

**И.Н. Грибков, А.Н. Лыков**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

## **АНАЛИЗ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ**

*Произведен анализ существующих систем отопления и возможности их регулирования и автоматизации.*

Отопление обеспечивает необходимый тепловой режим зданий в зимний период года с затратой около 25 % энергии в балансе страны. Поэтому в регионах с суровым и продолжительным отопительным сезоном, типичным для большей части территории нашей страны, эффективное использование энергии для отопления является определяющим моментом энергосбережения при теплоснабжении зданий. В условиях экономического кризиса энергосбережение является приоритетной государственной задачей, так как позволяет относительно простыми мерами значительно снизить нагрузку на бюджеты всех уровней, сдержать рост энергетических тарифов, повысить конкурентоспособность экономики.

Основные элементы энергетической политики России сформулированы в Федеральном законе Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». В концепции данного документа энергетическая эффективность и энергосбережение определены в качестве главных направлений экономической политики страны, как ее важнейшие стратегические ориентиры. Реализация концепции энергоэффективности и энергосбережения лежит в основе государственной энергетической политики и обеспечивается механизмами рационального пользования недрами и ростом внутренних рынков [1].

Реализация одного из направлений энергетической программы страны, направленной на эффективное использование и экономию энергии, в большей мере определяется энергоэкономичностью решений систем отопления.

Каждая из систем отопления предназначена для достижения общей цели – подачи в обогреваемые помещения необходимого количества теплоты в любой период отопительного сезона. При выборе той или иной системы, имея в виду эту цель, сравнивают эффективность различных систем отопления. Выбор схемы присоединения абонента к тепловой сети осуществляют, прежде всего, по параметрам теплоносителя на вводе в здание и по характеристикам внутренних систем абонента. Параметры теплоносителя на вводе указывают теплоснабжающие организации. Таковыми параметрами являются: давление в подающей и обратной магистрали тепловой сети, статическое давление, а также возможный диапазон колебания этих давлений, расчетный график температур в сети и т.п. Характеристики внутренних систем принимают по проекту либо по результатам натурных измерений.

Весьма желательным при выборе схемы присоединения абонента является рассмотрение ее работоспособности с учетом перспективных тенденций изменения гидравлического режима тепловой сети, с учетом возможной модернизации внутренних систем.

Схемы присоединения систем отопления делятся на зависимые без смешения воды, зависимые со смешением воды и независимые.

**Зависимое присоединение без смешения воды**, при котором теплоноситель из теплосети без снижения температуры (без смешения) подают потребителю, является наиболее простым и удобным в эксплуатации. Применяют его при центральном качественном регулировании и совпадении температур теплоносителя в системе отопления и в системе теплоснабжения, как правило, не превышающих 95...105 °С. Такое присоединение зачастую реализуют в системах теплоснабжения от групповой котельной установки, предназначенной для зданий промпредприятия либо небольшого населенного пункта без наличия ГВС.

Недостатком зависимой прямоточной схемы является зависимость теплового режима здания от «обезличенной» температуры воды в наружном подающем теплопроводе. Также чаще всего необходима локальная система ГВС.

Большинство зданий присоединено по **зависимой схеме со смешением теплоносителя**. Ранее для смешения воды устанавливали водоструйные насосы (гидроэлеваторы) – нерегулируемые и регулируемые, схема присоединения которых представлена на рис. 1.

Вследствие малой работоспособности первых и неэффективности вторых в двухтрубных системах отопления с терморегуляторами широкое распространение получили схемы с насосным смешением воды. Основными причинами невозможности применения гидроэлеваторов в двухтрубных системах являются несовместимость гидравлических режимов оборудования и недостаточность напора для энергоэффективного сочетания клапанов (терморегуляторов у отопительных приборов и автоматических балансировочных клапанов на стояках либо приборных ветках).

