

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

УДК 621.311.22.011

DOI: 10.14529/build190209

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В АВТОНОМНЫХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

О.В. Кабанов

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

Нормативные документы в области сбережения энергетических ресурсов ориентируют разработчиков систем теплоснабжения на поиск новых эффективных, энергосберегающих решений управления теплоснабжением. Настоящая статья содержит обзор существующих технологий энергосбережения в автономных системах теплоснабжения объектов, проведён анализ существующих технических решений и алгоритмов, в ходе которого было выявлено минимально необходимое оборудование в существующих энергосберегающих технологиях в автономных системах теплоснабжения для эффективного управления тепловым режимом. Предложены дополнительные возможности совершенствования систем энергосбережения, которые позволят повысить эффективность управления автономными системами теплоснабжения.

Ключевые слова: энергосбережение, технологии, автономное теплоснабжение, контроллер, тепловой режим.

Введение. По данным статистических исследований в России, в городской местности, обеспечены центральным отоплением 63 % жилых домов, остальные 37 % используют автономное теплоснабжение. В сельской местности центральным теплоснабжением обеспечены от 16 до 33 % домовладений, а в остальных 67 % домов применяется автономное теплоснабжение [1]. Приведённые цифры подчеркивают важность научно-технических и технологических мероприятий, обеспечивающих снижение потребления энергетических ресурсов в автономных системах теплоснабжения, совершенствование технологий управления тепловым режимом объектов.

Основная часть. За последние годы согласно исследованиям, проводимым российскими и зарубежными авторами, опубликовано значительное количество работ, связанных с рассмотрением вопросов совершенствования режимов работы автономных (децентрализованных) систем теплоснабжения [1–23]. Особенностью децентрализованного теплоснабжения является независимое обеспечение теплом потребителя и возможность регулирования температуры внутри помещений. Автономные системы теплоснабжения применяются в индивидуальных домах, торговых павильонах, на автозаправочных станциях и других объектах, которые не могут быть подключены к централизованному теплоснабжению.

В отдельную группу можно выделить устройства, содержащие энергосберегающие системы регулирования подачи тепла в зависимости от влияющих факторов.

В работе [4] приведено описание управления теплопотреблением объекта, которое заключается в периодической подаче теплоносителя в систему отопления в виде импульса длительностью, меньшей или равной предварительно установленному периоду регулирования расхода теплоносителя, измерении температуры теплоносителя в обратной магистрали системы отопления здания и измерении температуры наружного воздуха. Процесс управления заключается в коррекции длительности импульса подачи теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха.

В работе [5] приведено описание способа, который включает измерение температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, температуры наружного воздуха и воздуха внутри здания, расхода теплоносителя через систему отопления и последующую корректировку расхода теплоносителя, поступающего из тепловой сети, регулирующим клапаном, управляемым регулятором. Температуру теплоносителя в подающем трубопроводе поддерживают согласно зависимости определяемой экспериментально требуемой тепловой мощности источника тепла для данной температуры наружного воздуха.

В работе [6] приведено описание устройства,

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха...

содержащего водоструйный элеватор, потребитель тепла, блок измерения расхода и температуры теплоносителя в подающей магистрали, тепловычислитель, датчик давления теплоносителя, ограничитель давления, датчик средневзвешенной температуры внутренней среды, датчик температуры окружающей среды, блок измерения расхода и температуры теплоносителя в обратной магистрали и блок управления теплоснабжением.

В работе [7] оптимизация температурных режимов общественно-административных и производственных зданий осуществляется с помощью решения задачи параметрической идентификации математической модели теплового режима здания, которая учитывает теплоинерционные свойства ограждения, изменения наружной температуры в зависимости от времени. С помощью данной модели определяется зависимость внутренней температуры от внешних климатических условий, характеристик здания и параметров системы теплоснабжения. Данная зависимость определяет алгоритм управления режимом прерывистого отопления.

