

## АВТОНОМНОЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ОТОПЛЕНИЕ ЗАГОРОДНОГО ДОМА

Бумагин А. В., канд. техн. наук, avb\_0@mail.ru

*Статья посвящена вопросам построения экономичных автономных систем отопления небольших зданий. В изложении сформулированы и раскрыты основные принципы энергоэффективного отопления в указанном сегменте; произведен обзор используемых для этого способов и видов оборудования. Цель настоящей статьи – познакомить индивидуального застройщика с возможностями современных погодозависимых отопительных систем и новейшего оборудования, применяемого для их реализации. В статье использован накопленный собственный опыт реализации предлагаемых технических решений.*

В настоящее время в связи с существенным удорожанием основных энергоносителей – электроэнергии, природного и сжиженного газа, дизельного топлива - частные застройщики небольших загородных домов сталкиваются с задачей выбора способа и системы отопления, являющихся наиболее эффективных с точки зрения безопасности, затрат на компоненты, монтаж и ввод в эксплуатацию, затрат на энергоносители, эргономики, доступности на рынке, управляемости, возможности автономной работы и т.п. Особенно это касается дачных строений периодического (сезонного) и постоянного проживания и небольших коттеджей общей площадью до 200 м<sup>2</sup>. В чем же особенность систем отопления потенциально используемых для таких зданий в средней полосе России?

Сразу оговоримся, что будем рассматривать только системы отопления, способные работать автономно. Так, например, котлы и печи на твердом топливе требуют постоянного надзора и поддержания горения с участием человека.

Системы отопления на природном газе охватывают практически весь спектр мощностей – от 6 кВт и выше. Однако в ряде случаев во многих СНТ централизованное газоснабжение будет оставаться еще долгое время недоступно по экономическим соображениям. По средней оценке затраты на разработку и реализацию проекта газового хозяйства небольшого дачного поселка в московской области на сегодняшний день примерно соответствуют затратам на отопление электричеством в течение 20 лет. Также необходимо учесть расходы на содержание обслуживающего персонала, регламентные работы и т.п. Даже при наличии централизованного газоснабжения на садовом участке вопрос экономии играет не последнюю роль, т. к. ресурс дорожает из года в год.

Системы на сжиженном газе также доступны для индивидуального использования. Однако стоимость оборудования и монтажа для них, пожалуй, наиболее высока. Не каждый индивидуальный застройщик примет решение устанавливать на садовом участке под землей емкость высокого давления объемом в несколько кубометров. Да и стоимость топлива возрастает пропорционально стоимости бензина и дизельного топлива.

Системы на дизельном топливе по стоимости тепловой энергии занимают среднее положение между системами на природном газе и электричестве. Используемые в них дизельные котлы в подавляющем большинстве дорогостоящи и рассчитаны на тепловую мощность от 40 кВт и выше. Для установки котла и емкости с топливом требуется отдельное помещение. В экологическом плане при эксплуатации системы происходит загрязнение воздуха, почвы и воды продуктами сгорания дизельного топлива. Монтаж, наладка и обслуживание систем возможно только с участием специалистов обслуживающих организаций. Вследствие низкого качества топлива требуется периодическая чистка горелки.

В рассматриваемом нами сегменте мощностей - от 3 до 18 кВт основную долю занимают системы с электрическими нагревателями. Последние наиболее эффективны с точки зрения стоимости оборудования, управления, к. п. д., безопасности, эргономики, монтажа и обслуживания. Индивидуальный застройщик в ряде случаев может самостоятельно про-

известить монтаж, ввод в эксплуатацию и обслуживание тепловой установки. К недостаткам систем электрического отопления является, прежде всего, высокая стоимость киловатта электроэнергии; во многих поселениях наблюдается дефицит мощности, в результате чего возможность ее потребления может быть ограничено решением местной власти; низкое качество электроэнергии. Однако зачастую имеется возможность двух- или трехтарифного учета расхода электроэнергии. Загрузка сетей и качество электроэнергии может быть улучшено с переходом на трехфазное электроснабжение и установкой индивидуальных стабилизаторов. В силу сказанного, основное внимание в данной статье будем уделять именно системам отопления с электрическим источником тепловой энергии.

Наиболее простое и дешевое решение для небольших домов заключается в использовании автономных электрических конвекторов, которые в широком спектре представлены на российском рынке. Однако последние могут применяться только для местного отопления (например, санузла), а самое главное – являются пожароопасными и, согласно установленным требованиям пожарной безопасности [9, 11, 12], должны находиться под постоянным наблюдением.

С этой точки зрения лидирующими являются системы с жидким теплоносителем, включающие в свой состав котел, радиаторы, сеть гидравлических коммуникаций, и управляющую автоматику, включающую в себя насосы и запорно-регулирующую арматуру.

До недавнего времени основной популярностью среди жидкостных установок отопления пользовались гравитационные системы, в которых движение теплоносителя вызвано разностью температур прямой и обратной магистрали. Основными достоинствами таких систем является простота монтажа, минимум компонентов, благодаря чему достигается высокая надежность, в случае применения газового котла – возможность работы без источника электроэнергии. И сейчас такие системы распространены при наличии газового или твердотопливного котла в местности, где наблюдаются регулярные перебои с подачей электроэнергии. К недостаткам можно отнести высокую металлоемкость, вызванную необходимостью применения трубопроводов относительно большого диаметра для устойчивой циркуляции; большую емкость, а, следовательно, инерционность; высокую, некомфортную температуру теплоносителя в подающей магистрали; невозможность гибкого перераспределения мощности тепловой установки между отапливаемыми помещениями; слабая или вообще отсутствующая управляемость, выраженная в узком диапазоне изменения температуры теплоносителя.

С появлением на рынке широкого спектра компонент автоматики управления, а также трубопроводов из композитных материалов лидирующее место занимают отопительные системы с принудительной циркуляцией.