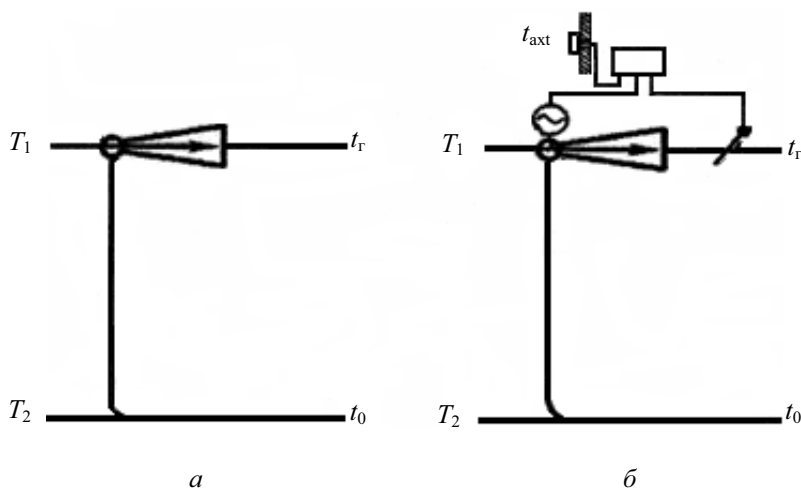


Рис. 1. Смешение теплоносителя в тепловом пункте при зависимом присоединении абонента: *a* – нерегулируемым гидроэлеватором; *б* – регулируемым гидроэлеватором

Гидроэлеватор работает при постоянном гидравлическом режиме, а терморегуляторы в двухтрубной системе создают переменный гидравлический режим. Поэтому при автоматическом регулировании системы ее следует присоединять к тепловой сети через смешительный насос. Это требование относят не только к двухтрубной, но и к однотрубной системе отопления [2]. Обусловлено это тем, что в однотрубной системе с терморегуляторами работа гидроэлеватора также неэффективна. При таком сочетании оборудования невозможно устранить колебания давления теплоносителя, создаваемые работой терморегуляторов. Эти колебания хотя и в значительно меньшей степени, чем в двухтрубной системе, все же приводят к перераспределению теплоносителя между стояками либо приборными ветками,

снижая энергоэффективность системы. Недостатком гидроэлеватора является также его высокое гидравлическое сопротивление. Необходимость поддержания перед ним повышенного давления в теплосети не лучшим образом отражается на герметичности устаревших трубопроводов и оборудования, что приводит к повышенной аварийности.

*Метод регулирования пропусками* теплоносителя через гидроэлеватор (с полным отключением циркуляции) в современных зданиях снижает энергоэффективность систем. При каждом закрытии соленоидного клапана разрушаются гидравлический баланс системы отопления и тепловой баланс здания, установленные автоматическими балансировочными клапанами на стояках либо приборных ветках и терморегуляторами у отопительных приборов.

Каждый раз при очередном открытии соленоидного клапана необходимо тратить время и энергию на восстановление этих балансов. Регулирование пропусками с позиционным регулированием не имеет преимуществ в экономии энергоресурсов. Кроме того, соленоидный клапан создает скачки давления теплоносителя как в теплосети, так и в системе отопления. Чем выше регулируемый расход теплоносителя, тем выше эти скачки и тем пагубнее последствия. Даже устанавливаемые регуляторы перепада давления на абонентских вводах соседних зданий и на стояках либо приборных ветках системы отопления не способны сглаживать резкие скачки давления вследствие инерционности передачи импульсов давления в мембранные коробки этих регуляторов.

Использование **насосов** в схеме присоединения абонента позволяет применить наиболее энергосберегающие автоматизированные решения по регулированию систем абонента, учитывая погодные факторы по датчику температуры наружного воздуха, тепловые характеристики здания и теплогидравлические характеристики систем. Появляется возможность не только качественного, но и качественно-количественного регулирования системы отопления практически в любом диапазоне, учитывая специфику теплового режима здания и помещения при одновременном сокращении потребляемого теплоносителя.

Применение насосов за счет универсальности и гибкости управления позволяет решать любые задачи регулирования систем абонента.

Одним из вариантов является расположение насоса на перемычке между подающим и обратным трубопроводом при давлении в трубопроводах теплосети на вводе, превышающем статическое давление

в системе отопления не менее чем на 0,05...0,1 МПа, но не более допустимого для нее предела. Такая схема считается наиболее экономичной, так как через перемычку проходит меньший расход воды, чем в подающем либо обратном трубопроводе. Следовательно, применяется меньший насос и меньше потребляется электроэнергии. Однако при таком расположении насоса на работу системы отопления влияют колебания давления в теплосети. Устраняют эти колебания дополнительным регулирующим клапаном стабилизации давления в контуре системы отопления с постоянным гидравлическим режимом путем применения регулятора постоянства перепада давления в подающем и обратном трубопроводах системы отопления. Расход на перемычке можно изменять, применяя насос с регулируемой частотой вращения [3].

Наиболее распространенными схемами смещения теплоносителя являются схемы с размещением насоса на подающем либо обратном трубопроводе, представленные на рис. 2.