Приведём также описание управления теплоснабжением, указанного в работе [8]. Способ заключается в определении времени нагрева объекта, исходя из построенной математической модели, которая представляет собой дифференциальное уравнение с начальными условиями. Приведен способ численного решения уравнения. Постоянная времени разогрева определяется по результатам решения уравнения, исходя из нормативных значений и данных об окружающей температуре.

Отметим, что для реализации данного управления также необходимо климатическое оборудование.

В другую группу можно выделить устройства, реализующие один из наиболее активно развивающихся способов оптимизации энергопотребления в отопляемых сооружениях, а именно применение систем с предустановленными в них с помощью вычислительных управляющих устройств (контроллеров) алгоритмами управления, обеспечивающими погодозависимое регулирование [9–11, 20]. Использование контроллеров в системах автономного теплоснабжения для поддержания требуемой температуры воздуха в помещении приобретает всё большее значение в связи с ростом тарифов на энергоресурсы. Контроллеры для автоматизированного управления выпускаются как отечественными, так и зарубежными производителями. На сегодняшний день наиболее известны контроллеры систем теплоснабжения фирмы «Honeywell», выпускающей электронные системы управления и автоматизации, контроллеры российской фирмы «ОВЕН», производящей оборудование для автоматизации, контроллеры для автоматизированных систем управления, выпускаемые швейцарской фирмой «Т. А. С», контроллеры фирм «Тритон», «Automix», «Siemens», «Контар», «EQJW», «Danfos», «Smile SDC», «RVD230» и другие [9, 12, 13, 21]. Выпускаемые различными производителями контроллеры имеют широкие возможности для управления теплоснабжением.

На рис. 1 представлена структурная схема управления автономной системой теплоснабжения.



Рис. 1. Структурная схема управления автономной системой теплоснабжения

На рис. 2 представлен график регулирования температуры внутри объекта в различные периоды времени.

Для энергосбережения и комфортных условий внутри отапливаемого помещения контроллер с предустановленным в нём алгоритмом должен обладать возможностью реализации нескольких функций [10, 14, 15]: управление источником теплоснабжения; управление тепловой мощностью источника теплоснабжения; пофасадное (погодозависимое) регулирование системы теплоснабжения; термостатирование создание определённого температурного режима внутри отапливаемого помещения; раздельное регулирование отдельных частей системы теплоснабжения; дистанционное регулирование температуры. Кроме того, система теплоснабжения должна обладать минимальной инерционностью.

Рассмотрим более подробно обсуждаемые опции.

Функция управления источником тепла подразумевает возможность создания нескольких режимов теплоснабжения: режим поддержания оптимальной температуры, режим поддержания минимально допустимой температуры в нерабочее время, динамический режим, при котором происходит интенсивный разогрев помещения до требуемой температуры к определённому моменту времени. Реализацию таких режимов осуществляют контроллеры с предустановленным алгоритмом действий фирм Honeywell, CMT727D1016, ELCO, WesterHeating, Siemens и др. [9, 12, 13, 22].

Под управлением тепловой мощностью понимается способность системы обеспечить регулирование необходимой мощности источника тепла. Например, для электрических систем теплоснабжения при производстве закладывается 2–3 ступени мощности. Каждая ступень мощности снабжена отдельным нагревательным элементом, и управление происходит независимо от другой ступени. Для реализации регулирования тепловой мощности автономной системы теплоснабжения хорошо зарекомендовали себя устройства фирмы CRYDOM [9, 12, 13].

Пофасадное (погодозависимое) регулирование достигается с помощью контроллера, обладающего возможностями многоступенчатого управления, а также способностью системы производить автоматическое регулирование и поддерживать оптимальную температуру внутри отапливаемого объекта в зависимости от различных климатических параметров. Большинство погодозависимых контроллеров для определения требуемой мощности для поддержания оптимальной температуры внутри отапливаемого объекта используют оборудование, определяющее интенсивность внешних возмущающих воздействий: датчики внешней температуры, датчики определения скорости воздушного потока, датчики определения солнечной радиации и другое климатическое оборудование, – исходя из показаний которых, определяются необходимые затраты тепла, требующиеся для поддержания определённой температуры внутри отапливаемого объекта либо отдельной