Каковы же основные особенности, характеризующие энергоэффективную систему отопления? К ним мы отнесем следующие:

- управляемость системы. В системе должна присутствовать возможность регулирования температуры теплоносителя в контуре тепловой установки и отдельных отопительных контурах в широких пределах;

- управляемость тепловой установки. Должна быть обеспечена возможность плавного или ступенчатого регулирования мощности тепловой установки в зависимости от потребностей потребителей тепла;

- погодозависимое управление. Температура теплоносителя в контурах должны определяться исходя из погодных условий (внешней температуры) и температуры помещений. В ряде случаев к указанным параметрам добавляется влажность и атмосферное давление;

- возможность задания температурного режима (термостатирования) помещений согласно ежедневному отопительному графику (программе отопления);

- отдельный независимый температурный режим отопления помещений. Температура в отапливаемых помещениях (зданиях) должна поддерживаться отдельно, в соот-

ветствии с графиком их использования. Также должна быть обеспечена возможность гибкого перераспределения мощности тепловой установки между ними;

- возможность дистанционного управления, т.е. включения / отключения и изменения режима работы системы;

- минимальная тепловая инерционность системы.

В ряде случаев к системе отопления предъявляются требования эффективного расхода энергии на совместную работу с системой ГВС, системами «теплый пол», а также совместную работу с твердотопливным котлом или другим источником тепловой энергии.

Рассмотрим отмеченные особенности и некоторые способы их реализации более подробно.

*Управляемость системы*, на наш взгляд, является базовым принципом энергоэффективного отопления. В отдельных контурах многоконтурной или в одноконтурной системе должна быть обеспечена возможность регулирования температуры теплоносителя в зависимости от запроса на нагрев. С точки зрения управления можно выделить два основных режима работы системы: статический, когда длительное время поддерживается постоянная температура, заданная потребителем, и динамический (форсирование), когда производится интенсивный нагрев помещения до заданной температуры. В зависимости от того, какой режим имеет место в данный момент времени, устанавливается и температура теплоносителя.

В самом простом случае в системе устанавливается термостат с датчиком температуры теплоносителя в подающей или обратной магистрали котла. Управление котлом производится посредством включения/отключения по соотношению заданной вручную и текущей температуры.

Следующим шагом к усовершенствованию системы является установка таймируемого («недельного») термостата, который позволяет управлять температурой теплоносителя не только в заданных пределах, но и по часам и дням недели. Температура может быть снижена в ночное время или когда требуется поддержание положительной температуры для предотвращения замерзания трубопроводов водоснабжения и т.п. В настоящее время на рынке представлено большое количество термостатов с различным набором функций в широком ценовом диапазоне. Один из полнофункциональных таймируемых термостатов представлен на рисунке 1.

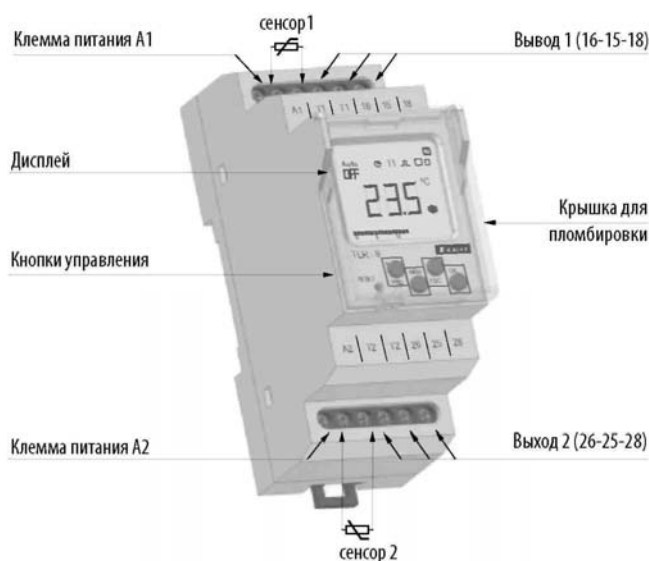


Рисунок 1 – Двухканальный таймируемый термостат фирмы ELCO

К его основным особенностям можно отнести: 6 функций и встроенный коммутируемый таймер; дневная и недельная программы; комплексный контроль отопления и нагрева воды в доме, отопления солнечными батареями; два термостата в одном, два темпе-

ратурных входа, два выхода с блок-контактом; функции: два независимых термостата, зависимая функция, дифференциальный термостат, двухуровневый термостат, функция „ОКНО“, „мертвая зона“, термофункции; программная настройка функции выводов, калибровка сенсоров по опорным температурам; память для сохранения наиболее используемых предустановок температур; наглядное изображение настройки и данных замеров на дисплее LCD с подсветкой; гальванически изолированное напряжение питания AC 230 V или AC/DC 24 V; выходной контакт 1x переключающий 8A /250 V AC1 для каждого входа; исполнение 2-модуля, крепление на DIN рейку.

Применение комнатных термостатов по температуре воздуха и термостатических клапанов (головок) эффективна лишь в том случае, если необходимо управлять отоплением отдельных помещений посредством включения/отключения отдельного радиатора или зависимого контура, например, одной комнаты. На рынке представлено множество известных устройств различных производителей, например СМТ707А1011 и DT90А1008 фирмы Honeywell [14], Wester Heating и другие. Некоторые из них, например, СМТ727D1016 фирмы Honeywell и другие, снабжены радиоинтерфейсом, что исключает необходимость прокладки контактных проводов; появляется возможность регулировать температуру в любой зоне помещения. Управление отопительной установкой по температуре воздуха неэффективно вследствие неизбежного перерегулирования, возникающего вследствие высокой инерционности отапливаемого помещения.

Следует особо подчеркнуть, что для обеспечения безопасности системы в магистрали котла должен быть в обязательном порядке установлен резервный термостат, например, механического типа, настроенный на максимальную температуру.

