

Применение двухтрубных систем отопления с комплексным авторегулированием

В. Л. Грановский, канд. техн. наук, зав. лабораторией МНИИТЭП,
С. И. Прижижецкий, нач. отдела МНИИТЭП, Н. А. Петров, аспирант МГСУ

При проектировании энергоэффективных систем отопления согласно требованиям общероссийских и региональных норм следует предусматривать комплексное автоматическое регулирование параметров теплоносителя в здании и адекватную этим задачам конструкцию системы отопления, обеспечивающих точность и стабильность комфортных условий и экономичный расход тепловой энергии.

Комплексное автоматическое регулирование включает в себя следующие базовые принципы:

- регулирование в индивидуальных тепловых пунктах (ИТП) или автоматизированных узлах управления (АУУ), обеспечивающее в соответствии с отопительным графиком изменение температуры теплоносителя, подаваемого в систему отопления в зависимости от температуры наружного воздуха;
- индивидуальное автоматическое регулирование на каждом отопительном приборе с термостатом, обеспечивающее поддержание заданной жильцом температуры помещения.

Адекватной конструкцией системы отопления, в максимальной степени соответствующей принципам и возможностям комплексного регулирования, является двухтрубная система отопления – вертикальная или горизонтальная поквартирная.

Вышеперечисленные принципы нашли свое отражение в нормативной документации и широко применяются в практике индивидуального и массового строительства.

В качестве реализации комплексного автоматического регулирования в здании предусматривается, в частности, отказ от применения элеваторных узлов смешения при применении термостатов. Ниже представлено обоснование по данному решению.

Основными факторами, воздействующими на систему отопления, являются:

- изменение располагаемого напора на вводе в здание (ΔP_p);
- изменение сопротивления системы отопления при работе термостатов ($S_{C.O}$);
- изменение температуры наружного воздуха ($t_{нар.}$) и пр.

В нерегулируемых системах отопления сопротивление системы $S_{C.O}$ и коэффициент смешения (инжекции) U – постоянные величины. При изменении располагаемого напора ΔP_p – основного фактора, который может влиять на стабильность работы такой системы, происходит пропорциональное изменение $\Delta P_{C.O}$. В результате:

$$\frac{\Delta P_{C.O}}{\Delta P_p} = \frac{\sqrt{\Delta P_{C.O}}}{\sqrt{\Delta P_p}} = \frac{G_{C.O}}{G_{C1}} = \text{const.} \quad (1)$$

При этом коэффициент смешения:

$$U = \frac{G_B}{G_{C1}} = \frac{G_{C.O}}{G_{C1}} - 1 = \text{const.} \quad (2)$$

где:

$G_{C.O}$ – расход теплоносителя в системе отопления;

G_{C1} – расход теплоносителя через сопло элеватора;

G_B – расход теплоносителя через байпас на подмешивание в элеватор.

Следовательно, и температура прямой воды, подаваемой в систему отопления:

$$t_{от.1} = \frac{U \cdot t_{от.2} + t_{C1}}{1 + U}, \quad (3)$$

не изменяется при изменении ΔP_p .

Однако такое пропорциональное изменение параметров характерно только при работе элеваторов в нерегулируемых системах отопления.

В регулируемой системе отопления характерным фактором воздействия является величина $S_{C.O}$, изменение которой связано с реакцией термостатов на изменяющиеся условия эксплуатации помещения. При активном тепловом воздействии на помещения термостаты закрываются. При этом повышается температура обратной воды в системе отопления за счет снижения теплоотдачи отопительных приборов ($t_{от.2}^2 > t_{от.2}^1$) и прохождения теплоносителя по байпасу, минуя отопительный прибор, увеличивается сопротивление системы отопления за счет закрытия термостатов ($S_{C.O}^2 > S_{C.O}^1$), возрастает $\Delta P_{C.O}$ и уменьшается расход теплоносителя в системе отопления ($G_{C.O}^2 < G_{C.O}^1$) (рис. 1).