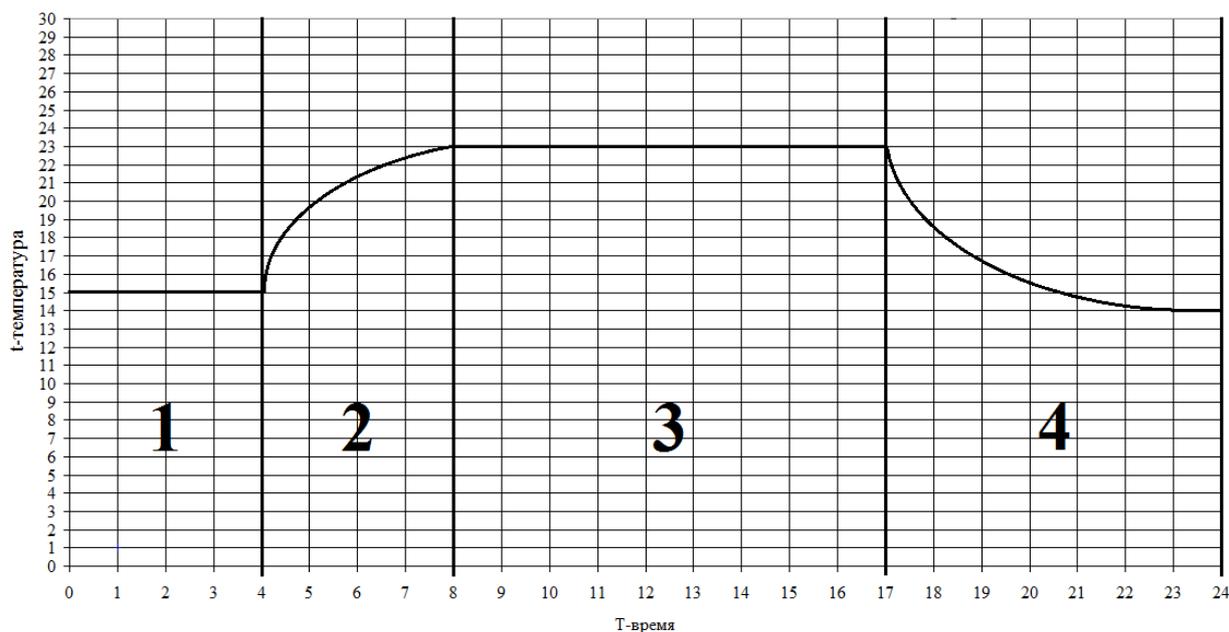


Рис. 2. График регулирования температуры внутри отапливаемого объекта в различные периоды времени: 1 – режим работы системы теплоснабжения на поддержание установленной минимально допустимой температуры внутри объекта; 2 – режим разогрева объекта с минимально допустимой температуры до номинальной; 3 – режим поддержания оптимальной температуры; 4 – переход к режиму энергосбережения (снижение температуры внутри объекта до минимально допустимой)

его части в данный момент времени. Таким образом, в погодозависимых контроллерах температура теплоносителя либо мощность источника, задаются в зависимости от внешних возмущающих воздействий. Например, в погодозависимом контроллере производства немецкой фирмы KromSchroder [9, 12, 13] существуют отопительные кривые, которые автоматически подстраиваются под объект управления в течение определённого времени в зависимости от внешних возмущающих воздействий.

Возможность создания определённого температурного режима в отапливаемом помещении заключается в поддержании определённой температуры в контуре системы теплоснабжения внутри объекта или определённой его части согласно установленной программе. Программное регулирование выполняет функцию поддержания определённой температуры внутри объекта в момент присутствия людей, а когда люди отсутствуют, происходит включение пониженного режима (режим защиты от промерзания или режим поддержания минимально допустимой температуры для данного объекта). На отечественном рынке представлены программируемые логические контроллеры для создания определённого температурного режима таких производителей, как OWEN, Honeywell, KromSchroder [9, 12, 13].

