

Для цитирования: А.С. Гаврилов, А.Е. Сергеев. Меры по повышению энергоэффективности инженерных систем здания. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2021;48(2):73-80. DOI:10.21822/2073-6185-2021-48-2-73-80

For citation: A.S. Gavrillov, A. E. Sergeev. Measures to improve energy efficiency of building utility systems. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2021; 48(2):73-80. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2021-48-2-73-80

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА BUILDING AND ARCHITECTURE

УДК 697

DOI: 10.21822/2073-6185-2021-48-2-73-80

МЕРЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЯ

А.С. Гаврилов, А.Е. Сергеев

Казанский государственный энергетический университет,
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51, Россия

Резюме. Цель. Целью исследования является определение путей повышения уровня энергоэффективности за счет проведения комплексного анализа инженерных систем дома с учетом существующей модели энергообеспечения и контроля показателей влияния на эффективность работы инженерно-технического оборудования. **Метод.** Основная методика базируется на обследовании уровня энергетической эффективности систем отопления и горячего водоснабжения. **Результат.** В статье рассмотрено понятие энергетической эффективности здания, класса энергоэффективности, основные инженерные системы жилого дома, показатели влияния на состояние системы, инженерная составляющая и пути ее совершенствования. Рассмотрены вопросы, касающиеся проведения полного анализа существующих систем с целью оценки внедрения необходимых мер по энергосбережению, риски и преимущества приведенных мероприятий. Определены возможности контроля энергопотребления, эффективности проводимой работы вследствие реконструкции инженерных систем дома. Проведены результаты анализа энергоэффективных мероприятий, целесообразности внедрения каждого из них с целью выявления оптимальных решений. **Вывод.** Повышение уровня энергоэффективности инженерных систем здания является одной из приоритетных задач для создания комфортных условий проживания. Класс энергоэффективности инженерных зданий устанавливается согласно состоянию системы, учитывает все показатели качества по потреблению энергии, а энергетический сертификат в полном объеме показывает уровень энергоэффективности.

Ключевые слова: энергоэффективность, класс энергоэффективности, жилой дом, инженерные системы, анализ, энергоэффективные мероприятия, контроль энергопотребления, реконструкция инженерной составляющей, оценка мероприятий

MEASURES TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDING UTILITY SYSTEMS

A. S. Gavrillov, A.E. Sergeev

Kazan State Power Engineering University,
51 Krasnoselskaya Str., Kazan 420066, Russia

Abstract. Objective. The goal of the study is to identify ways to improve energy efficiency by conducting a comprehensive analysis of engineering systems of a house, taking into account the existing model of energy supply and by monitoring the indicators of influence on the efficiency of engineering and technical equipment. **Methods.** The main method is based on a survey of the level of energy efficiency of heating and hot water supply systems. **Results.** The article discusses the concept of energy efficiency of a building, energy efficiency class, main utility systems of a residential building, indicators of influence on the state of systems, engineering component and ways to improve it. The article addresses issues related to a full analysis of existing systems in order to assess the implementation of

*necessary energy-saving measures, as well as their risks and benefits. The possibilities of controlling energy consumption and efficiency of works carried out due to the reconstruction of utility systems of the building have been determined. The results of the analysis of energy-efficient measures, and the feasibility of implementing each of them have been determined in order to identify optimal solutions. **Conclusion.** Increasing the energy efficiency of building utility systems is one of the priority tasks for creating comfortable living conditions. The energy efficiency class of building utility systems is established according to the state of a system, takes into account all quality indicators for energy consumption, and the energy certificate fully shows the level of energy efficiency.*

Keywords: *energy efficiency, energy efficiency class, residential building, utility systems, analysis, energy efficiency measures, energy consumption control, reconstruction of engineering component, assessment of measures*

Введение. Вопрос энергоэффективности в России всегда был актуальным. На основе доклада Минэкономразвития по итогам 2019 года уровень энергоемкости ВВП в России составил рекордно низкое значение за период последних пяти лет (9,62 т.у.т./млн руб. в ценах 2016 года). Валовое потребление топливно-энергетических ресурсов по сравнению с аналогичным показателем прошлого года снизилось на 6,6 млн. т.у.т. при росте ВВП Российской Федерации на 1,3%. Практически во всех ключевых секторах потребления энергоресурсов удалось достичь положительной динамики в области энергоэффективности, в большей мере – за счет повышения технологичности производства [1]. Однако, несмотря на положительную динамику энергоемкости, темпы повышения энергоэффективности экономики в России отстают от среднемировых показателей. Основной проблемой создавшегося положения является необходимость полного переоснащения инженерных систем здания, их модернизация, а иногда полная реконструкция. Принимая во внимания конкретно жилой сектор, имеется в виду создание комфортных условий проживания и определения экономически целесообразного уровня энергоэффективности.

Постановка задачи. Целью исследования является определение путей повышения уровня энергоэффективности за счет проведения комплексного анализа инженерных систем дома с учетом существующей модели энергообеспечения и контроля показателей влияния на эффективность работы инженерно-технического оборудования.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- исследование существующего состояния инженерного оснащения здания;
- выявление необходимых соотношений «цена-качество», «долговечность/ практичность» в проекте инженерных характеристик;
- усовершенствование инженерных составляющих дома на основе внедрения нового технологического базиса, применяемых в данной сфере;
- разработка рекомендаций по повышению уровня энергоэффективности в будущем на основе проведенных мероприятий проверки и переоснащение инженерных систем.

