

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

УДК 62-524:621.643.43

DOI: 10.14529/build190107

РЕЖИМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

О.В. Кабанов

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск, Россия

Настоящая статья посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям теплофизических свойств объектов для определения требуемой мощности источника тепла, а также разработке алгоритма энергосберегающего управления автономной системой теплоснабжения. Описаны основные достоинства разработанной установки, которая позволяет без использования различного климатического оборудования, устанавливаемого вне отапливаемого объекта, определять оптимальное время включения системы теплоснабжения на разогрев к нужному моменту времени по коэффициенту активной работы, а в случае отсутствия коэффициента активной работы системы теплоснабжения – определять оптимальное время включения системы теплоснабжения на разогрев по времени изменения температуры внутри объекта.

Ключевые слова: автономная система теплоснабжения, датчик температуры, теплофизические свойства объекта, энергосбережение.

Введение

Одним из важных моментов для создания системы теплоснабжения объекта является выбор требуемой мощности источника тепла. Выбор зависит от размеров и теплофизических свойств конструкции помещения, окружающей среды. Актуальным для повышения энергоэффективности является и поиск новых технических решений управления теплоснабжением на основе микропроцессорных устройств управления.

Основная часть

Для проведения исследований было выбрано несколько объектов, для которых на основании справочных данных материалов строительных конструкций проведен расчёт требуемой мощности источника тепла, используемого для теплоснабжения объекта.

Расчётные тепловые потери для отдельных элементов конструкций объекта определялись по формуле

$$P = \frac{1}{R} \cdot S(T_{\text{в}} - T_{\text{окр}}) \cdot n \cdot (1 + m),$$

где R – сопротивление теплопередачи материала; S – площадь поверхности; $T_{\text{в}}$ – температура, поддерживаемая внутри объекта; $T_{\text{окр}}$ – температура окружающего воздуха; n – понижающий коэффициент, m – повышающий коэффициент определяются согласно справочным данным [1, 2].

Расчётная расходуемая мощность источника теплоснабжения для заданной температуры в помещении определялась по сумме расчётных значений тепловых потерь для отдельных элементов конструкции объекта.

В экспериментах расходуемая мощность для температур $T_{\text{в}}$ и $T_{\text{окр}}$ за время исследований объекта определялась согласно зависимости:

$$P_{\text{рас}} = P_{\text{уст}} \frac{t_{\text{раб}}}{t_{\text{под}}},$$

где $P_{\text{уст}}$ – номинальная мощность источника теплоснабжения, $t_{\text{раб}}$ – время активной работы источника теплоснабжения, $t_{\text{под}}$ – время эксперимента при поддержании установленной температуры $T_{\text{в}}$ в помещении.

Отклонение расчётных значений мощности источника тепла от экспериментальных данных составляло для различных объектов от нескольких до десятка процентов. Сравнительный анализ расчётных результатов и экспериментальных данных позволил сделать вывод о частичном несоответствии расчётных значений требуемой мощности для теплоснабжения объекта по отношению к реальным. Это вызвано различными причинами, среди которых: дефекты ограждающих конструкций (щели, трещины и т. д.), некачественные материалы, несоблюдение норм и требований по утеплению объекта и др. Так, например, во время прове-