Раздельное регулирование отдельных частей системы отопления помещений заключается в регулировании подсистем [2, 16–18]. Такой режим управления актуален, когда отапливаемые помещения используются периодически. В качестве примера приведём автономное теплоснабжение частного дома, в котором первый этаж жильцами используется постоянно, а второй – в ночное время, вследствие чего активное теплоснабжение подсистемы, находящейся на втором этаже, можно производить периодически – в ночное время.

Дистанционное управление системой теплоснабжения позволяет достичь определённых преимуществ (дополнительного комфорта), в случае если объект или помещение посещаются нерегулярно. Режим реализуется с помощью СМС-команд и интерфейса RS-232, в некоторых системах данное управление осуществляется с помощью Ethernet. В современных программируемых логических контроллерах управления теплоснабжением также существует опция удалённого мониторинга текущего состояния отапливаемого объекта либо отдельной его части, для своевременного предотвращения внештатных ситуаций [9, 12, 13].

Минимальная инерционность системы теплоснабжения – данная способность позволяет повысить скорость протекания переходных процессов (разогрев и остывание теплоносителя) в котлах и приборах теплоснабжения. При высокой инерционности автономных систем теплоснабжения возможны перерегулирование, колебательный харак-

тер, большая длительность переходных процессов. Данные процессы приводят к малоэффективному управлению и уменьшению срока эксплуатации оборудования, выходу его из строя.

Стоит также отметить, что на сегодняшний день существует значительное количество умных регуляторов температуры NetAtmo, Salus iT500 Wi-Fi, Zont H-2, Ecobee3 SmartWi-FiThermostat, NestLearningThermostat и других фирм широкое распространение получил термостат, разработанный инженером компании Apple Тони Фэдделлом, компактный регулятор комнатной температуры NestLearningThermostat (самообучаемый), который направлен на оптимальное регулирование температуры внутри помещения [19]. Термостат производит программирование самого себя под предпочтения жильцов, исходя из полученных данных в течение последней недели. По полученным данным термостат строит график поддержания комфортной температуры. При поступлении солнечной радиации внутрь отапливаемого помещения термостат подстраивает график системы теплоснабжения с учётом теплопоступлений. Также у данного устройства есть опция разогрева объекта, которая производится следующим образом: в течение недели при достижении оптимальной температуры устройство записывает в памяти данное время и использует его для последующего включения системы на разогрев. По заявлению производителя, для достижения полноценного обучения термостата он должен быть подключен не менее одного месяца. Умный термостат имеет следующие функции: Auto-Away – по размещённому датчику присутствия человека определяется, когда необходимо переключение режимов работы системы теплоснабжения.

Auto-Schedule – по полученным значениям предпочитаемой владельцами помещения температуры в течение недели составляется расписание поддержания на следующую неделю. Time-to-Temp – определяется время, необходимое для разогрева помещения. TrueRadiant – данная функция определяет время разогрева при системе теплоснабжения радиаторного типа. Sunblock определяет, если на термостат попадают прямые солнечные лучи, и корректирует температуру. Leaf – задаваемая вручную температура для режима энергосбережения.

В работе [20] также приведено описание разработанного контроллера управления теплоснабжением. Данный контроллер работает в двух режимах управления: в ручном и автоматическом, способен поддерживать несколько режимов работы (режим пониженной температуры и режим номинальной температуры поддержания по отопительной кривой, которая соответствует теплофизическим характеристикам объекта). Температура теплоносителя устанавливается в зависимости от окружающей температуры и подстраивается всё время в зависимости от неё.

В ходе проведённого анализа существующих технических решений и алгоритмов было выявлено обязательное использование в управлении теплоснабжением датчика температуры и другого климатического оборудования для оценки влияющих факторов.

Проведённый анализ показал также, что имеются дополнительные возможности совершенствования систем управления, которые позволят повысить эффективность управления автономными системами теплоснабжения. В частности, актуальной для существующих систем управления тепловым режимом объекта является проблема определения оптимального интервала времени и, следовательно, момента начала переходного процесса повышения температуры на объекте до номинальной к заданному моменту времени [20–23].