*Управляемость тепловой установки* необходима для обеспечения автоматического регулирования тепловой мощности, поступающей в систему. Потребность в тепле зависит от температуры ограждений и воздуха в сооружении, а также уличной температуры. Управление мощностью котлов осуществляется по следующим способам: включение/отключение в соответствии с величиной регулируемой температуры; подключение дополнительных ступеней; модуляция; модуляция совместно с подключением дополнительных ступеней.

Применительно к электрическим котлам реализуются все изложенные способы. В приборах, доступных на российском рынке, как правило, предусмотрено две-три ступени мощности. Каждая ступень обеспечивается отдельным ТЭНом и может управляться независимо. Среди отечественных электрокотлов с возможностью управления отметим семейство нагревателей марки «ЭОВ» предприятия ВНИИЭТО, г. Истра московской области [15] (рисунок 2.)



Рисунок 2 – Электрокотлы семейства ЭОВ предприятия ВНИИЭТО, г. Истра

Отличительная особенность данных котлов – высокая надежность, благодаря простоте конструкции и применению ТЭНов из нержавеющей стали; малые габариты, позволяющие установить агрегат в жилом помещении, например, на кухне или в санузле; стоимость изделия в несколько раз ниже по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами; диапазон мощностей – от 2,0 до 18,0 кВт.

Управление ступенями котла посредством включения/отключения осуществляется управляющим контроллером или термостатом посредством электромагнитного или твердотельного реле. Последние предпочтительней благодаря широкому диапазону управляющих напряжений, отсутствию помех при переключении, бесшумной работе, ресурсу, многократно превосходящему ресурс электромагнитных. Из недостатков твердотельных реле можно отметить более высокую стоимость и необходимость отвода тепла, что также удорожает конструкцию. Наиболее доступными на отечественном рынке являются реле фирмы CRYDOM (США) во всем спектре номинальных рабочих токов – от единиц до сотен ампер.

Модуляция – один из перспективных способов управления котлом. Последний является плавным регулированием мощности устройства за счет управляющего сигнала на входе. Управление может быть как аналоговым – посредством изменения управляющего (модулирующего) напряжения или тока в установленном диапазоне – или по цифровой шине, посредством передачи информации.

Использование модуляции в общем случае позволяет повысить КПД установки и минимизировать колебательные процессы в работе системы, что важно, например, при использовании в системе регулирования температуры в отдельных контурах посредством смесительных клапанов с электроприводом.

В современных котлах на газе и жидком топливе регулирование мощности производится за счет изменения расхода топлива, поступающего через форсунку и изменения положения дроссельной заслонки. Оборудование, оснащенное такой системой, является дорогостоящим и предназначено для выработки больших тепловых мощностей.

В системе с электрическим котлом использование модуляции оправдано лишь в случае, если мощность нагревательной установки выбрана с запасом (что редко бывает в наших условиях дефицита электроэнергии) или существенно велика (9 кВт и более). В этом случае использование плавное регулирование мощности в среднем позволит снизить мгновенный ток, потребляемый котлом, а следовательно, разгрузить сеть.

Осуществляется регулирование мощности при помощи тиристорных регуляторов, работающих по фазовому принципу или за счет коммутации напряжения в момент переходов фазы через нуль. Для управления регулятором используются управляющие сигналы в одном из стандартов: аналоговое напряжение 0...10 В, 2...10 В, или 1...5 В; ток 5...20 мА. Среди доступных на отечественном рынке регуляторов можно отметить изделия фирм FOTEC, SIPIN, WATT, AUTONICS и другие. Следует иметь в виду, что тиристорные регуляторы при работе создают электрические помехи в сети, выраженные в появлении третьей гармоники или переключении с высокой частотой. Особенно ощутимо это проявляется в области половины мощности. Поэтому при использовании данных устройств необходимо соблюсти все требования в части электротехники по минимизации помех. Наиболее эффективным и дешевым способом снижения помех, на наш взгляд, является использование отдельной выделенной шины питания силовой части электроустановки.

При выборе котла в системе отопления необходимо использовать контроллер, обладающий возможностью управления многоступенчатым нагревателем (группой нагревателей) посредством переключения и/или модуляции (вопрос выбора и применения контроллера более подробно рассмотрим ниже).

*Погодозависимое управление* заключается в адаптации текущих параметров отопительной системы или ее отдельных контуров (мощности, температуры теплоносителя) к

погодным условиям. В большинстве доступных систем в качестве внешних воздействий используется внешняя (уличная) температура и температура помещений, исходя из которых определяется температура теплоносителя в контурах и, следовательно, варьируется мощность тепловой установки.

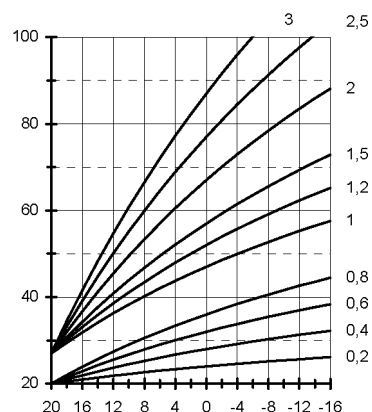
Основные преимущества погодозависимого управления системой заключаются в увеличении комфортности отопления, эффективности использования мощности отопительной установки и экономии энергии.

Реализуется погодозависимое управление посредством применения в качестве управляющего устройства погодозависимого контроллера. В простейшем случае погодозависимый контроллер представляет собой таймируемый термостат, рассмотренный выше, с включенными контурами регулирования температуры теплоносителя, исходя из внешних условий.

Расчет последней осуществляется по так называемой кривой отопления - зависимости температуры теплоносителя от уличной температуры. На рисунке 3 (б) представлено типичное семейство отопительных кривых погодозависимых контроллеров серии E8 фирмы KromSchröder (Германия) [16, 13]. Так, при снижении уличной температуры, температура теплоносителя увеличивается, при повышении – снижается.