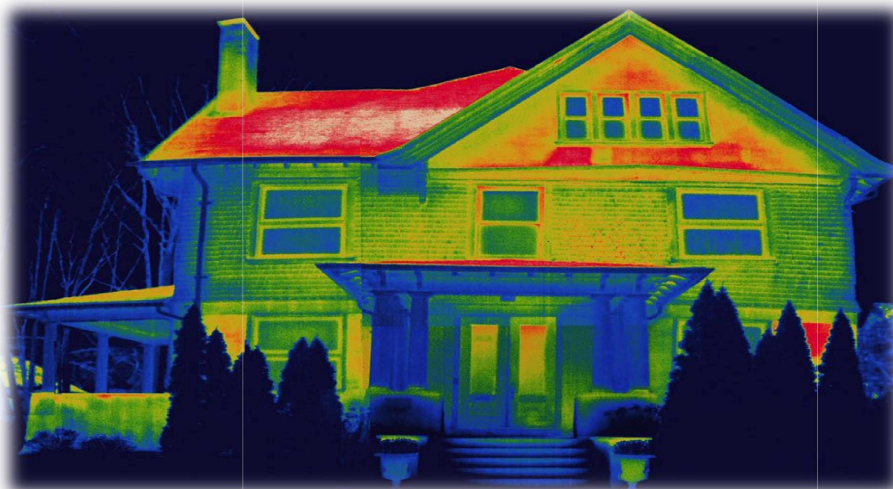


Рис. 1. Результат тепловизионного обследования объекта

дения тепловизионного обследования объектов (рис. 1) можно увидеть участки ограждающих конструкций, наиболее сильно теряющие тепло – это в первую очередь окна. По данным [3] тепловые потери через ограждающие конструкции распределяются следующим образом: стены – 30 %, кровля – 14 %, пол – 12 %, окна – 44 %. Данные потери через ограждающие конструкции объекта в основном связаны с инфильтрацией. Тепловые потери зависят, как правило, от инфильтрации в помещение холодного наружного воздуха, а также, скорости воздушного потока снаружи. Воздух в помещение поступает через ограждающие конструкции, имеющие пористые структуры, но основная его часть поступает через неплотности окон.

Отклонение экспериментальных результатов исследования от теоретических расчетов позволяет сделать вывод об актуальности и целесообразности применения управления теплоснабжением с учетом всех влияющих на объект факторов.

На сегодняшний день большинство фирм, занимающихся установкой автоматизированных систем управления теплоснабжением, обычно используют системы управления, осуществляющие только измерение температуры вне объекта теплоснабжения – это так называемые погодные регуляторы температуры. Управление лишь по окружающей температуре без учета других влияющих факторов приводит к возникновению несоответствий в управлении теплоснабжением, что, в свою очередь, приводит к неоптимальному регулированию теплового режима объекта. По данным источников [4–6] для реализации энергоэффективной системы автономного теплоснабжения необходимо учитывать все возмущающие воздействия на тепловой режим данного объекта теплоснабжения. Тепловой режим отапливаемых помещений определяется как результат совокупного влияния непрерывно изменяющихся внешних и внутренних

возмущающих воздействий. На сегодняшний день к внешним возмущающим воздействиям относятся, кроме температуры окружающего воздуха, скорость и направление ветра, интенсивность солнечной радиации, влажность воздуха. К внутренним возмущающим воздействиям в жилых зданиях относятся выделения тепла от работы электрического оборудования, тепло, выделяемое человеческим телом и т. д. [7–11]. Для учёта внешних возмущающих воздействий необходимо различное климатическое оборудование, устанавливаемое вне объекта теплоснабжения [7–11].

Согласно [12] на температуру в помещении существенно влияет ветер, особенно в тех зданиях, которые расположены на открытых территориях, алгоритм управления, который учитывает влияние ветра, обеспечивает до 10 % экономии тепловой энергии. Для учёта возмущающего воздействия на объект скорости воздушного потока (ветра) используют термоанемометры. Рабочий диапазон данных средств измерения от 0,3 м/с до 20 м/с, погрешность составляет 1 %, межповерочный интервал данных средств измерения составляет 1 год. На рис. 2 представлен внешний вид термоанемометра.



Рис. 2. Термоанемометр

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха...

Для определения внешней окружающей температуры за пределами объекта теплоснабжения в настоящее время большинство разработчиков систем отопления используют термосопротивления. В качестве примера можно назвать термопреобразователи сопротивления ДТС125л с выходным сигналом в виде тока от 4 до 20 мА. На рис. 3 представлен внешний вид термосопротивления ДТС125л.

Класс точности термопреобразователей от 0,5 до 1 %, рабочий диапазон температур лежит в пределах от -50 до 125 °С, межповерочный интервал

составляет 2 года. Для исключения попадания солнечных лучей на датчики температуры используются защитные экраны. На рис. 4 представлен экран для защиты от солнечных лучей.

Для измерения влажности воздуха вне объекта теплоснабжения используются пассивные или активные канальные датчики влажности (рис. 5).

Рабочий диапазон составляет от 0 до 100 %, погрешность – 2 %, межповерочный интервал – 2 года.

Для определения интенсивности солнечной радиации в диапазоне от 0 до 1000 Вт/м² применяются датчики (рис. 6).



Рис. 3. Термопреобразователи сопротивления ДТС125л



Рис. 4. Экран для защиты термопреобразователей от солнечных лучей



Рис. 5. Внешний вид датчика для определения влажности воздуха



Рис. 6. Внешний вид датчика солнечной радиации

Рабочий диапазон составляет от 0 до 1000 Вт/м², погрешность таких средств измерения – 1 %, межповерочный интервал – 1 год.

Несмотря на более точное управление теплоснабжением, установка, настройка, поверка климатического оборудования, учитывающего внешние возмущающие воздействия, введение соответствующих управляющих цепей вносят дополнительные затраты, что в конечном результате отражается на стоимости необходимого оборудования при его установке и эксплуатации, а также на периоде его окупаемости [13–17].

