

Инженерное оборудование зданий и сооружений

УДК 681.52.01

DOI: 10.14529/build150407

ЭФФЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ ЗДАНИЙ

В.И. Панферов, Е.Ю. Анисимова, С.В. Панферов

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Предложены эффективные мероприятия, снижающие энергопотребление при теплоснабжении зданий, а именно: реализация адаптивного управления отоплением здания; осуществление импульсного погодного алгоритма регулирования системы отопления; оптимальный режим прерывистого отопления здания; оптимальная температура теплоносителя в тепловых сетях; энергосберегающие мероприятия в системах вентиляции. Разработанное адаптивное управление системой отопления здания позволяет компенсировать основное возмущающее воздействие для температурного режима зданий (температуру наружного воздуха) с учетом реальных теплотехнических характеристик зданий и их систем отопления. Импульсный погодный алгоритм регулирования для элеваторных систем отопления позволяет исключить «перетопы» зданий как при «плохом» погодном графике, так и в период его «срезки». Оптимальный режим прерывистого отопления здания может быть реализован в зданиях различного назначения, где допускается снижение температуры внутреннего воздуха в нерабочее время. При этом наблюдается экономия тепловой энергии при обеспечении требуемых параметров микроклимата в рабочее время. Доказана эффективность оптимального режима прерывистого отопления по сравнению с другими распространенными в настоящее время алгоритмами управления системой отопления здания. Кроме того, обосновано применение оптимального режима прерывистого отопления в случае использования автономных источников теплоты. Решена задача об оптимальной температуре теплоносителя в тепловых сетях, что позволяет сократить тепловые потери при транспортировке теплоносителя и минимизировать затраты электрической энергии на его перекачку. Определена действительная эффективность наиболее распространенных энергосберегающих мероприятий.

Ключевые слова: энергосбережение при теплоснабжении, ресурсосбережение, экономия тепловых ресурсов, экономичные режимы отопления, экономичные режимы вентиляции, управление тепловым режимом здания, оптимизация теплового режима здания.

Энергосбережение является одной из приоритетных задач государственной энергетической политики в России в настоящее время. Это объясняется неэффективным расходом энергетических и топливных ресурсов, а также постоянным увеличением их стоимости. Например, в нашей стране удельный показатель потребления тепловой энергии на системы теплоснабжения зданий (отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха, горячее водоснабжение) в расчете на 1 м² отапливаемой площади здания за отопительный период превышает в 2,9–4,3 раза аналогичный показатель в странах со схожим климатом, например, в Швеции и Финляндии. Очевидно, что эффективность использования энергоресурсов на нужды климатизации здания является низкой и требуется снижение потребления их расхода. Решение этой задачи возможно путем разработки и внедрения энергосберегающих мероприятий, технологий и оборудования. Кроме того, современные требования к проектированию систем отопления имеют обязательный пункт про автоматическое

управление ими. Полагается, что данное управление направленно на повышение эффективности функционирования систем климатизации зданий, а именно обеспечения требуемых параметров микроклимата объекта при минимальной затрате топливно-энергетических ресурсов.

Однако большинство уже существующих систем отопления зданий работают, как правило, в неуправляемом режиме, нагревательные приборы в течение длительного времени имеют завышенную мощность, что ведет к массовому перегреву воздуха в помещениях, перерасходу тепловой энергии и снижению теплового комфорта. Поэтому актуальной задачей также является разработка систем автоматического энергоэффективного управления теплоснабжением зданий, которые можно было бы внедрять уже на существующие объекты с минимальными техническими и финансовыми затратами.

В настоящее время широкое распространение получило ошибочное мнение, что установка теплосчетчиков, счетчиков холодной и горячей воды является энергосберегающим мероприятием. Но

установка теплосчетчиков это неэнергосберегающее мероприятие, а то, что способствует энергосбережению. Финансовый выигрыш получается из-за того, что нормы потребления завышены, а фактическое энергопотребление ниже расчетного, поэтому оплата за энергоснабжение снижается. Установка теплосчетчиков стимулирует потребителей тепла к внедрению энергосберегающих технологий.

Современные строительные нормативные документы значительно повысили требования к теплозащитным свойствам ограждений зданий. От этого мероприятия ожидали снижения энергопотребления на нужды теплоснабжения, в частности отопления зданий, почти в 2 раза, но реально получили экономию только в размере 1/3 от ожидаемой величины, а 2/3 по-прежнему теряется через форточки из-за перетопа. Кроме того, установлено, что дальнейшее повышение требований к теплозащите зданий не целесообразно, затраты на это не окупятся, то есть это не является основным решением задачи энергоэффективного использования теплоты на нужды климатизации зданий.

Нам представляется, что особое внимание для решения проблемы энергосбережения при теплоснабжении зданий необходимо обратить на качественную эксплуатацию инженерных систем. Это реализуется путем внедрения систем автоматического управления тепловым режимом здания (ТРЗ) с привлечением для решения задач идентификации и управления процессами теплопотребления новейших результатов теоретических и прикладных исследований.