При уменьшении $G_{C.O}$ и неизменном $G_{C1} = \text{const}$, поскольку последняя зависит только от перепада давления на сопле, в соответствии с выражением (2) снижается коэффициент смешения U . Из выражения (3) видно, что снижение U и увеличение $t_{от.2}$ приводит к уве-

личению температуры воды, подаваемой в систему отопления ($t_{от.1}$). В максимальном случае, когда все термостаты закрыты, $S_{C.O} \rightarrow \text{max}$, а $U \rightarrow \text{min}$ ($U_{\text{min}} = G_B^{\text{min}} / G_{C1}$), мы будем иметь $t_{от.2}^{\text{max}} > t_{от.1}^{\text{расч}}$, что приведет к перегреву стояков и превышению температуры обратной воды, подаваемой в ЦТП.

При открытии термостатов, т. е. в период похолодания, снижается температура обратной воды за счет активной теплоотдачи отопительных приборов ($t_{от.2}^3 < t_{от.2}^1$), снижается $S_{C.O}$ за счет открытия термостатов и уменьшения их сопротивления. При этом возрастает расход воды, циркулирующей в системе отопления ($G_{C.O}^3 > G_{C.O}^1$). В соответствии с выражением (2) коэффициент смешения возрастает. Из формулы (3) следует, что увеличение U и снижение $t_{от.2}$ приводит к снижению температуры воды, подаваемой в систему отопления ($t_{от.1}$) из элеватора.

В максимальном случае, когда все термостаты открыты ($S_{C.O} \rightarrow \text{min}$, а $U = G_B^{\text{max}} / G_{C1} \rightarrow \text{max}$), мы будем иметь $t_{от.1}^{\text{min}} < t_{от.1}^{\text{расч}}$, что приведет к недотопу.

Все сказанное выше свидетельствует о том, что применение элеваторных узлов в системе отопления с термостатами не позволяет обеспечить в полной мере энергоэффективную работу системы отопления и необходима их замена на устройства, адекватно реагирующие как на изменение сопротивления системы отопления, так и на температуры теплоносителя и наружного воздуха.

Такая замена в Москве технически и организационно подготовлена и осуществляется:

- МНИИТЭП разработал номенклатурный ряд АУУ, выполнил корректировку типовых проектов с включением в них АУУ взамен элеваторов и подготовил для согласования «Регламент перехода на применение в системах отопления АУУ взамен элеваторных узлов»;
- ОАО «Сантехпром» освоило производство номенклатурного ряда АУУ;
- ИГАСН ввел с 01.01.2002 г. в действие новый Акт приемки систем отопления (форма № 21/01) с включением в него требований по сдаче АУУ.

С целью обеспечения соответствия конструкции систем отопления задачам комплексного авторегулирования

в жилых зданиях предусматривается расширение применения 2-трубных систем отопления, в том числе и поквартирных, взамен еще широко распространенных в настоящее время в России однотрубных.

Следует отметить, что массовое применение однотрубных нерегулируемых систем отопления было вызвано более низкими затратами на монтаж и более высокой теплогидравлической устойчивостью в многоэтажных зданиях.

В регулируемых системах отопления при повышении сопротивления у отопительных приборов (установка термостата) двухтрубная система отопления оказывается высокоэффективной и обладающей повышенной теплогидравлической устойчивостью. Эти утверждения соответствуют результатам исследований многих отечественных специалистов и зарубежному опыту, где практически отсутствуют однотрубные системы отопления.

В современных условиях требования к энергоэффективности системы, необходимость осуществления независимого регулирования каждого отопительного прибора, потенциальное снижение площади поверхности отопительных приборов за счет повышения на них перепада температур, упрощение конструкции системы за счет исключения частичного обвода теплоносителя мимо отопительного прибора, поквартирное отопление, необходимость решения задач теплосчета и ряд других требований вызывают повышение интереса к двухтрубным системам отопления для многоэтажных зданий.

В этих условиях актуальными являются проведенные авторами данной статьи сравнения однотрубных и двухтрубных систем отопления, оборудованных термостатами, по капитальным и эксплуатационным затратам.