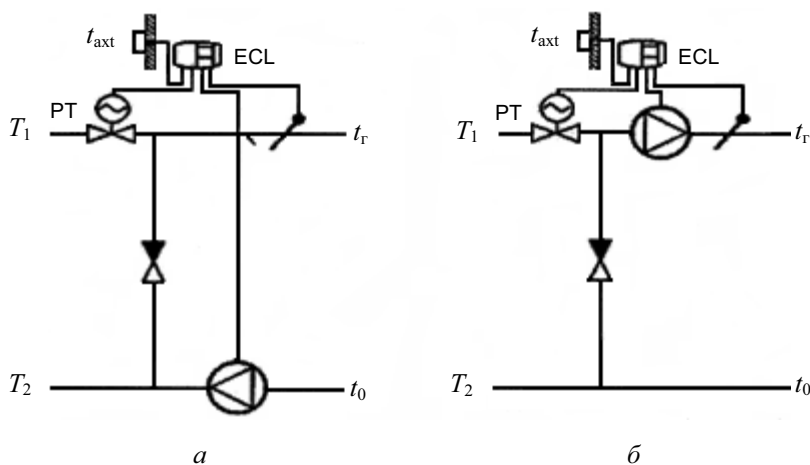


Рис. 2. Смещение теплоносителя в тепловом пункте при зависимом присоединении абонента: *a* – насосом на обратной магистрали и регулятором теплового потока с двухходовым клапаном; *б* – насосом на подающей магистрали и регулятором теплового потока с двухходовым клапаном

Необходимая температура теплоносителя в системе отопления устанавливается электронным регулятором по заданному температурному графику путем воздействия на трехходовой либо двухходовой клапан регулятора теплового потока (РТ). Чаще используют двухходовой клапан вследствие лучшего обеспечения требуемого расхода теплоносителя в системе отопления с необходимой температурой.

Трехходовой смешивающий клапан выбирают по большему значению пропускной способности из результатов расчета на входе и на выходе, поскольку различны температуры теплоносителя, а следовательно, различны и расходы теплоносителя при равенстве переносимой тепловой энергии. При централизованном теплоснабжении клапан выбирают по расходу в системе отопления. Результатом такого выбора смешительного трехходового клапана является неудовлетворительная их работа по стороне теплосети. Устраняют этот недостаток применением трехходового разделительного клапана на обратном трубопроводе. Но в том, и в другом случае при неправильном обеспечении внешних авторитетов клапана по обоим контурам циркуляции теплоносителя могут образовываться значительные отклонения от требуемого расхода, ухудшающие линейность регулирования температуры теплоносителя. Данный недостаток можно исключить применением частотно-регулируемого электропривода насоса.

Значительно лучших результатов регулирования достигают при использовании двухходового регулятора теплового потока. Его располагают либо на подающем, либо на обратном трубопроводе. Зачастую регулятор теплового потока располагают на том же трубопроводе, что и смешительный насос. При высокой температуре теплоносителя в подающем трубопроводе перед клапаном предпочтительным местом размещения клапана является обратный трубопровод. Клапан работает в более благоприятных условиях.

Расположение насоса на обратном либо на подающем трубопроводе обычно зависит от предпочтений проектировщиков и эксплуатационников. Благодаря размещению насоса на подающем трубопроводе уменьшают, например, вероятность засорения при заполнении и эксплуатации системы отопления. При расположении насоса на обратном трубопроводе создают более благоприятные температурные условия для его работы, устраняют влияние повышенного давления в системе отопления и повышают давление в обратной магистрали теплосети, часто наблюдаемое в концевых участках теплосети.

Возможные отключения электроэнергии требуют прогнозированного обеспечения поведения системы местных систем и разработки мер защиты от пагубных последствий. С этой целью на подмешивающей перемычке устанавливают обратный клапан, предотвращающий попадание теплоносителя из подающего в обратный трубопровод теплосети. Кроме того, учитывают пропуск теплоносителя через обесточенный насос.

Пропускаемый расход зависит от этого перепада и от сопротивления системы отопления. Двухтрубные системы отопления, имея большее гидравлическое сопротивление, чем однотрубные, надежнее в таких ситуациях. Они пропускают меньший расход теплоносителя. Ориентировочно – 10...20 % от расчетного значения, но и этого может оказаться чрезмерно много для температурного удлинения трубопроводов, деформации уплотнительных материалов и прочего при значительном превышении температуры теплоносителя в теплосети над расчетной температурой теплоносителя в системе отопления. Поэтому общим требованием является необходимость проектирования защиты местных систем от аварийного повышения параметров теплоносителя.

Это, например, отсечение клапаном местной системы отопления, закрывающимся при пропадании электричества при температурном графике тепловой сети 150–70 °С. Полное отсечение системы отопления современных зданий, имеющих большую тепловую инерцию, не приводит к замораживанию в течение ремонта системы электропитания.