(а)



(б)

Рисунок 3 - Погодозависимый контроллер серии E8 фирмы KromSchröder (Германия): внешний вид (а); семейство отопительных кривых (б). По оси абсцисс отложена наружная температура; по оси ординат – температура теплоносителя

Параметры кривых отопления – крутизна наклона и смещение вдоль оси ординат, задают диапазон изменения температуры теплоносителя в зависимости от изменения внешней температуры, определяются параметрами системы отопления (соотношением мощностей котла и радиаторов отопления, тепловым сопротивлением стен здания, наличием дополнительных внешних источников тепла и т.п.) и, как правило, находятся экспериментальным путем, посредством многочисленных наблюдений и анализа накопленного опыта. Чем точнее будет задана кривая, тем выше будет эффективность работы системы и экономия энергии. В ряде погодозависимых контроллерах, например, KromSchröder серии E8, предусмотрена возможность автоматической подстройки параметров отопительной кривой, если режим отопления длительное время остается постоянным.

Второй, не менее важной особенностью некоторых погодозависимых контроллеров является наличие канала пропорционально-интегрального (ПИ) регулирования температуры теплоносителя по температуре внутреннего воздуха помещения. Благодаря электронным датчикам температуры, подключенным к управляющим контроллерам, рассматриваемый процесс может быть реализован с высокой точностью. В контроллерах KromSchröder серии E8 точность поддержания температуры с учетом погрешности измерения составляет  $\pm 0,3$  °C.

От точности измерения и задания уставок температуры и параметров регулирования зависит ряд рабочих характеристик системы отопления, в том числе экономичность.

Наиболее удобно параметр регулирования задавать коэффициентом усиления в обратной связи контура (как реализовано в E8). Так, при отклонении температуры помещения от заданной уставки, в температуру теплоносителя соответствующего отопительного контура дополнительно вносится коррекция. В результате, для контуров, отапливающих сильно охлажденные помещения, температура теплоносителя будет приближаться к максимально возможной (режим форсировки). По мере прогрева помещений, температура теплоносителя будет пропорционально снижаться вплоть до величины, определяемой отопительной кривой.

Учет постоянной времени регулирования производится посредством задания параметра инерционности нагрева помещения, измеряемого в часах.

Рассмотренный способ регулирования температуры помещений эффективен при совместном использовании, например, электрического и печного отопления. При повышении температуры помещения за счет теплоотдачи печи, температура теплоносителя в соответствующем отопительном контуре снижается вплоть до отключения контура. Тем самым исключается необходимость управления системой вручную.

Типичные представители погодозависимых контроллеров – KromSchröder серии E8 [16], Honeywell (Германия) семейства Smile версии 3.0 [14], Fantini Cosmi (Италия) EV87 [17]. Также на рынке представлены устройства производителей Siemens и Danfoss.

*Термостатирование помещений по программе отопления*, или таймируемое термостатирование, заключается в изменении уставки температуры отапливаемых контуром помещений согласно установленной программе. Наличие такого способа управления позволяет устанавливать температуру помещений в соответствии с потребностями в нагреве в текущий момент времени. Это особенно удобно, когда требуется номинальный режим отопления помещений в определенные дни и часы, когда в помещении предполагается присутствие людей, например, в выходные, и пониженный режим или режим защита от промерзания – в остальные дни, когда в номинальном отоплении нет необходимости (в будние). Также для достижения комфорта возможно изменение температуры помещений в течение дня и в ночное время. Таким образом, таймирование дает существенный выигрыш в экономии энергии, затрачиваемой на отопление.

Полезной опцией также является наличие нескольких программ отопления, которая позволяет быстро изменять график отопления без перенастройки уставок температуры и временных значений. Это может быть использовано, например, если домом периодически пользуются несколько семей, или если в зависимости от условий применения системы, погоды, самочувствия людей и т.п. требуется несколько режимов отопления, например «номинальный», «преимущественно усиленный», «преимущественно ослабленный».

Отопление по гибкой программе реализуется на уровне управляющего контроллера.

Большинство представленных на рынке погодозависимых контроллеров (KromSchröder, Honeywell [14], Fantini Cosmi [17] и другие) обеспечивают данную возможность. Так, например, в устройствах KromSchröder серии E8 предусмотрены возможность задания по двум независимым программам, трех дневных температур помещений для каждого отопительного контура, одной ночной, графика нагрева систем ГВС и «теплый пол», плюс режим поддержания отопления для защиты от промерзания. Предусмотрено также смена режима отопления на время отпуска.

*Организация отдельных независимых температурных режимов отопления помещений* – следующий шаг в достижении комфорта и экономии энергии, затрачиваемой на отопление. Суть метода состоит в том, что отопление отдельных помещений, их групп или строений производится собственной отопительной подсистемой (контуром). Особенно это актуально, если отапливаемые помещения (или группа помещений) обладают различной периодичностью использования, конфигурацией, массой и теплоемкостью ограждающих конструкций, то есть во всех случаях, когда для последних требуется различный режим

нагрева. Типичный пример использования независимого отопления: часть дома, например, первый этаж с тяжелыми капитальными стенами из кирпича или дерева, где находятся все коммуникации, отапливается круглосуточно. Второй этаж, легкое щитовое сооружение, отапливается периодически, когда необходимо присутствие людей. Дополнительно сооружение может быть оснащено системой ГВС и «теплым полом».

Раздельное отопление осуществляется за счет устройства многоконтурной системы с раздельными независимыми контурами с одним или каскадом теплогенераторов. Вопросу проектирования таких систем посвящен ряд книг [1, 3, 4, 6]. Рассмотрим их функционирование на уровне общих принципов. На рисунке 4 представлен пример упрощенной функциональной схемы погодозависимой системы отопления с независимым контуром.