Как показывает опыт, возможности проектно-конструкторских методов ограничены, с помощью них невозможно точно учитывать постоянно изменяющиеся факторы, серьезно влияющие на ТРЗ, такие как солнечная радиация, тепловыделения от оборудования и людей, избыточная мощность сис-

темы отопления при данной температуре наружного воздуха, колебания температуры наружного воздуха, скорости и направления ветра и других возмущений со стороны наружной среды, хаотичности режима работы систем вентиляции и т. п. Кроме того, известно, что теплозащитные характеристики зданий заметно меняются из-за старения здания, накопления влаги в ограждающих конструкциях и т. п. Также изменяются и характеристики самой системы отопления из-за использования разнотипных отопительных приборов, неодинаковых схем подключения к подающим и обратным теплопроводам, изменения состава и структуры систем зачастую по пожеланиям собственников и по другим причинам. Одним из наиболее эффективных способов решения данной задачи является построение адаптивных систем управления тепловым режимом здания. Например, кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция» ЮУрГУ разработан алгоритм компенсации основного возмущающего воздействия для температурного режима здания (температуры наружного воздуха) на реальные теплотехнические характеристики зданий и их систем отопления [1, 2]. Доказано, что адаптивный (погодный) график регулирования должен быть индивидуальным для данного здания с его конкретной системой отопления. В данном алгоритме регулирования два управляющих воздействия: первое – температура теплоносителя на входе в систему отопления, второе – расход теплоносителя в системе отопления. Требуется обеспечить температуру внутреннего воздуха 21 °С, для этого были изучены следующие ситуации:

1) когда величина расхода воды соответствовала значениям при реальных условиях и не регулировалась (не было управления по расходу), определялись значения температур теплоносителя на входе в систему отопления для различных температур наружного воздуха (рис. 1).

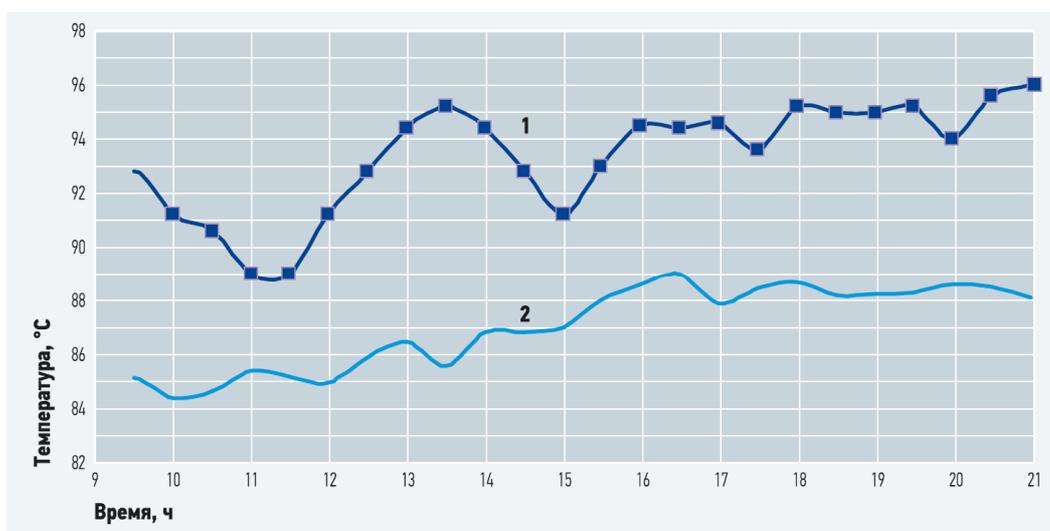


Рис. 1. Изменения температур теплоносителя на входе в систему отопления:
1 – фактические значения при реальных условиях, 2 – требуемые значения для обеспечения нормированной температуры внутреннего воздуха 21 °С

Инженерное оборудование зданий и сооружений

2) когда температура воды на входе в систему отопления равнялась значениям при реальных условиях, и регулирование по ней не проводилось, были получены значения расходов теплоносителя для различных температур наружного воздуха (рис. 2).

В итоге было получено, что в первом случае для обеспечения требуемой температуры внутреннего воздуха температура теплоносителя на входе в систему отопления должна быть значительно ниже фактической (см. рис. 1). Во втором случае для выполнения того же условия требовался заметно меньший расход теплоносителя, чем фактический (см. рис. 2). То есть полученные результаты подтверждают наличие «перетоков» помещений (в реальных условиях температура внутреннего воздуха в контрольных помещениях составляла 23–25 °С), а также что применение данного способа управления тепловым режимом здания обеспечит существенное сокращение расхода теплоты на отопление. Подчеркнем, что именно учет реальных теплозащитных свойств здания и реальных характеристик его системы отопления, заложенный в разработанном алгоритме адаптивного регулирования, позволяют обеспечивать требуемые условия при минимальных затратах теплоты. В настоящее же время используется либо общеродской график, либо погодные компенсаторы, которые настраиваются методом проб и ошибок.