В нерабочее время в общественно-административных, производственных зданиях, в жилых домах при отсутствии людей температура воздуха в помещениях может быть значительно снижена, то есть возможен так называемый режим прерывистого отопления, для реализации которого следует обеспечить восстановление комфортной температуры к началу использования помещения или к началу рабочего дня, при этом актуальным является обеспечение минимальных затрат энергии для разогрева помещения с пониженной температуры до требуемой. Для выполнения этого условия необходимо определить вид зависимости, по которой возможно учитывать все влияющие факторы на тепловой режим помещения, управлять температурным режимом здания в переходном процессе, чтобы потребление тепловой энергии было минимальным. Как уже отмечалось, для выхода в нужный момент времени на стационарный режим необходимо учитывать все влияющие на тепловой режим здания факторы, так как только в этом случае удастся точно определить интервал времени с момента включения системы теплоснабжения на разогрев до заданной температуры [18–24]. На рис. 7 представлен температурный режим объекта при прерывистой системе теплоснабжения.

Актуальной для существующих систем управления тепловым режимом объекта является проблема определения минимального интервала времени для повышения температуры в помещении до номинальной к моменту начала использования объекта.

Авторами данной статьи разработан алгоритм для определения оптимального времени разогрева помещения (с учётом всех возмущающих воздействий на объект) с помощью коэффициента актив-

ной работы системы теплоснабжения или времени снижения температуры внутреннего воздуха на 1°С без использования различного климатического оборудования, устанавливаемого вне отапливаемого объекта [25]. На рис. 8 представлена блок-схема разработанного алгоритма определения оптимального времени включения системы теплоснабжения на разогрев.

Блок-схема состоит из 16 блоков. В блоке 1 осуществляется ввод необходимых параметров для первоначальной работы алгоритма управления системой теплоснабжения, а именно T_{\min} – минимально допустимая температура поддержания внутри объекта теплоснабжения в режиме энергосбережения которая устанавливается по нормативным документам в зависимости от типа помещения, $T_{\text{ном}}$ – номинальная температура поддержания внутри объекта в период рабочего времени или момента присутствия людей в помещении, устанавливается по нормативным документам в зависимости от типа помещения, $t_{\text{эн}}$ – заданный момент времени с начала которого начинается режим энергосбережения (момент окончания рабочего дня или прихода людей), $t_{\text{нач.р}}$ – время начала рабочего дня или момента прихода людей в помещение, q_0 – экспериментальная, общая, удельная тепловая характеристика объекта, V – объём ограждающих конструкций объекта по внешнему обмеру, T_0 – постоянная времени остывания объекта, T_p – постоянная времени разогрева объекта, k_0 – общий экспериментальный коэффициент теплопередачи объекта, $P_{\text{нет}}$ – номинальная мощность источника теплоснабжения. В блоке 2 осуществляется режим энергосбережения Ф2 объекта теплоснабжения. В блоке 3 в динамическом режиме происходит подсчёт коэффициента активной работы системы теплоснабжения за последний час, который определяется по формуле

$$K_a = \frac{t_{\text{раб}}}{t_{\text{под}}} = \frac{P_{\text{загр}}}{P_{\text{уст}}}.$$

Для определения K_a используется динамический массив, состоящий из 3600 ячеек, каждую секунду анализируется состояние известной переменной, которая означает текущее состояние устройства, включено оно или выключено, далее каждую секунду производится запись состояния переменной в соответствующую ячейку, с последующим

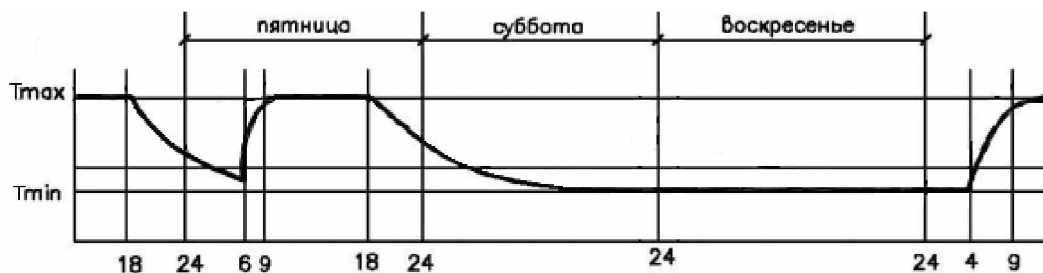


Рис. 7. Температурный режим производственного объекта при прерывистой системе теплоснабжения