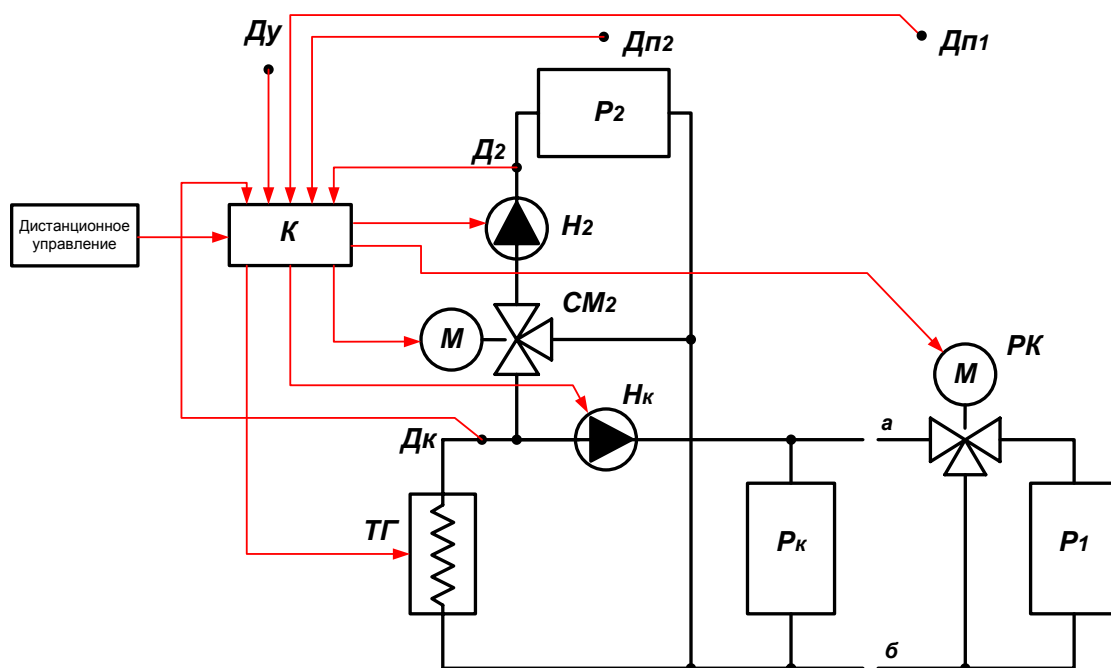


Рисунок 4 – упрощенная функциональная схема погодозависимой системы отопления с независимым и зависимым контурами.  $ТГ$  – теплогенератор;  $Нк$  – циркуляционный насос коллектора;  $Рк$  – потребители тепла, подключенные в цепь коллектора;  $СМ2$ ,  $Н2$  – соответственно трехходовой смесительный клапан с электрическим приводом и циркуляционный насос независимого контура;  $Р1$  – потребители тепла зависимого контура, подключенного в точках  $a$ ,  $б$ ;  $Р2$  – потребители тепла независимого контура;  $Дк$  – датчик температуры теплоносителя на выходе теплогенератора;  $Ду$  – датчик уличной температуры;  $Д1$ ,  $Дп1$  – датчики температуры теплоносителя на входе независимого контура и температуры помещения соответственно;  $РК$  – разделительный клапан с электрическим приводом;  $К$  – управляющий погодозависимый контроллер; красными линиями условно показано электрическое подключение элементов системы к контроллеру

Система (за исключением зависимого контура  $a, б$ , который пока за гранью рассмотрения) состоит из коллекторного контура, в который входит теплогенератор ( $ТГ$ ), насос коллектора ( $Нк$ ), потребители тепла ( $Рк$ ); независимого контура, в состав которого входят: смесительный клапан ( $СМ2$ ), циркуляционный насос независимого контура ( $Н2$ ), потребители тепла независимого контура ( $Р2$ ); управляющего погодозависимого контроллера ( $К$ ) с набором датчиков: температуры теплоносителя на выходе теплогенератора ( $Дк$ ); уличной температуры ( $Ду$ ); температуры теплоносителя на входе независимого контура ( $Д2$ ); температуры помещения ( $Дп2$ ).

Система работает следующим образом. Циркуляция теплоносителя через коллектор и зависимый контур обеспечивается насосом  $Нк$ ; через независимый контур - насосом  $Н2$ . В цепи теплогенератора (коллекторе) потоки теплоносителя из обоих контуров складыва-



ются. По данным датчиков: уличной температуры  $D_y$ , температур помещений  $D_{n_2}$  и  $D_{n_1}$  управляющим контроллером  $K$  рассчитывается величина температуры теплоносителя в коллекторном контуре. Как правило, она соответствует максимальной из температур, запрашиваемых каждым потребителем с учетом потерь на доставку теплоносителя. Температура теплоносителя на выходе теплогенератора непрерывно контролируется датчиком  $D_k$ , с учетом показаний которого производится управление мощностью теплогенератора или каскада теплогенераторов (включением/отключением, переключением ступеней и/или модуляцией).

Температура теплоносителя на входе независимого контура также рассчитывается с учетом уличной температуры и температуры отапливаемого контуром помещения и контролируется датчиком  $D_2$ . Согласно показаний последнего и расчетной температуры теплоносителя на входе контура производится управление смесительным клапаном  $CM_2$  посредством электропривода. При большой разнице расчетной и фактической температур теплоносителя на входе независимого контура прямая ветвь клапана полностью открыта и имеет место параллельная циркуляция жидкости через коллекторный и независимый контура, включая теплогенератор. По мере прогрева теплоносителя в независимом контуре прямая ветвь смесительного клапана начинает закрываться совместно с открытием входа, подключенного к обратной магистрали, охлажденный теплоноситель из которой частично подмешивается к поступающему на вход контура. Вне зависимости от величины открытия смесительного клапана циркуляция через контур, сопряженный с последним, остается постоянной, и это является существенным преимуществом по сравнению с классической одно- или двухтрубной системой отопления с параллельными контурами. При полном закрытии прямой ветви циркуляция в отопительных контурах производится отдельно; расход тепла определяется только потребителями, включенными в зависимый контур  $P_k$ , и при достижении требуемых расчетных температур помещения теплогенератор отключается, циркуляционные насосы останавливаются. В независимом контуре производится эффективная выработка накопленной тепловой энергии.