Поэтому возникает задача отслеживания и оценки этих характеристик по эксплуатационным данным. На кафедре «Теплогасоснабжение и вентиляция» ЮУрГУ есть разработки, позволяющие это сделать. Например, разработана структурная схема адаптивной системы управления, представленная на рис. 3. Адаптивное управление отопле-

нием здания, реализует комбинированный принцип регулирования с настройкой погодного компенсатора по эксплуатационным данным. Причем адаптивное управление успешно может использоваться для разных схем подключения систем отопления к тепловым сетям (зависимым, независимым) [3, 4].

Погодное регулирование может быть осуществлено и в период срезки температурного графика централизованного теплоснабжения. То есть, при относительно высоких температурах наружного воздуха температура воды в тепловых сетях поддерживается на более высоком уровне, чем это требуется для нужд отопления. Объясняется это тем, что тепловые сети регулируются по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения (ГВС). Температура воды в системе ГВС должна быть 55–60 °С, поэтому температура воды в тепловых сетях не может быть опущена ниже этого уровня. Вследствие этого наблюдается так называемый «переток» зданий при элеваторной системе отопления, кафедра теплогасоснабжения и вентиляции ЮУрГУ может предложить для этого случая алгоритм импульсного режима отопления зданий и его настройки для достижения приемлемого качества регулирования температуры внутреннего воздуха [5]. Предлагаемая система не относится к ранее известным системам регулирования пропусками. Нами определены скважности управляющих импульсов в зависимости от температуры наружного воздуха и различных температур теплоносителя на входе в систему отопления (рис. 4).

На рис. 4 приведены кривые зависимости скважности управляющих импульсов от температуры наружного воздуха для трех значений температуры на входе в системы отопления.



Рис. 2. Изменения расходов теплоносителя на входе в систему отопления: 1 — фактические значения при реальных условиях, 2 — требуемые значения для обеспечения нормированной температуры внутреннего воздуха 21 °С

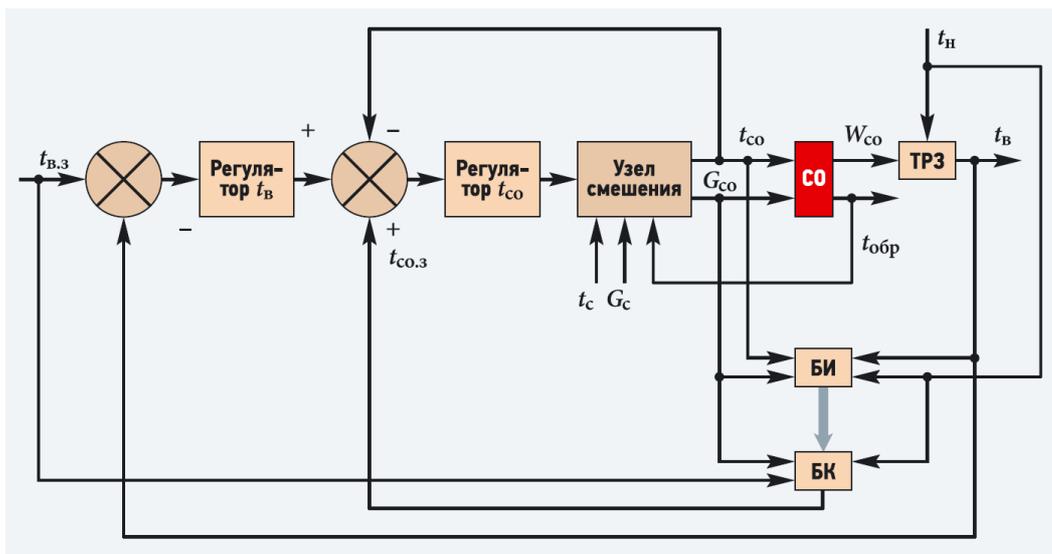


Рис. 3. Структурная схема адаптивной системы управления. ТРЗ – тепловой режим здания, СО – система отопления, БИ – блок идентификации, БК – блок компенсации, $t_{в.з.}$, $t_{с.}$ – заданное и фактическое значение температуры внутреннего воздуха, $t_{н.}$ – температура наружного воздуха, $t_{сo.}$, $G_{сo.}$ – температура и массовый расход теплоносителя на входе в систему отопления, $t_{с.}$, $G_{с.}$ – температура и массовый расход теплоносителя на вводе из тепловых сетей, $t_{обр.}$ – температура обратного теплоносителя в системе отопления, $W_{сo.}$ – тепловой поток системы отопления