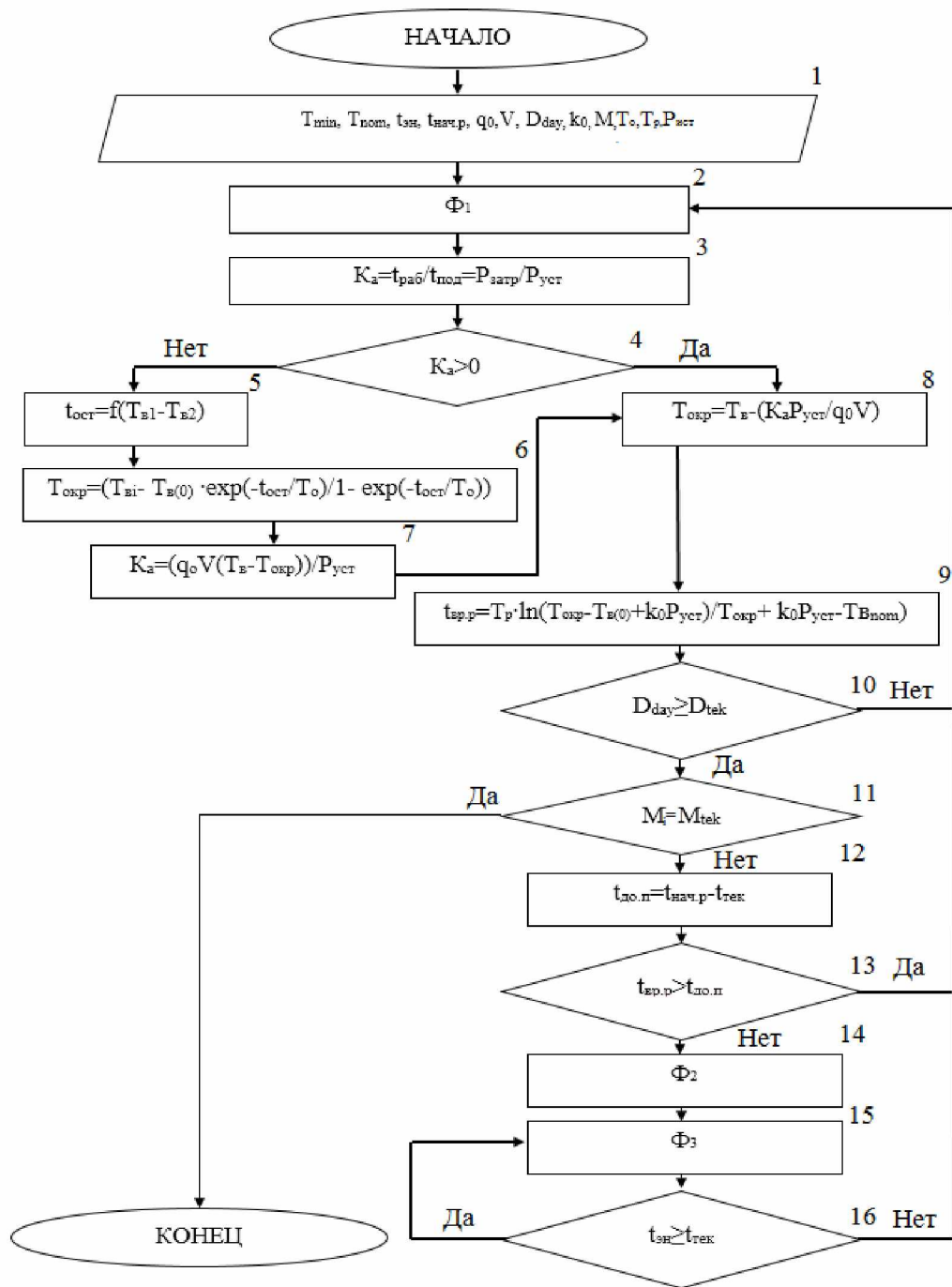


Рис. 8. Блок-схема алгоритма определения оптимального времени разогрева объекта

усреднением). В формуле $P_{уст}$ – номинальная мощность системы теплоснабжения, $P_{загр}$ – затраченная мощность системы теплоснабжения на поддержание требуемой температуры за последний час работы, $t_{раб}$ – время активной работы системы теплоснабжения за последний час, $t_{под}$ – время поддержания температуры внутри объекта теплоснабжения. В блоке 4 проверяется условие «коэффициент активной работы системы теплоснабжения за последний час больше

нуля», если условие не выполняется, управление передается блоку 5, в котором определяется время остывания объекта на 1 °С, (данный блок работает, когда окончен рабочий день или человек покинул помещение, система перешла в режим энергосбережения и температура начала уменьшаться до минимальной температуры), $t_{ост} = f(T_{в1})$, $T_{в1}$ – температура в начальный момент времени остывания, $T_{в2}$ – изменение температуры на 1 °С.