Один погодозависимый контроллер, такой как KromSchröder E8.5064 – топовая модель серии E8 (рисунок 3а) способен одновременно управлять двухступенчатым, в т.ч. модулирующим котлом, двумя независимыми отопительными контурами со смесительными клапанами и насосами, контуром ГВС, твердотопливным котлом и солнечным коллектором. При этом измеряется и поддерживается температура в двух отдельных помещениях. При использовании модулей расширения, управляемых по цифровой шине, число независимых отопительных контуров может быть увеличено до 16, а число котлов или отдельных ступеней – до восьми.

Существует множество модификаций рассмотренной системы отопления с независимыми контурами. Например, трехходовой поворотный смесительный клапан с приводом может быть заменен, штоковым или вообще исключен из системы. При этом возможно только ступенчатое регулирование за счет регулирования времени включения насоса по температуре помещения. Техническая документация на погодозависимые контроллеры KromSchröder содержит множество различных вариантов реализации систем отопления.

При необходимости в системе отопления должны быть также учтены *требования эффективного расхода энергии при совместной работе* с твердотопливным котлом или другим источником тепловой энергии, системами ГВС и «теплый пол». Перечисленные возможности предусмотрены в погодозависимых контроллерах для подключения управляющего оборудования как штатные функции (в KromSchröder серии E8) или за счет использования дополнительных модулей расширения. Для их детального изучения необходимо обратиться к документации, представляемой фирмами-производителями управляющих устройств.

Исполнительные элементы рассмотренной системы отопления – циркуляционные насосы, смесительные, байпасные, зональные и другие клапаны и привода к ним широко

представлены на отечественном рынке. Наиболее востребованы компоненты производителей: MUT Mechanics (Италия), ESBE (Швеция), Honeywell (Германия), Oventrop (Германия), Heimeir (Германия), Danfoss (Дания), Grundfos (Дания) и другие. Примеры исполнительных устройств для организации маломощных систем отопления с независимыми контурами представлены на рисунке 5.

Для сокращения количества вспомогательных соединительных элементов и времени на монтаж оборудования разработан широкий спектр вариантов так называемых готовых гидрокolleкторов, созданных по принципу «все в одном». Гидрокolleктор и набор приводного оборудования выбирается исходя из состава, количества контуров предполагаемой системы отопления и мощности теплогенераторов. При монтаже к собранному гидрокolleктору необходимо только подключить котел и магистрали отопительных контуров. Все исполнительные элементы расположены в одном модуле, при необходимости легко демонтируются и заменяются. На рисунке 5 е) представлен пример комплекта на базе гидрокolleктора «Элемент-2» ГидроЛОГО [13] для реализации двухконтурной системы отопления, представленной на рисунке 4.

При проектировании системы отопления выбор исполнительных элементов должен производиться на основе проведенных гидравлических и тепловых расчетов по известным методикам [4 - 6]. Для гарантированной совместимости и экономии денежных средств выбор и приобретение оборудования лучше всего осуществить у специалистов, обладающих многолетним опытом по его монтажу и эксплуатации.



Рисунок 5 – примеры исполнительных устройств для реализации маломощных систем отопления: трехходовой смесительный клапан MUT Mechanics (Италия) (а); привод с трехточечным управлением для поворотного смесительного клапана ESBE (Швеция) (б); трехходовой штоковый разделительный клапан Heimeir (Германия) (в); термоэлектрический привод штокового клапана Honeywell (Германия); циркуляционный насос Grundfos (Дания) (д); комплект «Элемент-2» для подключения к котлу системы отопления двух потребительских групп общей мощностью до 30 кВт, ГидроЛОГО, с разрешения [www.hydrumontage.ru](http://www.hydrumontage.ru), (е)

*Возможность дистанционного управления* системой отопления позволяет достичь дополнительного комфорта в случае, если отапливаемое помещение посещается нерегулярно. Рассматриваемая функция реализуется, если у управляющего контроллера системы отопления предусмотрена возможность изменения режима работы посредством внешней шины, которая также часто используется для конфигурирования и ввода рабочих параметров устройства через персональный компьютер (ПК). У контроллеров различных производителей это реализовано по-разному. Например, в устройствах KromSchröder серии E8 предусматривается до двух аналоговых входов для управления режимом работы и оптический вход – для подключения к ПК посредством специального адаптера и программного обеспечения. В контроллере EV87 возможность двустороннего обмена данными реализуется посредством интерфейса RS-232 и открытого протокола обмена данными, поддерживаемого GSM-модемом; управление производится посредством SMS-команд.

Если в доме смонтирована охранная сигнализация или устройства домашней автоматизации, управляемые по телефонной сети, GSM, Ethernet контроль работы системы отопления можно обеспечить, например, посредством релейных выходных каналов, интерфейса RS-232 или другим известным способом. При проектировании системы и выборе управляющего контроллера эту возможность следует учесть.

Ряд современных контроллеров поддерживают опцию удаленного мониторинга состояния отапливаемого объекта и системы отопления. Это используется для отслеживания внештатных ситуаций в работе системы, регистрации выхода температур за пределы установленных значений, накопления статистик для точной настройки параметров регулирования, проведения планового техобслуживания.

*Минимальная тепловая инерционность системы* позволяет достичь технических и экономических преимуществ. Рассматриваемый параметр влияет на скорость протекания переходных процессов, а именно, нагрева и охлаждения теплоносителя, котла и отопительных приборов. При высокой инерционности в системе отопления имеют место такие негативные эффекты как перерегулирование, колебательный характер и высокая длительность переходных процессов. Помимо дополнительных затрат энергии, возникающих вследствие неэффективного управления, указанные процессы сокращают ресурс отопительного оборудования.