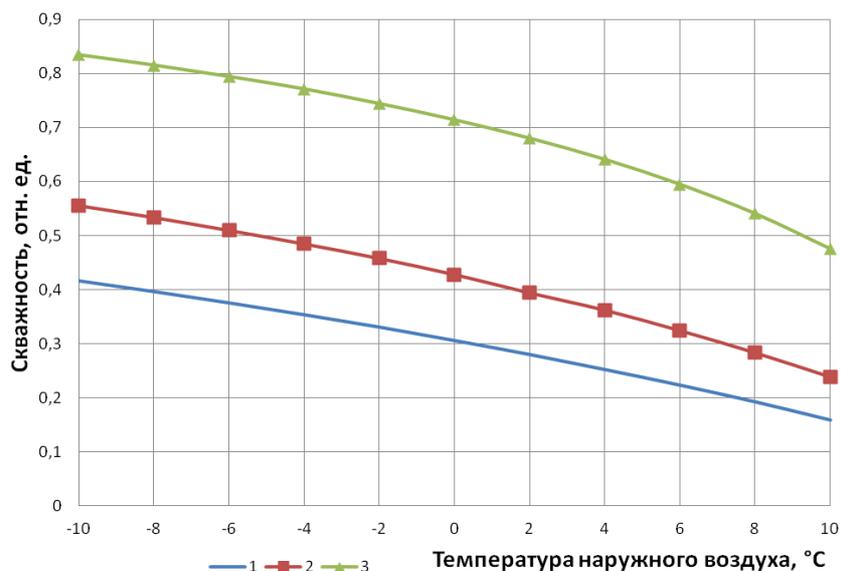


Рис. 4. Зависимость скважности управляющих импульсов от температуры наружного воздуха:
1 – для $t_{сo} = 70$ °C; 2 – для $t_{сo} = 50$ °C; 3 – для $t_{сo} = 30$ °C

Есть также наработки, позволяющие настроить импульсный погодный регулятор на конкретное здание. Напомним, что в настоящее время в г. Челябинске погодный график один для всех зданий и он таков: ($t_{н.} = -34$ °C; $t_{сo.} = 95$ °C); ($t_{н.} = -10$ °C; $t_{сo.} = 67$ °C); ($t_{н.} = 0$ °C; $t_{сo.} = 53$ °C) для режима «день». На рис. 5 и рис. 6 приведены структурные схемы двух вариантов систем автоматизации для импульсного погодного регулирования.

Вместе с тем, отметим, что индивидуальное погодное регулирование может быть осуществлено при любом температурном графике централи-

зованного теплоснабжения. Важно только, чтобы тепловой потенциал сетевой воды был достаточным – таким, чтобы с сетевой воды данной системой отопления можно было бы «снять» нужное для данного конкретного здания количество теплоты.

В случае применения децентрализованного теплоснабжения с автономными источниками теплоты экономия энергоресурсов обеспечивает реализацию режима прерывистого отопления, то есть управления тепловым режимом здания в нерабочее время. Согласно СП 60.13330.2012 в жилых,

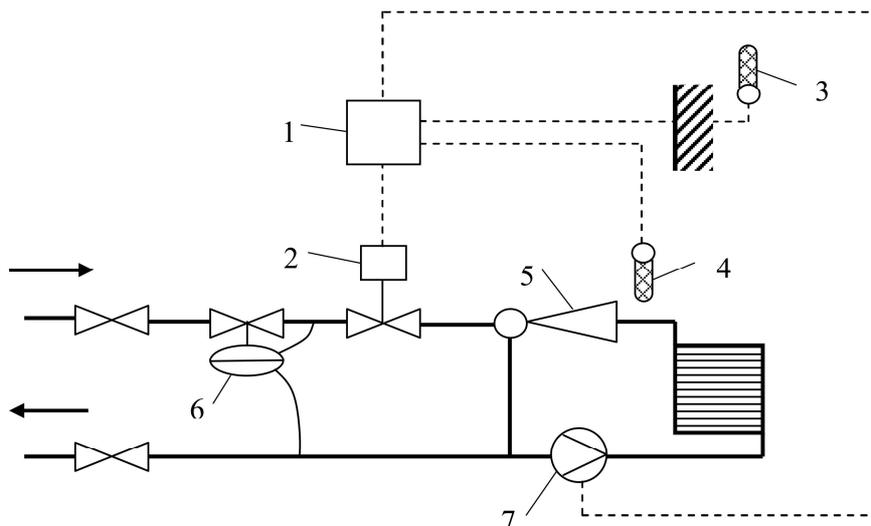


Рис. 5. Первый вариант реализации импульсного погодного компенсатора:
 1 – контроллер, 2 – двухходовой клапан с электроприводом, 3 – датчик температуры наружного воздуха, 4 – датчик температуры прямой воды, 5 – элеватор, 6 – регулятор перепада давления, 7 – расходомер