В блоке 6 происходит определение расчётной окружающей температуры вне объекта теплоснабжения, полученной по времени остывания, по формуле

$$T_{\text{окр}} = \frac{T_{\text{в}i} - T_{\text{в}(0)} \cdot \exp\left(\frac{-t_{\text{ост}}}{T_o}\right)}{1 - \exp\left(\frac{-t_{\text{ост}}}{T_o}\right)}$$

Здесь $T_{\text{в}i}$ – температура внутри объекта в i момент времени, $T_{\text{в}(0)}$ – начальное значение внутренней температуры. В блоке 7 происходит подсчёт расчётного коэффициента активной работы по формуле

$$K_a = \frac{q_o V (T_{\text{в}} - T_{\text{окр}})}{P_{\text{уст}}}$$

далее управление передаётся блоку 8. В случае выполнения условия в блоке 4, в блоке 8 производится определение окружающей расчётной температуры вне отапливаемого объекта по формуле

$$T_{\text{окр}} = T_{\text{в}} - \frac{K_a \cdot P_{\text{уст}}}{q_o \cdot V}$$

В блоке 9 производится расчёт оптимального времени включения системы теплоснабжения на разогрев объекта к нужному моменту времени (с учётом всех возмущающих воздействий на объект за последний час) по формуле

$$t_{\text{вр.р}} = T_p \cdot \ln\left(\frac{T_{\text{окр}} - T_{\text{в}(0)} + k_0 P_{\text{уст}}}{T_{\text{окр}} + k_0 P_{\text{уст}} - T_{\text{вном}}}\right)$$

$T_{\text{вном}}$ – номинальная температура поддержания внутри объекта теплоснабжения. В блоке 10 происходит проверка условия «необходимо ли в текущий день недели производить разогрев объекта с минимально допустимой температуры до номинальной»: при невыполнении условия, управление передаётся в блок 2, при выполнении условия – в блок 12, где проверяется условие «необходимо ли в текущем месяце производить разогрев объекта» при выполнении условия происходит остановка алгоритма, при невыполнении – в блок 12, в котором производится подсчёт времени разогрева по формуле

$$t_{\text{до.п}} = t_{\text{нач.р}} - t_{\text{тек}}$$

$t_{\text{нач.р}}$ – время начала эксплуатации помещения, $t_{\text{тек}}$ – текущее время. В блоке 13 производится проверка условия «оптимальное время разогрева объекта к нужному моменту времени больше времени до начала эксплуатации помещения»: при выполнении условия управление передаётся в блок 2, при невыполнении условия в блоке 13 управление передаётся в блок 14, в котором производится разогрев объекта до номинальной температуры. В блоке 15 производится термостабилизация внутри объекта теплоснабжения. В блоке 16 происходит проверка условия «начальный момент времени перехода системы в режим энергосбережения

больше или равен текущему времени», при выполнении условия управление передаётся в блок 15, при невыполнении условия – в блок 2.

В среде программирования codesys 2.3 разработана реализующая алгоритм программа, которая позволяет без использования дополнительного климатического оборудования по коэффициенту активной работы системы теплоснабжения определять время включения системы теплоснабжения на разогрев с учётом всех действующих на объект возмущающих воздействий.

Программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- определяет в динамическом режиме коэффициент активной работы системы теплоснабжения за последний час;
- определяет по коэффициенту активной работы расчётную окружающую температуру вне отапливаемого помещения (объекта);
- определяет по коэффициенту активной работы за последний час время включения системы теплоснабжения на разогрев объекта (помещения) к нужному моменту времени;
- определяет день недели и необходимо ли производить разогрев объекта к нужному моменту времени и поддерживать оптимальную температуру внутри него;
- определяет время остывания объекта на 1 °С;
- по времени остывания объекта (в момент перехода на режим энергосбережения по окончании рабочего дня или ухода людей из помещения) на 1 °С определяет расчётную окружающую температуру вне отапливаемого помещения (объекта);
- по расчётной окружающей температуре, полученной при остывании объекта, определяется расчётный коэффициент активной работы;
- по расчётному коэффициенту активной работы определяется время включения системы теплоснабжения на разогрев объекта (помещения) к нужному моменту времени;
- определяет температурный режим поддержания внутри объекта (режим энергосбережения – поддержания минимально допустимой температуры или режим поддержания оптимальной температуры) в зависимости от заданного человеком;
- поддерживает температурный режим внутри помещения (объекта) в режиме дискретной термостабилизации.