Снизить инерционность системы можно за счет оптимизации ее конструкции на основании предварительно проведенных теплового и гидравлического расчетов, уменьшения объема теплоносителя и металлоемкости - за счет выбора оптимальных сечений гидравлических магистралей и установки теплоотдающих приборов с минимальной емкостью.

Отдельно следует подчеркнуть, что экономия в расходовании энергии на отопление при любой организации системы может быть достигнута только при устройстве ограждающих конструкций здания в соответствии с последними нормами [8, 10] с использованием современных материалов и технологий [2].

Вопрос выбора управляющего и приводного оборудования для автоматизации системы отопления решается совместно с оценкой эффективности и окупаемости затрат на стадии проектирования системы отопления.

В заключение рассмотрим пример реализации погодозависимой системы отопления в двухэтажном деревянном доме с общей отапливаемой площадью 100 м<sup>2</sup>. Мощность теплогенератора – 6 кВт. На рисунке 6 представлен общий вид системы.

Система состоит из теплогенератора и двух отопительных контуров (рисунок 4).

Первый контур предназначен для постоянного отопления первого этажа, имеющего массивные бревенчатые ограждающие конструкции, является зависимым и совмещен с коллектором. В контуре реализовано погодозависимое ступенчатое регулирование с учетом температуры воздуха в помещениях первого этажа. В качестве исполнительных механизмов в первом контуре использованы: циркуляционный насос  $H_k$ , являющийся коллекторным, трехходовой разделительный клапан  $PK$  с термоэлектроприводами, предназна-

ченные для отключения отопительных приборов  $P_1$  от контура и подключения байпаса во время, когда нагрев помещений не требуется. Трехходовой разделительный клапан совместно с байпасным контуром обеспечивает постоянство циркуляции жидкости через коллектор при отсутствии необходимости подачи тепла в нагревательные приборы первого этажа.

Второй контур предназначен для периодического отопления второго этажа, имеющего легкие деревянные ограждающие конструкции, является независимым. В контуре реализовано погодозависимое пропорциональное регулирование с учетом температуры воздуха в помещениях второго этажа. В качестве исполнительных механизмов использован циркуляционный насос  $H_2$  и трехходовой смесительный клапан  $CM_2$  с трехточечным приводом. Контур включает тепловые приборы (радиаторы)  $P_2$ .

Коллекторный контур включает двухступенчатый электроркотел  $ТГ$  с независимым управлением и тепловые приборы  $P_k$ , установленные в помещениях, требующих постоянного отопления: санузлы первого и второго этажей и кухня.

Управление системой производится погодозависимым контроллером KromSchröder E8.5064. Каждый контур включает по одному датчику температуры теплоносителя  $D_1, D_2$ , установленных на магистралях, по одному датчику температуры воздуха помещения  $Dn_1, Dn_2$ , расположенных на первом и втором этаже, и датчик уличной температуры  $D_y$ , расположенный на северной стене здания. В системе дополнительно предусмотрены: блок бесперебойного питания, поддерживающий работу контроллера в случае обесточивания электросети; релейный блок домашней автоматики с модулем GSM, реализующий функции дистанционного управления режимами работы контроллера. Управление теплогенератором производится посредством твердотельных реле.

Основные особенности рассматриваемой системы отопления:

- погодозависимое раздельное управление двумя контурами; для каждого контура предусмотрена своя кривая отопления, включая временные параметры;
- раздельное отопление контуров по программе (графику); задаются три уставки дневной температуры помещения, одна – ночной;
- пропорциональное регулирование – для первого контура и ступенчатое – для второго по температуре помещения; раздельные настройки параметров регулирования; возможность работы только по температуре потока или только по программе;
- раздельное дистанционное управление режимом работы по GSM-каналу;
- поддерживаемые режимы работы системы: защита от замерзания; работа по программе 1, работа по программе 2, принудительный дневной, принудительный ночной, техническое обслуживание;
- управление двухступенчатым теплогенератором с автоматическим подключением ступеней; возможность автоматического переключения основной и дополнительной ступени для равномерной выработки ресурса;
- возможность оптимизации отопительных кривых в продолжительном пониженном режиме отопления;
- автоматическое управление циркуляционными насосами с возможностью выбега после выключения системы; автоматическое периодическое включение насосов в период отсутствия отопления для защиты от заклинивания;
- автоматическое управление смесительным клапаном;
- простой интуитивный интерфейс управления; индикация: фактической и расчетной температуры помещений; уличной; измеренной и расчетной температуры теплоносителя в контурах; режима работы; программы.
- возможность расширения системы за счет подключения дополнительных отопительных контуров, теплогенераторов (в т.ч., твердотопливных), контура ГВС, системы «теплый пол» и т.п.