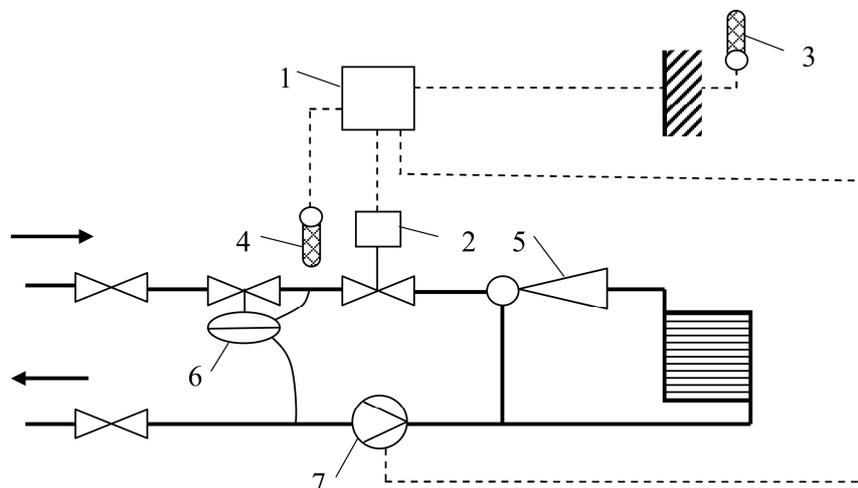


Рис. 6. Второй вариант реализации импульсного погодного компенсатора
 (обозначения, как на рис. 5)

общественных, административно-бытовых и производственных зданиях в нерабочее время температуру воздуха можно поддерживать на более низком уровне, чем в остальные промежутки времени, что дает возможность снизить расход энергии на систему отопления. Эта задача нами была решена на основании адекватных математических моделей, описывающих тепловой режим здания, для которых был разработан оптимальный алгоритм управления системой отопления в нерабочий период, обеспечивающий требуемые температуры внутреннего воздуха при минимальном расходе тепловой энергии [6–8]. Оптимальный режим прерывистого отопления здания заключается в том, что в нерабочее время (ночью, выходные дни) на некоторое время нерабочего периода снижается температура внутреннего воздуха (не ниже 12 °С) путем отключения системы отопления, а во второй части нерабочего периода происходит интенсив-

ный разогрев здания максимальной тепловой мощности системы отопления для достижения требуемой температуры внутреннего воздуха к началу использования помещения. Было разработано программное обеспечение, позволяющее для любого объекта и разнообразных условий смоделировать разные режимы управления мощностью системы отопления в нерабочий период с целью их качественного и количественного анализа. Рассматривались наиболее распространенные в настоящее время режимы управления системой отопления: здание подключено к центральным тепловым сетям; управление системой отопления стабилизирующим регулятором температуры внутреннего воздуха и оптимальный режим прерывистого отопления здания в нерабочее время. В результате выяснилось (см. таблицу), что самым неэкономичным является режим подключения здания к центральным тепловым сетям, по сравнению с ним

Анализ эффективности различных алгоритмов управления тепловым режимом здания

Параметр/режим управления теплоснабжением здания	Оптимальный режим прерывистого отопления с выходом на ограничение по t_b	Оптимальный режим прерывистого отопления	Режим со стабилизирующим регулятором t_b	Режим при подключении здания к центральным тепловым сетям
Расход тепловой энергии, Вт · ч	20289,6	31159,2	43597,1	45060,0
Экономия, %	55,0	30,8	3,2	0

экономию теплоты при управлении системой отопления стабилизирующим регулятором температуры внутреннего воздуха составляет 3–5 %, также экономия энергии в режиме оптимального прерывистого отопления составляет 30–50 %. Установлено, что целесообразно применение режима прерывистого отопления в зданиях с автономным источником теплоты, и нерационально при подключении их к центральным тепловым сетям.

Как известно, в настоящее время достаточно актуальной является проблема низкотемпературного теплоснабжения. При этом для доставки потребителям требуемого количества теплоты при пониженных параметрах теплоносителя необходимо увеличить его расход. Это, в свою очередь, требует увеличения пропускной способности тепловых сетей либо за счет прокладки новых тепловых трасс, либо за счет установки более мощных сетевых насосов, что неизбежно приведет к росту расхода электрической энергии на перекачку теплоносителя. Поскольку прокладка новых тепловых сетей является трудным и затратным мероприятием, то целесообразно рассмотреть задачу о поиске таких температуры и расхода теплоносителя, при которых минимальными были бы потери теплоты при транспортировке и затраты электрической энергии на перекачку теплоносителя. Минимизация потерь теплоты при транспортировке, в конечном счете, приводит к уменьшению потребного расхода теплоносителя.

Задача выбора оптимальной температуры теплоносителя по критерию минимума затрат электрической энергии на перекачку и сокращения тепловых потерь при его транспортировке по теплотрассам нами была решена [9, 10]. Полученные соотношения позволяют осуществлять качественно-количественное регулирование процесса теплоснабжения в зависимости от температуры наружного воздуха, то есть для конкретных условий можно выбирать и оптимальную температуру и оптимальный расход теплоносителя. Процедура учитывает характеристики теплопотребляющего оборудования. На рис. 7 и 8 приведены кривые зависимости оптимальных температур теплоносителей (подающего и обратного), а также оптимального расхода теплоносителя соответственно для различных температур наружного воздуха.