Выводы

Использование систем управления на основе логических контроллеров с предустановленными в них алгоритмами работы позволяет экономить энергию в автономных системах теплоснабжения.

Дальнейшим развитием данного направления является применение энергосберегающих схемных решений для определения оптимального времени разогрева объектов, не содержащих в контуре регулирования датчиков температуры окружающей среды и другого климатического оборудования.

Литература

1. Кабанов, О.В. Энергосбережение в автономных системах теплоснабжения / О.В. Кабанов, С.А. Панфилов // XLV Огарёвские чтения. – Саранск: МГУ Огарёва, 2015. – С. 278–283.
2. Кабанов, О.В. Аналитический обзор методов оценки (измерения) теплофизических характеристик исследуемого объекта / О.В. Кабанов, С.А. Панфилов, О.А. Андропова // Актуальные вопросы науки и техники. – Самара; М.: ИЦРОН, 2016. – С. 107–111.
3. 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; опубл. 10.10.2016, Бюл. № 28.
4. Патент № 2196274. РФ. МПК F24D 19/10. Способ автоматического регулирования расхода тепла в системе центрального отопления здания. / Д.А. Шнайдер, В.Ф. Постаушкин, Л.С. Казаринов, М.В. Шишкин. – Заявл. 28.05.2001; опубл. 10.01.2003, Бюл. № 1.
5. Патент 2400796. РФ. МПК G05D 7/00. Устройство для автоматического регулирования теплопотребления / И.А. Камшианов. – Заявл. 15.06.2009; опубл. 27.09.2010, Бюл. № 27.
6. Анисимова, Е.Ю. Оптимизация температурных режимов общественно-административных и производственных зданий: дис. ... канд.

техн. наук / Елена Юрьевна Анисимова. – Челябинск, 2008. – 172 с.

7. Нагорная, А.Н. Математическое моделирование и исследование нестационарного теплового режима зданий: дис. ... канд. техн. наук / Анастасия Николаевна Нагорная. – Челябинск, 2008. – 150 с.

8. Порецкий, В.В. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: жилые здания со встроенно-пристроенными помещениями общественного назначения и стоянками автомобилей. Коттеджи: справ. пособие / В.В. Порецкий, И.С. Березович, Г.И. Стомахина. – М.: Пантори, 2003. – 308 с.

9. Разработка метода определения теплофизических свойств объектов / О.В. Кабанов, С.А. Панфилов, А.С. Хрёмкин, М.А. Бобров // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 5. – С. 253–256.

10. Охонская, Е.В. Характеристики разряда в тонких и супертонких люминесцентных лампах / Е.В. Охонская, А.В. Пантелеев, В.К. Самородов // Светотехника. – 2000. – № 5. – 21 с.

11. Пырков, В.В. Особенности современных систем водяного отопления / В.В. Пырков. – Киев: Таки справи, 2003. – 176 с.

12. Системы отопления. Проектирование и эксплуатация / А.Я. Ткачук, Е.С. Зайченко, В.А. Потапов, А.П. Цепелев. – Киев: Будівельник, 1985. – 136 с.

13. Бумагин, А.В. Автономное энергоэффективное отопление загородного дома / А.В. Бумагин // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2012. – № 3 (123). – С. 94–97.

14. Бумагин, А.В. Автономное энергоэффективное отопление загородного дома / А.В. Бумагин // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2011. – № 12 (120). – С. 90–93.

15. Кокорин, О.Я. Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции, отопления, кондиционирования / О.Я. Кокорин. – М.: Проспект, 1999. – 208 с.

16. Panfilov, S.A. Determination of thermal-physical properties of facilities / S.A. Panfilov, O.V. Kabanov // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – 11. – P. 2925–2929.

17. Кабанов, О.В. Альтернативные источники энергии и их перспективы / О.В. Кабанов, С.А. Панфилов // XX научно-практической конференция. – Саранск, 2016. – С. 164–169.

18. Nest Learning Thermostat – обучаемый термостат для дачи // MYSKU. – URL: <https://mysku.ru/blog/ebay/36246.html> (дата обращения: 26.05.2018).