Заключение

Предложенный алгоритм управления системой теплоснабжения направлен на снижение затрат энергоресурсов. В качестве основы разработанного алгоритма энергосбережения положено исследование активной работы системы теплоснабжения в режиме дискретной термостабилизации при минимально допустимой температуре поддержания внутри помещения (режим энергосбережения). Полученные результаты позволяют оптимизировать режимы работы системы тепло-

снабжения с различными принципами действия. Оснащение существующих автономных систем теплоснабжения устройствами с предлагаемым алгоритмом управления увеличивает срок эксплуатации оборудования, снижает затраты на оплату энергоресурсов.

Литература

1. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Книга вторая. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Р.В. Щекин и др. – 4-е изд., перераб. и доп. – Киев: Будівельник, 1976. – 416 с.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
3. Веснин, В.И. Инfiltrация воздуха и тепловые потери помещений через оконные проёмы / В.И. Веснин. – URL: elibrary.ru/item.asp?id=27169577 (дата обращения: 28.01.2016)
4. Panfilov, S.A. Thermal Mode Calculation Technique for Thermal Syphone with Two-Component Heat Carrier / S.A. Panfilov, Yu.A. Fomin, O.V. Kabanov // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2017. – Vol. 12, Iss. 2 SI. – P. 6335–6338.
5. Panfilov, S.A. Energy Saving Algorithm for the Autonomous Heating Systems / S.A. Panfilov, O.V. Kabanov // *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*. – 2016. – Vol. 7, Issue 4. – P. 1395–1402.
6. Panfilov, S.A. Determination of Thermal-Physical Properties of Facilities / S.A. Panfilov, O.V. Kabanov // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2016. – Vol. 11, Issue 13. – P. 2925–2929.
7. Автоматизация систем теплоснабжения [Электронный ресурс]. – <http://gigabaza.ru/doc/99463.html> (дата обращения: 28.01.2016)
8. Система автоматического управления жизнеобеспечением спортивного комплекса. – <http://masters.donntu.org/2013/fkita/abakumov/diss/index.htm> (дата обращения: 28.01.2016)
9. Наиболее важные принципы создания систем теплоснабжения с использованием современного автоматизированного оборудования. – http://ruaut.ru/content/publikacii/ingener_system/naibolee-vazhnye-printsipy-sozdaniya-sistem-teplosnabzheniya-s-ispolzovaniem-sovremennogo-avtomatizatsii.html (дата обращения: 28.01.2016)
10. Некоторые проблемы энергосбережения и автоматизации в системах теплоснабжения зданий. – <http://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-problemy-energoberezheniya-i-avtomatizatsii-v-sistemah-teplosnabzheniya-zdaniy> (дата обращения: 28.01.2016)
11. Панферов, С.В. Некоторые проблемы энергосбережения и автоматизации в системах теплоснабжения зданий / С.В. Панферов, А.И. Телегин, В.И. Панферов // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника»*. – 2010. – № 22 (198). – С. 79–86.
12. Основные принципы построения систем теплоснабжения с применением современного оборудования автоматизации. – http://esco.co.ua/journal/2009_3/art111.htm (дата обращения: 28.01.2016)
13. Патент 2516114 РФ. МПК F24D 19/10. Автоматизированная система регулирования расхода теплоносителя для теплоснабжения группы потребителей / А.Г. Батухтин, М.В. Кобылкин, К.А. Кубряков. – Заявл. 16.11.2012; опублик. 20.05.2012, Бюл. № 14.
14. Патент 2599702 РФ. МПК F24D 19/10. Способ автоматического управления теплопотреблением здания в системе центрального теплоснабжения / А.В. Александров, В.П. Александров, А.Е. Журавлёв и др. Заявл. 23.09.2015; опублик. 10.10.2016, Бюл. № 28.
15. Патент 2196274 РФ. МПК F24D 19/10. Способ автоматического регулирования расхода тепла в системе центрального отопления здания / Д.А. Шнайдер, В.Ф. Посташкин, Л.С. Казаримов, М.В. Шишкин. – Заявл. 28.05.2001; опублик. 10.01.2003, Бюл. № 1.
16. Патент 2400796 РФ. МПК G05D 7/00. Устройство для автоматического регулирования теплопотребления / И.А. Камшанов. – Заявл. 15.06.2009; опублик. 27.09.2010, Бюл. № 27.
17. Патент 2599707 РФ. МПК F24D 19/10. Способ автоматического управления теплопотреблением здания в системе центрального теплоснабжения / А.В. Александров, В.П. Александров, А.Е. Журавлёв и др. – Заявл. 24.08.2015; опублик. 10.10.2016, Бюл. № 28.
18. Autonomous heating systems based on solid phase heat accumulators using night electric energy or and surplus energy from wind power stations and or solid fuel. – www.enterpriseurope.co.uk/content/search/profile-detail?Tech_Ref=12%20RU%2086FG%203P3H. (дата обращения: 16.12.2015)
19. O'Driscoll, G. *Manage Your Smart Home With An App!* / G. O'Driscoll. – Create Space Independent Publishing Platform, 2014. – 291 p.
20. Ziebig, A. *Energy Systems of Complex Buildings (Green Energy and Technology)* / A. Ziebig, K. Hoinka. – Springer, 2014. – 346 p.
21. Hollender, M. *Collaborative Process Automation Systems* / M. Hollender. – International Society of Automation, 2012. – 408 p.
22. *Fine Homebuilding, The Energy-Smart House*. Taunton Press, 2011. – 192 p.
23. *How to Reduce Your Home Energy Bills*. Centaur Media, 2014. – 163 p.
24. Yolande Strengers. *Smart Energy Technologies in Everyday Life: Smart Utopia*. Palgrave Macmillan, 2014. – 224 p.
25. Panfilov, S.A. Energy Saving Algorithm for the Autonomous Heating Systems / S.A. Panfilov, O.V. Kabanov // *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*. – 2016. – Vol. 7, Issue 4. – P. 1395–1402.