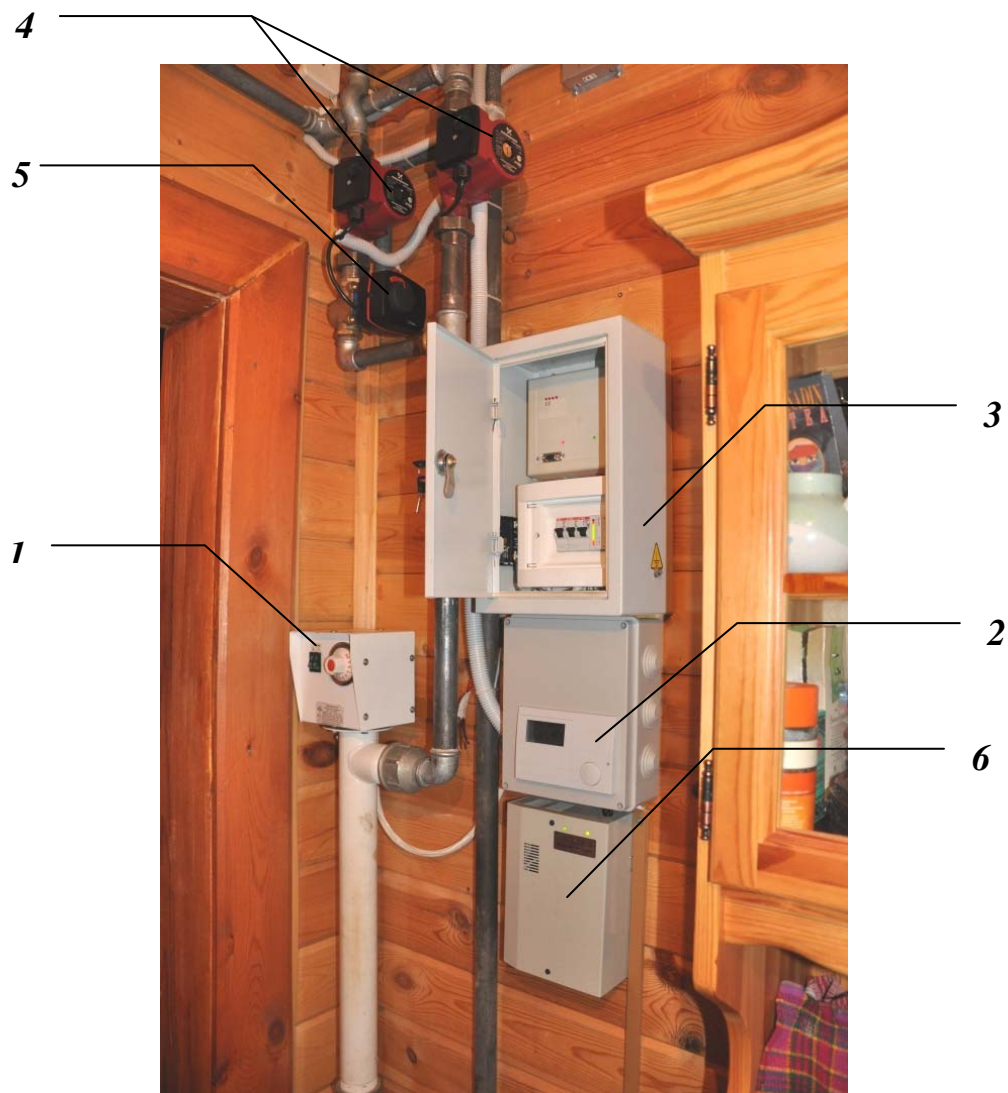


Рисунок 6 - Общий вид системы отопления: 1 – двухступенчатый электродкотел мощностью 6 кВт; 2 – погоднезависимый контроллер; 3 – силовой щит управления, включающий реле котла, релейный модуль домашней автоматики и защитные автоматические выключатели; 4 - циркуляционные насосы; 5 – трехходовой смесительный клапан с приводом; 6 – блок бесперебойного стабилизированного питания.

Итак, в статье были рассмотрены основные принципы построения энергоэффективных систем отопления для малых зданий и оборудование для их реализации. Безусловно, автором был охвачен далеко не весь спектр системных решений и компонентов. Однако даже применение части из всех рассмотренных принципов позволит добиться существенной экономии энергии как во вновь проектируемых, так и при модернизации существующих системах отопления.

Также следует отметить, что в задачи статьи не входил анализ компонентов автоматики, контроллеров и др. элементов различных фирм-производителей и сравнение с точки зрения рабочих характеристик. Эти вопросы, равно и как и техническая документация на оборудование, подробно изложены на сайтах и фирм-производителей и дистрибьюторов.

Немаловажными факторами при выборе компонентов системы отопления являются: безопасность, удовлетворение всем техническим требованиям в части реализуемых функций, цена, наличие полного комплекта документации, необходимой для установки и эксплуатации, наличие технической поддержки со стороны поставщика, наличие гарантийного и послегарантийного обслуживания, наличие функционального запаса для обеспечения расширяемости системы, наличие сертификата соответствия российским условиям применения.

При разработке проекта системы и выборе номенклатуры оборудования для систем рекомендуется использовать опыт специалистов, работающих в данной отрасли.

Перспектива развития энергоэффективных систем отопления в секторе малой частной застройки, на наш взгляд, реализуется в широком внедрении удаленного управления и мониторинга оборудования, в том числе, интерактивного, посредством сети Интернет. Не последнюю роль здесь играют беспроводные технологии, позволяющие организовать информационный обмен с удаленными районами.

Автор благодарит ООО «Теплостарт» за предоставленное оборудование и оказанное содействие в написании статьи.

#### Использованные источники

1. Кокорин. О.Я. Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции, отопления, кондиционирования (систем ВОК). – М.: «Проспект», 1999.-208 с.
2. Умнякова. Н.П. Как сделать дом теплым. – справ. пособие.- М.: Стройиздат, 1996. – 386 с.
3. Порецкий В.В., Березович И.С., Стомахина Г.И. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: жилые здания со встроенно-пристроенными помещениями общественного назначения и стоянками автомобилей. Коттеджи: справочное пособие. – М.: ПАНТОРИ, 2003 .- 308 с.
4. Пырков В.В. Особенности современных систем водяного отопления. – Киев.: «Таки справи», 2003. – 176 с.
5. Русланов Г.В., Розкин М.Я., Ямпольский Э.Л. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий: Проектирование: Справочник. – Киев.: Будівельник, 1983 .- 272 с.
6. Ткачук А.Я., Зайченко Е.С., Потапов В.А, Цепелев А.П. Системы отопления. Проектирование и эксплуатация. – Киев, Будівельник, 1985. – 136 с.
7. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
8. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.
9. СП 7.13130.2009. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования.
10. СНиП 23-01-99. Строительная климатология.
11. СНиП 21-01.97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
12. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие правила.
13. [www.hydromontage.ru](http://www.hydromontage.ru)
14. <http://www.honeywell-ec.ru>
15. <http://www.vniieto.su>
16. <http://www.kromschroeder.de>
17. <http://www.fantinosmi.com>