19. Патент 50291. РФ. МПК F28F 13/00. Контроллер управления теплоснабжением / А.В. Обухов. – Заявл. 31.05.2005; опубл. 27.12.2005, Бюл. № 28.

20. Panfilov, S.A. Autonomous Power Supply System for Lighting Equipment / S.A. Panfilov, O.V. Kabanov // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – 12. – P. 8954–8958.

21. Panfilov, S.A. Method of a Building Object Thermophysical Property Determination / S.A. Panfilov, O.V. Kabanov // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2017. – 12 (Special Issue 11). – P. 9056–9060.

22. Panfilov, S.A. Thermal Mode Calculation Technique for Thermal Syphons with Two-Component Heat Carrier / S.A. Panfilov, Yu.A. Fo-

min, O.V. Kabanov // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2017. – 12 (Special Issue 2). – P. 6335–6338.

23. 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. – Iss. 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/build190209

OVERVIEW OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN AUTONOMOUS HEAT SUPPLY SYSTEMS

O.V. Kabanov, jhostmc@mail.ru

Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russian Federation

Regulatory documents in the sphere of conservation of energy resources target developers of heat supply systems to searching for new efficient, energy-saving solutions for heat supply management. This article provides an overview of existing energy-saving technologies in autonomous heat supply systems of objects, in which an analysis of existing engineering solutions and algorithms is carried out, during which the minimum necessary equipment in the existing energy-saving technologies in autonomous heat supply systems for efficient management of the thermal regime has been identified. Additional possibilities for improvement of energy-saving systems that will allow improving the efficiency of management of autonomous heat supply systems are proposed.

Keywords: energy saving, technologies, autonomous heat supply, controller, thermal regime.

References

1. Kabanov O.V., Panfilov S.A. [Energy Saving in Autonomous Heating Systems]. *XLV Ogarevskiy chteniya* [XLV Ogarevskiy Reading]. Saransk, MGU Ogareva Publ., 2015, pp. 278–283. (in Russ.)
2. Kabanov O.V., Panfilov S.A., Andronova O.A. [Analytical Review of Methods for Assessing (Measuring) the Thermophysical Characteristics of the Object under Study]. *Aktual'nyye voprosy nauki i tekhniki* [Actual Issues of Science and Technology]. Moscow, ITSRON Publ., 2016, pp. 107–111. (in Russ.)
3. Aleksandrov A.V., Aleksandrov V.P., Zhuravlev A.E. *Sposob avtomaticheskogo upravleniya teplopotrebleniyem zdaniya v sisteme tsentral'nogo teplosnabzheniya* [The Method of Automatic Control of Heat Consumption of the Building in the Central Heating System]. Patent RF, no. 2599702, 2016.
4. 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 a Central Heating System of a Building]. Patent RF, no. 2196274, 2003.
5. Kamshanov I.A. *Ustroystvo dlya avtomaticheskogo regulirovaniya teplopotrebleniya* [Device for Automatic Control of Heat Consumption]. Patent RF, no. 2400796.
6. Anisimova E.Yu. *Optimizatsiya temperaturnykh rezhimov obshchestvenno-administrativnykh i proizvodstvennykh zdaniy. Dis. kand. tekhn. nauk* [Optimization of Temperature Condition of Public Administration and Industrial Buildings. Cand. sci. diss.]. Chelyabinsk, 2008. 172 p.
7. Nagornaya A.N. *Matematicheskoye modelirovaniye i issledovaniye nestatsionarnogo teplovogo rezhima zdaniy* [Mathematical Modeling and Research of Non-Stationary Thermal Conditions of Buildings. Cand. sci. diss.]. Chelyabinsk, 2008. 150 p.
8. Poretskiy V.V., Berezovich I.S., Stomakhina G.I. *Otopleniye, ventilyatsiya i konditsionirovaniye vozdukh: zhilye zdaniya so vstroynno-pristroyennymi pomeshcheniyami obshchestvennogo naznacheniya i stoyankami*

avtomobiley. Kottedzhi: sprav. posobiye [Heating, Ventilation and Air Conditioning: Residential Buildings with Built-In and Attached Rooms for Public Use and with Car Parking]. Moscow, Pantori Publ., 2003. 308 p.