Капитальные затраты были проанализированы по расходу металла на трубопроводы и отопительные приборы и их стоимости. Затраты на монтаж систем приняты равными. Сравнение проведено для однотрубных систем со смещенным замыкающим участком с верхней разводкой и двухтрубных систем с верхней и нижней разводкой для 17-, 10- и 9-этажных зданий, с полно- и полунагруженными стояками, с составными стояками и с постоянным диаметром стояков, с ограничением диаметров стояков и без ограничения, с использованием конвекторов «Сантехпром Авто» и радиаторов М-140, с изменением располагаемого напора на системах в пределах 3–8 м вд. ст. и пр.

Результаты сравнения по металлозатратам и стоимости не выявили

явного преимущества какого-либо конструктивного или схемного решения. Расхождение по металлозатратам находилось в пределах $\pm 10\%$.

Более подробно следует рассмотреть эксплуатационные затраты при сравнении одно- и двухтрубных систем, которые оценивались эффективностью регулирования, т. е. в конечном счете через энергозатраты.

Ключевым фактором в ряду прочих, влияющих на эффективность регулирования систем отопления, является характер регулировочных характеристик теплоотдачи отопительных приборов. В качестве примера рассмотрим регулировочные характеристики радиаторов (рис. 2).

В однотрубных системах отопления перепады температур в радиаторах составляют 2–5°C (кривая I). Снижение расхода до 10% от номинального приводит к скачкообразному падению теплоотдачи. Такой характер регулирования практически близок к двухпозиционному релейному регулированию, обеспечивающему лишь крайние значения мгновенного расхода теплоносителя — отсутствие расхода воды в приборе и ее максимальный расход.

Недостатком релейного характера регулирования является значительное отклонение регулируемых параметров, снижение степени обеспеченности процесса и, как следствие, перерасход тепловой энергии.

В двухтрубных системах отопления величина перепада температур составляет 15–20°C (кривая II). Регулировочные характеристики для данной системы 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, которая способна непрерывно изменять мгновенный расход воды в зависимости от управляющего сигнала, в частности, от величины отклонения температуры воздуха в помещении от заданной. Это позволяет достаточно точно обеспечивать заданные величины отклонения регулируемых параметров и оптимальный расход тепловой энергии, соответствующий реальным условиям.

Описанный выше периодический колебательный характер изменения теплового потока в отопительном приборе, свойственный релейным процессам регулирования, может быть описан функцией, которая раскладывается в тригонометрический ряд Фурье и решена относительно средней за рассматриваемый период теплоотдачи прибора или температуры помещения.

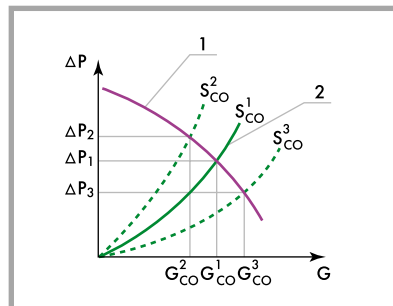


Рис. 1.
1 — характеристика элеватора ($\Delta P_p = \text{const}$)
2 — характеристика системы отопления

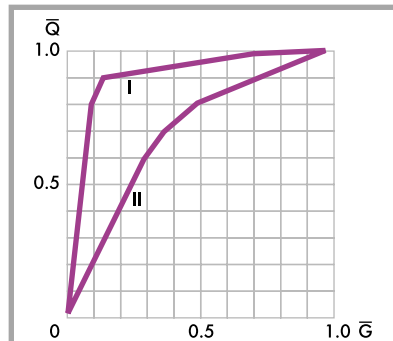


Рис. 2.

Аналогично может быть описан и непрерывный процесс регулирования, поскольку он при сокращении времени переходного процесса приближается по своим свойствам к релейному. В этих условиях релейный процесс можно рассматривать как частный случай непрерывного.

Имеющиеся аналитические решения относительно средней температуры воздуха в помещении за отопительный период свидетельствуют о перерасходе тепловой энергии при релейном процессе регулирования, характерном для однотрубных систем отопления, на 12–15% по сравнению с непрерывным процессом, характерным для двухтрубных систем отопления.

Представленное выше сравнение однотрубных и двухтрубных систем отопления свидетельствует о практическом равенстве капитальных затрат на указанные системы и преимуществе двухтрубных систем отопления по эксплуатационным затратам.

Таким образом, в настоящее время при проектировании систем отопления в жилых зданиях 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. ■