Кабанов Олег Владимирович, аспирант кафедры электроники и электротехники, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (Саранск), jhostmc@mail.ru

Поступила в редакцию 8 октября 2018 г.

DOI: 10.14529/build190107

POWER SAVING MODE FOR AUTONOMOUS HEAT SUPPLY SYSTEMS

O.V. Kabanov, jhostmc@mail.ru
Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russian Federation

This article is devoted to theoretical and experimental studies of thermal and physical properties of objects in order to determine the required power of the heat source, as well as to development of an algorithm for power-saving control of an autonomous heat supply system. Main advantages of the developed machinery are described. The machinery allows determining the optimal time for switch-on of the heating supply system by the desired time based on the coefficient of active work without any application of various climatic equipment installed outside the heated object. In case there is no coefficient of active operation of the heating supply system, the machinery determines the optimal time for switching on the heating system based on the time of temperature change inside the object.

Keywords: autonomous heat supply system, temperature sensor, thermal and physical properties of the object, power saving.

References

1. Shchekin R.V. *Spravochnik po teplosnabzheniyu i ventilyatsii. Kniga vtoraya. Ventilyatsiya i konditsionirovaniye vozdukha* [Reference Book on Heating Supply and Ventilation. The Second Book. Ventilation and Air Conditioning]. Kiyev, Budivel'nik Publ., 1976. 416 p.
2. SP 50.13330.2012. *Teplovaya zashchita zdaniy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-02-2003* [Thermal Protection of Buildings. Updated Version of Construction Norms and Regulations 23-02-2003], 2013.
3. *Infil'tratsiya vozdukha i teplovyye poteri pomeshcheniy cherez okonnyye proyemy*. [Infiltration of Air and Thermal Losses of Rooms through Window Openings]. Available at: URL: elibrary.ru/item.asp?id=27169577 (accessed 28.01.2016)
4. Panfilov S.A., Fomin Yu.A., Kabanov O.V. [Thermal Mode Calculation Technique for Thermal Syphon with Two-Component Heat Carrier]. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2017, vol. 12, iss. 2 SI, pp. 6335–6338. DOI: 10.3923/jeasci.2017.6335.6338
5. Panfilov S.A., Kabanov O.V. [Energy Saving Algorithm for the Autonomous Heating Systems]. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*, 2016, vol. 7, iss. 4, pp. 1395–1402.
6. Panfilov S.A., Kabanov O.V. [Determination of Thermal-Physical Properties of Facilities]. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2016, vol. 11, iss. 13, pp. 2925–2929. DOI: 10.3923/jeasci.2016.2925.2929
7. *Avtomatizatsiya sistem teplosnabzheniya* [Automation of Heating Systems]. Available at: <http://gigabaza.ru/doc/99463.html> (accessed 28.01.2016)
8. *Sistema avtomaticheskogo upravleniya zhizneobespecheniyem sportivnogo kompleksa* [System of Automatic Control of Life Support of a Sports Complex]. Available at: <http://masters.donntu.org/2013/fkita/abakumov/diss/index.htm> (accessed 28.01.2016).
9. *Naibolee vazhnyye printsipy sozdaniya sistem teplosnabzheniya s ispol'zovaniyem sovremennogo avtomatizirovannogo oborudovaniya* [The Most Important Principles of Creation of Systems of Heat Supply with Use of the Modern Automated Equipment]. Available at: URL: http://ruaut.ru/content/publikacii/ingener_system/naibolee-vazhnyye-printsipy-sozdaniya-sistem-teplosnabzheniya-s-ispolzovaniem-sovremennogo-avtomatizirovaniya.html (accessed 28.01.2016).
10. *Nekotoryye problemy energosberezheniya i avtomatizatsii vsistemakh teplosnabzheniya zdaniy* [Some Problems of Energy Saving and Automation of Systems of Heat Supply of Buildings]. Available at: URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-problemy-energoberezheniya-i-avtomatizatsii-v-sistemah-teplosnabzheniya-zdaniy> (accessed 28.01.2016).
11. Panferov S.V., Telegin A.I., Panferov V.I. [Some Problems of Energy Saving and Automation of Buildings Heat Systems]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control & Radioelectronics*, 2010, no. 22 (198), pp. 79–86. (in Russ.).