Более незащищенными являются системы отопления малоинерционных и неутепленных зданий. Обычно такие системы отопления запитаны от местных котельных или ЦТП с температурным графиком 95–70 °С. При отключении электричества в таких системах следует регулировочные клапаны, наоборот, открывать, чтобы была циркуляция теплоносителя в системе отопления.

Недостатком зависимой схемы присоединения со смешением является незащищенность системы от повышения в ней гидростатического давления до значения, опасного для целостности отопительных приборов и арматур.

**Независимое присоединение системы отопления** применяют для создания наибольшей гидравлической и тепловой устойчивости.

Гидравлическое разделение теплосети от системы отопления осуществляют пластинчатым теплообменником. Принимают такое решение при превышении давления в теплосети над допустимым давлением для системы отопления либо, наоборот, когда статическое давление системы отопления многоэтажных домов превышает допустимый предел для теплосети.

Преимуществом независимого подключения является тот факт, что система отопления в значительно меньшей мере подвержена влиянию изменения гидравлического режима теплосети со временем

и меньше сама влияет на теплосеть. Независимое подключение способствует уменьшению объема теплоносителя в теплосети, а значит, снижению затрат на водоподготовку. Возможно сохранение циркуляции с использованием теплосодержания воды в течение некоторого времени, обычно достаточного для устранения аварийного повреждения наружных теплопроводов.

Однако нарушение электроснабжения приводит в такой системе к остановке циркуляционных насосов и возможным крупным авариям. Наибольшее распространение получили схемы независимого подключения с одним теплообменником, представленные на рис. 3.

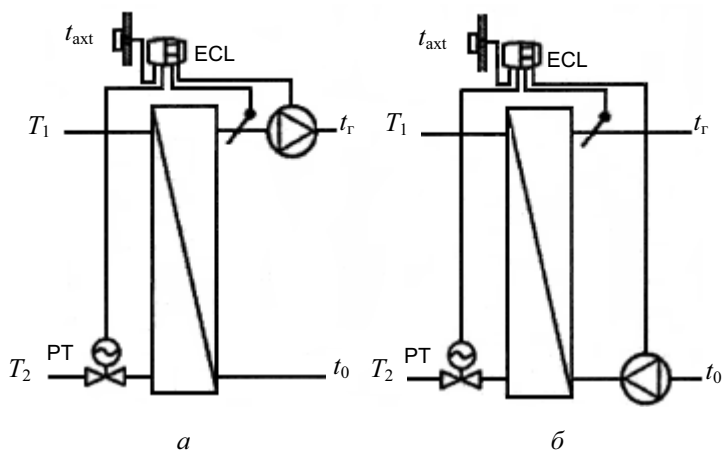


Рис. 3. Независимое присоединение системы отопления: *а* – с насосом на подающей магистрали; *б* – насосом на обратной магистрали

Взаимное расположение насоса и теплообменника не имеет особого значения. Современные насосы способны эффективно работать как на подающем, так и на обратном трубопроводе. Однако у каждого размещения есть незначительные преимущества, которыми, как правило, пренебрегают. Насос на обратном трубопроводе имеет несколько больший кавитационный запас и лучший теплоотвод от двигателя с мокрым ротором. В то же время он перекачивает теплоноситель с большей плотностью, увеличивая потребляемую мощность на валу двигателя и, соответственно, энергопотребление по сравнению с насосом на подающем трубопроводе.

Кроме схем с одним теплообменником для системы отопления применяют схемы и с несколькими теплообменниками для многоэтажных домов или при пофасадном регулировании (рис. 4).



Следует заметить, что в вертикальных и горизонтальных системах отопления с терморегуляторами на отопительных приборах и автоматическими регуляторами перепада давления на двухтрубных стояках (или приборных ветках) либо автоматическими регуляторами расхода на однотрубных стояках (или приборных ветках) пофасадное регулирование является нецелесообразным. С этой задачей более эффективно справляются указанные клапаны, устраняя перетоки теплоносителя не только между фасадными ветвями системы отопления, но и между стояками или приборными ветками фасадной ветви.