9. Kabanov O.V., Panfilov S.A., Khremkin A.S., Bobrov M.A. [Development of a Method for Determining the Thermophysical Properties of Objects]. *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Povolzh'ya* [Scientific and Technical Volga Region Bulletin]. Kazan', 2015, no. 5, pp. 253–256. (in Russ.)

10. Okhonskaya E.V., Panteleyev A.V., Samorodov V.K. [Discharge Characteristics in Thin and Superthin Fluorescent Lamps]. *Light & Engineering*, 2000, no. 5, pp. 21–22. (in Russ.)

11. Pyrkov V.V. *Osobennosti sovremennykh sistem vodyanogo otopleniya* [Features of Modern Water Heating Systems]. Kiev, Taki spravi Publ., 2003. 176 p.

12. Tkachuk A.Ya., Zaychenko E.S., Potapov V.A., Tsepelev A.P. *Sistemy otopleniya. Proyektirovaniye i ekspluatatsiya* [Heating systems. Designing and Operation]. Kiyev, Budivel'nik Publ., 1985. 136 p.

13. Bumagin A.V. [Autonomous Energy-Efficient Heating of a Country House]. *Santekhnika, otopleniye, konditsionirovaniye* [Plumbing, Heating, Air Conditioning]. 2012, no. 3 (123), pp. 94–97. (in Russ.)

14. Bumagin A.V. [Autonomous Energy-Efficient Heating of a Country House]. *Santekhnika, otopleniye, konditsionirovaniye* [Plumbing, Heating, Air Conditioning]. 2011, no. 12 (120), pp. 90–93. (in Russ.)

15. Kokorin O.Ya. *Energoberegayushchiye tekhnologii funktsionirovaniya sistem ventilyatsii, otopleniya, konditsionirovaniya* [Energy-Saving Technologies for the Functioning of Ventilation, Heating and Air Conditioning Systems]. Moscow, Prospekt Publ., 1999. 208 p.

16. Panfilov S.A., Kabanov O.V. Determination of Thermal-Physical Properties of Facilities. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2016, no. 11, pp. 2925–2929.

17. Kabanov O.V. [Alternative Energy Sources and Their Prospects]. *XX nauchno-prakticheskoy konferentsiya* [XX Scientific and Practical Conference]. Saransk, 2016, pp. 164–169. (in Russ.)

18. *Nest Learning Thermostat – obuchayemyy termostat dlya dachi* [Nest Learning Thermostat – Will Be Taught Thermostat for a Dachha]. Available at: <https://mysku.ru/blog/ebay/36246.html> (accessed: 26.05.2018).

19. Obukhov A.V. *Kontroller upravleniya teplosnabzheniyem* [Controller Management Heat Supply]. Patent RF no. 50291, 2005.

20. Panfilov S.A., Kabanov O.V. Autonomous Power Supply System for Lighting Equipment. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017, no. 12, pp. 8954–8958.

21. Panfilov S.A., Kabanov O.V. Method of a Building Object Thermophysical Property Determination. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2017, no. 12, iss. 11, pp. 9056–9060.

22. Panfilov S.A., Fomin Y.A., Kabanov O.V. Thermal Mode Calculation Tecnique for Thermal Syphone with Two-Component Heat Carrier. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2017, no. 12, iss. 2, pp. 6335–6338.

23. Panfilov S.A., Kabanov O.V. Energy Saving Algorithm for the Autonomous Heating Systems. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*, 2016, iss. 4, pp. 1395–1402.

Received 8 October 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Кабанов, О.В. Обзор технологий энергосбережения в автономных системах теплоснабжения / О.В. Кабанов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2019. – Т. 19, № 2. – С. 55–61. DOI: 10.14529/build190209

FOR CITATION

Kabanov O.V. Overview of Energy-Saving Technologies in Autonomous Heat Supply Systems. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2019, vol. 19, no. 2, pp. 55–61. (in Russ.). DOI: 10.14529/build190209