12. *Osnovnyye printsipy postroyeniya sistem teplosnabzheniya s primeneniym sovremennogo oborudovaniya avtomatizatsii* [Basic Principles of Building Heat Supply Systems Using Modern Automation Equipment]. Available at: URL: http://esco.co.ua/journal/2009_3/art111.htm (accessed 28.01.2016)
13. Batukhtin A.G., Kobylkin M.V., Kubryakov K.A. *Avtomatizirovannaya sistema regulirovaniya raskhoda teplosnosytelya dlya teplosnabzheniya gruppy potrebiteley* [The Automated System of Flow Control of the Heat Carrier for Heat Supply of Group of Consumers]. Patent RF, no. 2516114, 2012.
14. Aleksandrov A.V., Aleksandrov V.P., Zhuravlëv A.E. *Sposob avtomaticheskogo upravleniya teplopotrebleniyem zdaniya v sisteme tsentral'nogo teplosnabzheniya* [The Method of Automatic Control of Heat Consumption of a Building in the Central Heating System]. Patent RF, no. 2599702, 2016.
15. Shnayder D.A., Postaushkin V.F., Kazarimov L.S., Shishkin M.V. *Sposob avtomaticheskogo regulirovaniya raskhoda tepla v sisteme tsentral'nogo otopeniya zdaniya* [Method for Automatic Control of Heat Consumption in the Central Heating System of a Building]. Patent RF, no. 2196274, 2003.
16. Kamshanov I.A. *Ustroystvo dlya avtomaticheskogo regulirovaniya teplopotrebleniya* [Device for Automatic Control of Heat Consumption]. Patent RF, no. 2400796, 2010.
17. Aleksandrov A.V., Aleksandrov V.P., Zhuravlëv A.E. *Sposob avtomaticheskogo upravleniya teplopotrebleniyem zdaniya v sisteme tsentral'nogo teplosnabzheniya* [The Method of Automatic Control of Heat Consumption of a Building in the Central Heating System]. Patent RF, no. 2599707, 2016.
18. [Autonomous Heating Systems Based on Solid Phase Heat Accumulators Using Night Electric Energy or and Surplus Energy from Wind Power Stations and or Solid Fuel]. Available at: <https://www.enterpriseurope.co.uk/content/search/profile-detail/?Tech Ref =12%20RU%2086FG%203P3H>. (accessed 16.12.2015).
19. O'Driscoll G. [Manage Your Smart Home with an App!]. Create Space Independent Publishing Platform, 2014. 291 p.
20. Ziebig A., Hoinka K. [Energy Systems of Complex Buildings (Green Energy and Technology)]. Springer, 2014. 346 p.
21. Hollender M. [Collaborative Process Automation Systems]. International Society of Automation, 2012. 408 p.
22. [Fine Homebuilding. The Energy-Smart House]. Taunton Press, 2011. 192 p.
23. [How to Reduce Your Home Energy Bills]. Centaur Media, 2014. 163 p.
24. [Yolande Strengers. Smart Energy Technologies in Everyday Life: Smart Utopia]. PalgraveMacmillan, 2014. 224 p.
25. Panfilov S.A., Kabanov O.V. [Energy Saving Algorithm for the Autonomous Heating Systems]. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*, 2016, vol. 7, iss. 4, pp. 1395–1402.

Received 8 October 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Кабанов, О.В. Режим энергосбережения для автономных систем теплоснабжения / О.В. Кабанов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2019. – Т. 19, № 1. – С. 52–60. DOI: 10.14529/build190107

FOR CITATION

Kabanov O.V. Power Saving Mode for Autonomous Heat Supply Systems. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2019, vol. 19, no. 1, pp. 52–60. (in Russ.). DOI: 10.14529/build190107