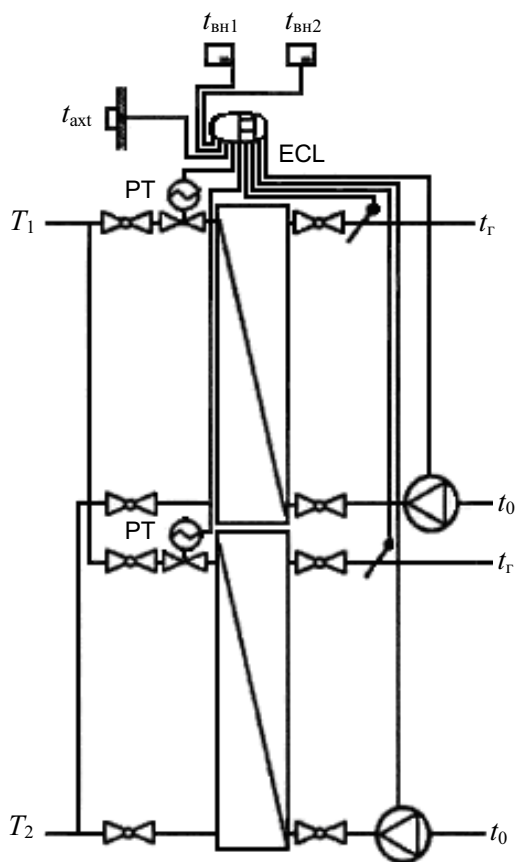


Рис. 4. Независимое присоединение системы отопления с двумя параллельно включенными теплообменниками

Существенной экономии теплотрат в водяных системах теплоснабжения достигают, применяя автоматическое регулирование теплового потока, поступающего в систему отопления. Устойчивость

работы повышается при приближении места проведения регулирования к теплопотребителю за счет более полного учета различных факторов, определяющих теплопотребность помещений отапливаемых зданий. При местном регулировании в тепловом пункте здания учитывают особенности режима его эксплуатации, ориентацию по сторонам горизонта, действие ветра и солнечной радиации.

Способы регулирования систем водяного отопления отличаются параметром, по которому оценивают требуемую теплоподачу в систему. Чаще всего таким параметром является температура наружного воздуха (регулирование «по возмущению»). Индивидуальное регулирование проводят, контролируя температуру внутреннего воздуха в отапливаемом помещении (регулирование «по отклонению»). Местное (пофасадное) регулирование осуществляется с применением того и другого способов. Возможен также способ изменения теплоподдачи в систему отопления в зависимости от температуры теплоносителя, возвращающегося из части системы или системы в целом. Как известно, эта температура – показатель изменения температурной обстановки в отапливаемых помещениях, и он может быть заранее рассчитан.

Большой экономический эффект достигают при прерывистом отоплении зданий с переменным режимом работы со снижением температуры внутреннего воздуха в нерабочий период времени (например, в учебных зданиях) или в ночные часы (в жилых зданиях). Регулирование при этом осуществляют, используя одну систему отопления или две системы (например, водяную и воздушную), когда одна из них действует постоянно, а другую выключают периодически.

Автоматизация и диспетчеризация работы систем отопления должны основываться на следующих принципах: автоматическое регулирование должно осуществляться для узлов, в которых требуются постоянное в данный момент времени поддержание регулируемой величины (температуры, давления), а также автоматическая защита от аварии (например, при возможности превышения рабочего давления для отопительных приборов); дистанционное управление из диспетчерского пункта – для удаленных отопительных установок.

Наиболее полно реализуются перечисленные принципы при автоматизации работы систем водяного отопления и, прежде всего, с целью экономии тепловой энергии.

Кроме того, предусматривают контроль и автоматизацию работы следующих основных узлов систем отопления (применительно к водяному теплоснабжению зданий):

- измерения и регистрации температуры воды в основных магистралях системы отопления, температуры воздуха в контрольных помещениях;

- измерения и регистрации теплотрат на отопление;

- контроля и регулирования давления воды в наружных теплопроводах;

- управления работой циркуляционных и подпиточных насосов, в том числе с применением частотно регулируемых электроприводов;

- сигнализации на щит диспетчера работы насосов, агрегатов воздушного отопления, воздушно-тепловых завес и т.п.;

- совмещения реализации функций узла учета, регулирования, диспетчеризации в одном микропроцессорном контроллере.

Внедрение интеллектуальных методов автоматического управления для систем теплопотребления является наиболее перспективным энергетически и экономически выгодным способом реализации программы «комфортного тепла», которая обеспечивает гибкий и благоприятный тепловой режим здания.

Для решения данной задачи необходимо разработать новые алгоритмы микропроцессорного управления регулирующими клапанами и частотно регулируемые электроприводами насосов.

### **Библиографический список**

1. ФЗ РФ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ.

2. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 480 с.

3. СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов. – М.: ГУП ЦПП, 1997.

Получено 06.09.2012