В результате расчетов было выявлено, что тепловая нагрузка, диаметр теплотрассы, КПД на-

сосной установки, соотношение тарифов на энергоресурсы, изношенность теплопроводов, свойства и состояние тепловой изоляции существенно влияют на значение наиболее эффективной температуры. Причем соотношение тарифов на тепловую и электрическую энергию является основным фактором, влияющим на выбор температурного графика. Климатические параметры, количество местных сопротивлений оказывают минимальное воздействие на значение оптимальной температуры теплоносителя.

Известно, что требуемые параметры микроклимата обеспечиваются работой систем отопления и вентиляции зданий. В современных зданиях общественного назначения расход теплоты на вентиляцию становится преобладающим. Объясняется это тем, что при старой системе утепления зданий теплотери распределялись примерно поровну (половина – для вентиляции, половина – через ограждающие конструкции). В зданиях, построенных с учетом современных требований по тепловой защите, потери теплоты через ограждающие конструкции значительно снизились, поэтому доля потерь теплоты с вентиляционным воздухом при использовании старых подходов и технологий вентиляции увеличилась в несколько раз. Теперь практически до 70 % расходуемой теплоты теряется с вентиляционным воздухом и только 30 % – через ограждающие конструкции. Таким образом, проведение энергосберегающих мероприятий в системах вентиляции является актуальнейшей задачей настоящего времени.

Экономию тепловой энергии в системах вентиляции можно получить несколькими способами. Во-первых, путем снижения расхода тепловой энергии за счет использования теплоты удаляемого из помещений воздуха. Данный способ применяется в настоящее время (однако недостаточно широко) посредством использования воздухо-воздушных регенеративных и рекуперативных теплообменников. Весьма перспективным для целей энергосбережения является применение тепловых насосов, забирающих теплоту от удаляемого вентиляционного воздуха. Однако это достаточно малоисследованная область. Во-вторых, путем применения автоматического регулирования подачи воздуха в зависимости от температуры в помещении, количества людей, объема выделяющихся вредных веществ и т.д. В Европе такие сис-

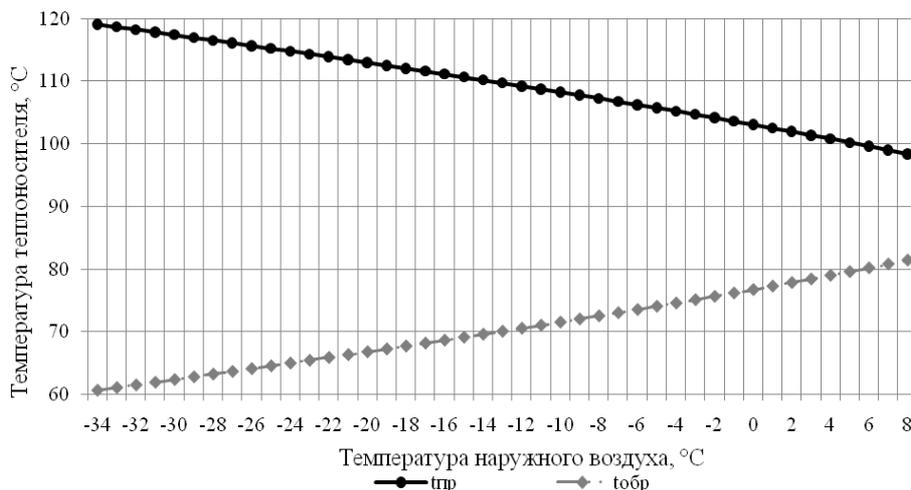


Рис. 7. Зависимость оптимальной температуры подающего и обратного теплоносителей от температуры наружного воздуха

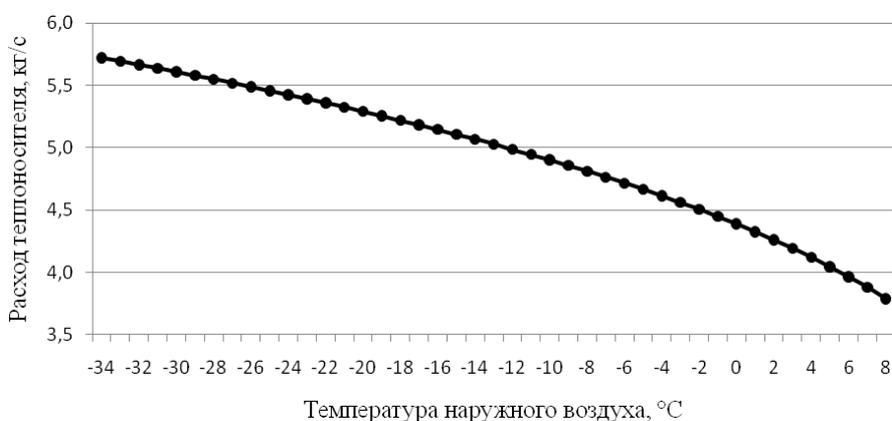


Рис. 8. Зависимость оптимального расхода теплоносителя от температуры наружного воздуха

темы широко применяются и называются системами с переменным расходом, однако и здесь множество нерешенных вопросов, в частности, как изменение общего расхода приточного воздуха скажется на его распределении по каналам разветвленной вентиляционной сети, при этом нарушаются условия формирования воздушных струй при выпуске воздуха в помещение, как будет изменяться теплоотдача калориферных установок при большом диапазоне изменения расхода подаваемого воздуха и т. п.

