$\rho$  – плотность теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta P$  – разница давления на элементе, бар.

Для упрощения расчётов в [5] приведена следующая формула расчёта пропускной способности  $k_v$

$$k_v = 0,316 \sqrt{\frac{G}{\Delta P}}, \quad (2)$$

где  $G$  – массовый расход теплоносителя через элемент системы отопления, кг/ч;

$\Delta P$  – потеря давления в элементе, Па.

Формула (2) является преобразованной формулой (1), причём плотность теплоносителя принимается 1000 кг/м<sup>3</sup>, что не совсем точно отражает физическую сущность работы систем водяного отопления, где плотность подаваемого теплоносителя при расчётной температуре (95°С) достигает значения 970 кг/м<sup>3</sup>.

При расчёте системы отопления по методу характеристик сопротивления [6, 7] удобно использовать формулу для определения характеристики сопротивления регулирующего элемента  $S_{кл}$ , Па/(кг/ч)<sup>2</sup>

$$S_{кл} = \frac{10^5}{\rho^2 k_v^2}, \quad (3)$$

а пропускную способность регулятора  $\sigma_{кл}$ , кг/(ч·Па<sup>0,5</sup>) можно определить, исходя из следующей формулы

$$\sigma_{кл} = \frac{1}{\sqrt{S_{кл}}}. \quad (4)$$

Обычно расчёт пропускной способности клапана игнорируется, и клапан подбирается только по диаметру подводящих теплопроводов, что приводит к ошибкам и снижению качества эксплуатации системы, а также к образованию избыточного шума. Важно отметить, что пропускную способность полностью открытого клапана принято обозначать  $k_{vs}$ .

Пропускная способность клапана является расчётной величиной и в практике монтажных, наладочных и эксплуатационных работ не используется. При настройке пропускной способности клапана используют величину настройки  $n_{кл}$ , которая гравировается на самом клапане. Величина настройки должна выбираться ещё на стадии проектирования и соответствовать расчётной пропускной способности клапана. Данная величина выбирается либо по справочным данным фирм–производителей, либо по соответствующим зависимостям [8] и указывается в проектной документации для каждого клапана.

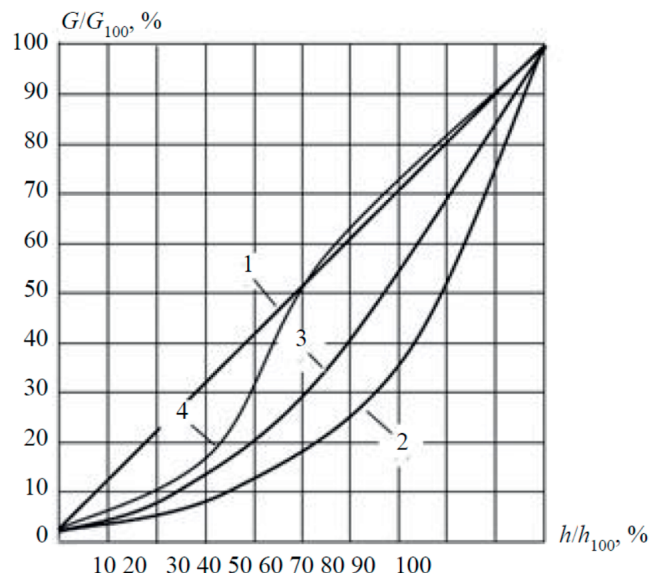


Рис. 6. Идеальная расходная характеристика регулирующих клапанов: 1 – линейная; 2 – логарифмическая; 3 – параболическая; 4 – логарифмическо-линейная;  $G/G_{100}$  – отношение фактического и максимально возможного расхода через клапан;  $h/h_{100}$  – относительный уровень подъёма затвора клапана