Повысить эффективность работы неавтоматизированных систем вентиляции с переменным расходом воздуха можно и за счет проектно-конструкторских решений. У кафедры есть определенные наработки по данной проблеме. В частности, гидравлическая устойчивость систем вентиляции может быть повышена за счет закольцовки магистральных воздуховодов гостиничных комплексов.

В заключение отметим, что в настоящее время технические средства, предлагаемые рынком для реализации систем отопления, вентиляции и сис-

тем автоматизации для них достаточно совершенны. Все проблемы заключаются в основном в режимах (технологиях) отопления и вентиляции, в алгоритмах управления этими системами, в настройке этих систем. Данные проблемы – это не проблемы застройщиков, а служб эксплуатации, то есть управляющих компаний. Управляющие же компании являются, как правило, достаточно мелкими предприятиями, зачастую с малограмотным в техническом отношении персоналом и, кроме того, как это нам представляется, слабо экономически заинтересованы в проведении каких-либо энергосберегающих мероприятий. Поэтому проведение НИОКР с такими организациями практически невозможно.

Литература

1. Панферов, С.В. *Погодный компенсатор для систем отопления с элеваторным присоединением* / С.В. Панферов, В.И. Панферов // *Теоретические основы теплогоснабжения и вентиляции: сб. докл. V Международной науч.-техн. конф.* – М.: Изд-во МГСУ, 2013. – С. 140–144.

2. Панферов, С.В. Импульсный погодный компенсатор для элеваторных систем отопления / С.В. Панферов, В.И. Панферов // С.О.К. (Сантехника. Отопление. Кондиционирование): ежемесячный специализированный журнал. – 2013. – № 12. – С. 45–47.

3. Панферов, С.В. К решению задачи структурно-параметрического синтеза автоматических регуляторов технологических процессов / С.В. Панферов, В.И. Панферов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2014. – Т. 14. – № 1. – С. 29–38.

4. Панферов, В.И. Об одном решении задачи структурно-параметрического синтеза автоматических регуляторов / В.И. Панферов, С.В. Панферов // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды IX Всероссийской науч.-практ. конф. – Новокузнецк: СибГИУ, 2013. – С. 297–301.

5. Панферов, С.В. Автоматическое управление системами отопления с элеваторным присоединением / С.В. Панферов, В.И. Панферов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2013. – Т. 13. – № 1. – С. 42–47.

6. Анисимова, Е.Ю. Программное обеспечение для расчета оптимального режима прерывистого

отопления зданий / Е.Ю. Анисимова // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах: междунар. сб. науч. тр. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. – 2014. – №1 (4). – С. 66–71.

7. Анисимова, Е.Ю. Эффективность управления микроклиматом здания в нерабочее время. / Е.Ю. Анисимова, В.И. Панферов // С.О.К. (Сантехника. Отопление. Кондиционирование): ежемесячный специализированный журнал. – 2014. – № 2. – С. 72–78.

8. Анисимова, Е.Ю. Энергосбережение в системах отопления / Е.Ю. Анисимова // Наука ЮУрГУ: материалы 66-й научной конференции. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – С. 866–873.

9. Панферов, В.И. Об оптимальной температуре теплоносителя в теплотранспортных системах / В.И. Панферов, О.Ф. Гавей // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2013. – Т. 13. – № 1. – С. 63–66.

10. Панферов, В.И. Об оптимальном управлении температурой теплоносителя в тепловых сетях / В.И. Панферов, О.Ф. Гавей // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2014. – Т. 14. – № 1. – С. 65–70.

Панферов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), tgsiv@susu.ac.ru

Анисимова Елена Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), tgsiv@susu.ac.ru

Панферов Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), tgsiv@susu.ac.ru

Поступила в редакцию 7 августа 2015 г.