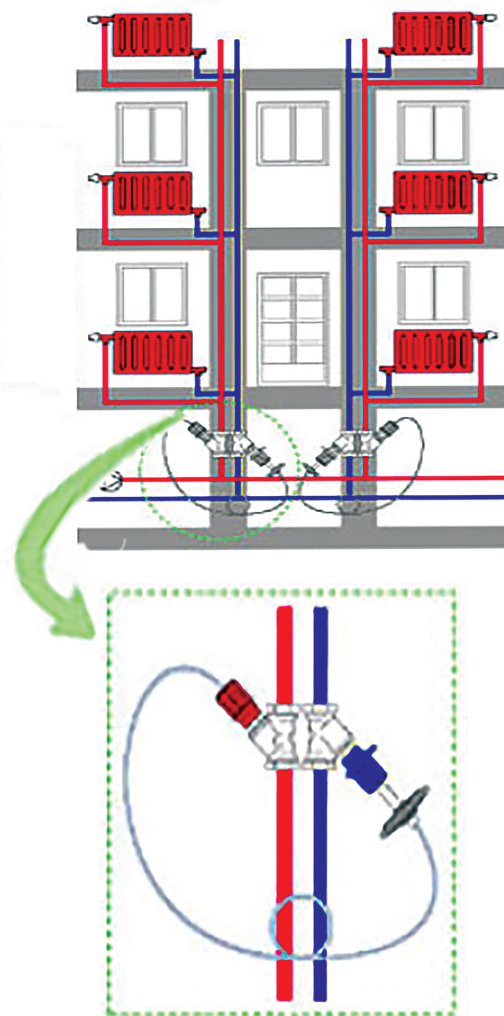


Рис. 7. Схема установки балансировочной арматуры

Следует отметить, что зависимость теплового потока с поверхности отопительного прибора от расхода теплоносителя через него нелинейная и зависит от типа прибора [9]. Поэтому используются различные конструкции штока ТСК, которые обеспечивают линейную, пропорциональную (логарифмическую), параболическую или линейнопропорциональную (логарифмическо-линейную) характеристику регулирования [5].

Характеристика выражает зависимость между отношением фактического и максимально возможного расхода через клапан  $G/G_{100}$ , %, соответственно, и относительного уровня подъёма затвора клапана  $h/h_{100}$ , % (рис. 6).

При установке регулирующих клапанов с термостатическими элементами будет наблюдаться нестабильный гидравлический режим. Для поддержания постоянного перепада давления применяются балансировочные клапаны, которые дублируются запорным клапаном. Балансировочный клапан и запорная арматура соединяются импульсной трубкой. Схема установки балансировочной арматуры представлена на рис. 7.

Данный вариант установки предполагает установку термостатических элементов перед отопительными элементами, с предварительной преднастройкой. В приведенной схеме переменный расход зависит от термостатического элемента, а требуемый перепад давления обеспечивается регулятором перепада давления.

## ВЫВОД

Проведенный анализ особенностей теплогидравлических режимов работы систем отопления с автоматическим регулированием расхода теплоносителя выявил необходимость корректного учета характеристик регулирования термостатических и балансировочных клапанов при проектировании систем отопления.

## Список литературы

1. ГОСТ 31531-2012. Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции их нормативным значениям [Текст] — М.: ВНИИНМАШ, 2012. — 6 с.
2. А. Л. Наумов, Маркировка энергоэффективности инженерного оборудования как основной инструмент энергосбережения [Текст] / А. Л. Наумов // Энергосбережение. — 2010. — № 3. — С. 4-8.
3. А. М. Филипов, Ошибки при внедрении автоматизированных узлов управления систем отопления в Москве (2008–2009 годы) [Текст] / А. М. Филипов // Сантехника. — 2010. — № 3. — С. 52-55.
4. BS EN 215:2019. Thermostatic radiator valves – Requirements and test methods [Текст] — EU: SIS/TK 174, 2019. — 48 с.
5. В. В. Пырков, Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика [Текст] / В. В. Пырков. — К.: И ДП «Такі справи», 2010. — 360 с.
6. Л. М. Махов, Взаимное влияние регулирующей арматуры при автоматическом регулировании системы водяного отопления [Текст] / Л. М. Махов, С. М. Усиков // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: материалы V конференции. — М.: МГСУ, 2013. — С. 119-125.
7. Л. М. Махов, Отопление: учебник для вузов [Текст] / Л. М. Махов. — М.: Издательство АСВ, 2014. — 400 с.
8. В. В. Пырков, Особенности расчёта систем отопления и охлаждения с регулируемыми клапанами [Текст] / В. В. Пырков // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: материалы конференции. — М.: МГСУ, 2005. — С. 102-107.
9. R. Petitjean, Balancing of radiator system [Текст] / R. Petitjean. — Sweden: Tour & Anderson AB, 2003. — 56 с.
10. Hans Roos. Hydraulik der Wasserheizung: wydanie 3 [Текст] / Hans Roos. Warszawa: PNT CIBET, 1997. — 281 с.