DOI: 10.14529/build150407

EFFICIENT ENERGY SAVING SOLUTIONS DURING HEAT SUPPLY IN BUILDINGS

V.I. Panferov, E.Yu. Anisimova, S.V. Panferov

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, tgsiv@mail.ru

The article deals with topical issues of energy saving during heat supply in buildings. The authors have proposed effective measures which reduce power consumption when supplying heat in buildings, namely, realization of adaptive control of heating in buildings; pulsed weather algorithm for control of the heating system; optimal mode of intermittent heating of the building; optimum temperature of the heat transfer agent in the heat networks; energy-saving measures in ventilation systems. The developed adaptive control of the heating system enables us to compensate the disturbing effect for temperature conditions of buildings (outdoor temperature), taking into account the actual thermal performance of buildings and their heating systems. Pulsed weather control algorithm for the elevator heating eliminates “overheating” of buildings both in a “bad” weather chart and

in the period of its “turning off”. The optimal mode of intermittent heating of the building can be implemented in various buildings, where reduction in the temperature of indoor air outside working hours is allowed. This is accompanied by heat energy saving while ensuring the required parameters of the microclimate during working hours. The efficiency of the optimal mode of intermittent heating compared to other well-known algorithms of heating systems control is proved. Moreover, the use of an optimal mode of intermittent heating in case of independent heat sources is justified. The authors have solved the problem of optimum temperature of the heat transfer agent in the heat networks that can reduce heat loss during transportation of the heat agent and minimize the energy costs for its pumping.

Keywords: energy saving in heat supply, resource saving, thermal resources saving, economical modes of heating, efficient modes of ventilation, control of thermal conditions in the building, optimization of thermal conditions.

References

1. Panferov S.V., Panferov V.I. [Weather compensator for heating systems with silo accession]. *Teoreticheskiye osnovy teplogazosnabzheniya i ventilyatsii: sb. dokl. V Mezhdunarodnoy nauchno-tekhn. konf* [Theoretical fundamentals of heat and ventilation: collection of reports of the V International scientific-technical conference]. Moscow, MGSU Publ., 2013, pp. 140–144 (in Russ.).
2. Panferov S.V., Panferov V.I. [Weather pulse compensator for elevators heating systems]. *S.O.K. (Santekhnika. Otopleniye. Konditsionirovaniye): yezhemesyachnyy spetsializirovannyi zhurnal* [S.O.K. (Plumbing. Heating. Air conditioning): a monthly specialized magazine]. Moscow, 2013. no. 12, pp. 45–47 (in Russ.).
3. Panferov S.V., Panferov V.I. [The task of structural-parametric synthesis of automatic regulators of technological processes]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer technology, control, radioelectronics*, 2014, vol. 14, no. 1, pp. 29–38 (in Russ.).
4. Panferov V.I., Panferov S.V. [One solution to the problem of structurally-parametric synthesis of automatic regulators]. *Sistemy avtomatizatsii v obrazovanii, nauke i proizvodstve: Trudy IX Vserossiyskoy nauchno-prakt. konf* [Automation systems in education, science and industry: Proceedings of IX all-Russian scientific-practical. Conf.]. Novokuznetsk, SibGIU Publ., 2013, pp. 297–301 (in Russ.).
5. Panferov S.V., Panferov V.I. [Automatic control of heating systems with silo accession]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer technology, control, radioelectronics*, 2013, vol. 13, no. 1, pp. 42–47 (in Russ.).
6. Anisimova E.Yu. [Software for calculation of optimum modes of intermittent heating of buildings]. *Matematicheskoye i programmnoye obespecheniye sistem v promyshlennoy i sotsial'noy sferakh* [Mathematical and software support of systems in industrial and social spheres]. Magnitogorsk, MGTU Publ., 2014, no. 1 (4), pp. 66–71 (in Russ.).
7. Anisimova E.Yu. [The effectiveness of microclimate control in buildings after hours]. *S.O.K. (Santekhnika. Otopleniye. Konditsionirovaniye): yezhemesyachnyy spetsializirovannyi zhurnal* [S.O.K. (Plumbing. Heating. Air conditioning): a monthly specialized magazine]. Moscow, 2014, no. 2, pp. 72–78 (in Russ.).
8. Anisimova E.Yu. [Energy saving in heating systems]. *Nauka YUUrGU: materialy 66-y nauchnoy konferentsii* [SUSU science: proceedings of 66th scientific conference]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2014, pp. 866–873 (in Russ.).
9. Panferov V.I., Gavey O.F. [The optimal temperature of the coolant in heat-transfer systems]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction and Architecture*, 2013, vol. 13, no. 1, pp. 63–66 (in Russ.).
10. Panferov V.I., Gavey O.F. [On the optimal control of ow temperature in heating networks]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer technology, control, radioelectronics*, 2014, vol. 14, no. 1, pp. 65–70 (in Russ.).

Received 7 August 2015

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Панферов, В.И. Эффективные энергосберегающие решения при теплоснабжении зданий / В.И. Панферов, Е.Ю. Анисимова, С.В. Панферов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2015. – Т. 15, № 4. – С. 40–48. DOI: 10.14529/build150407

FOR CITATION

Panferov V.I., Anisimova E.Yu., Panferov S.V. Efficient Energy Saving Solutions During Heat Supply in Buildings. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2015, vol. 15, no. 4, pp. 40–48. (in Russ.). DOI: 10.14529/build150407