Энергетическая эффективность дома это, прежде всего, характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю [2, 13-15]. Повышение качества показателей потребления этих энергетических ресурсов и является основной задачей мероприятий по энергосбережению.

Методы исследования. Основная методика базируется на обследовании инженерных систем отопления и горячего водоснабжения, проводится с учетом положений действующего законодательства страны. Методика определяет: уровни энергетической эффективности систем; общие требования к порядку проведения обследования инженерных систем; порядок про-

ведения обследования систем отопления здания; порядок проведения обследования систем горячего водоснабжения; порядок проведения обследования систем вентиляции и кондиционирования; порядок проведения обследования систем освещения здания или его части; порядок разработка рекомендаций по обеспечению (повышения уровня) энергетической эффективности инженерных систем; форму и требования к оформлению отчета о результатах обследовании инженерных систем [3].

Класс энергоэффективности базируется на основе существующих инженерных составляющих дома и определяется по показателю общего удельного энергопотребления при отоплении, охлаждении и поставке горячей воды (EP). В табл. 1 приведены семь уровней, согласно которым и устанавливается класс энергоэффективности жилого здания.

Таблица 1. Классификация жилых зданий по энергетической эффективности
Table 1. Classification of residential buildings by energy efficiency

Количество этажей Number of floors	Значение общих показателей удельного энергопотребления при отоплении, охлаждении и поставке горячей воды (EP), кВт × ч/м ² , для класса энергетической эффективности жилых зданий. The value of the total specific energy consumption for heating, cooling and hot water supply (EP), kWh / m ² , for the energy efficiency class of residential buildings.						
	A	B	C	D	E	F	G
1-3	<66	<119	<132	<165	<198	≤231	>231
4 и больше	<44	<79	<87	<109	<131	≤153	>153

Энергетический сертификат, как электронный документ, создается на основе полученных показателей и класса энергоэффективности в установленном законодательством порядке [4].

Мероприятия по повышению энергоэффективности жилых зданий могут быть реализованы по двум направлениям: во-первых, оснащение дома энергосберегающим инженерным оборудованием, системами и элементами, которые обеспечивают возможность экономного использования топливно-энергетических ресурсов; во-вторых, эксплуатация жилых зданий и инженерного оборудования с целью достижения высоких показателей энергоэффективности, регулирования энергопотребления, энергомониторинга.

Данные, которые берутся за основу, включают: контроль качества и учета объемов потребления теплоты и других энергоресурсов, потребляемых для обеспечения теплового комфорта в доме; сбор и постоянный анализ данных о расходах теплоносителя, тепловой энергии, а также температуры в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети в соответствии с показаниями приборов в домовом узле учета тепловой энергии; выявление причин перерасхода тепловой энергии и внедрение мероприятий по уменьшению потребления теплоты; регулирования процессов использования энергоресурсов; организация технического обслуживания систем автоматического регулирования параметров и объемов энергоресурсов, своевременное выполнение планово-профилактических работ, гидравлического испытания и промывания систем отопления и горячего водоснабжения; проверки чистоты и герметичности вентиляционных каналов; составление инструкций по эксплуатации систем отопления, горячего водоснабжения и вентиляции дома, требований таких инструкций; контроль за параметрами микроклимата в помещениях здания; снижение нерациональных расходов энергоресурсов, использование функции уменьшения отпуска тепловой энергии в автоматических системах регулирования. [5,6] Детальное описание приведено в перечне энергосберегающих мероприятий для каждой системы отдельно в табл.2. [5,6]

Таблица 2. Перечень энергосберегающих мероприятий, которые можно внедрять в жилых домах
Table 2. List of energy saving measures that can be implemented in residential buildings

Мероприятия по экономии тепловой энергии на нужды горячего водоснабжения Measures to save heat energy for the needs of hot water supply	Срок окупаемости, года Payback period, years
Установка пластинчатых или других высокоэффективных теплообменников для приготовления горячей воды в ИТП. Installation of plate or other highly efficient heat exchangers for preparing hot water in ITP	5 ... 7
Автоматическое регулирование температуры горячей воды в системах горячего водоснабжения Automatic regulation of hot water temperature in hot water supply systems	3 ... 5
Использование водосберегающих аэрируемых (распылительных) душевых насадок и насадок на водоразборных кранах системы горячего водоснабжения. Use of water-saving aerated (spray) shower heads and nozzles on hot water taps	1
Использование водосберегающих и термостатических смесителей. Use of water-saving and thermostatic mixers	1
Внедрение автоматических систем управления временем подачи горячей воды. Управление продолжительностью работы насосов горячего водоснабжения Implementation of automatic control systems for hot water supply time. Hot water pump running time control	2
Оптимизация схемы приготовления горячей воды в ИТП или ЦТП. Optimization of the hot water preparation scheme in ITP or CHP	3 ... 5
Использование геотермоколлекторов для приготовления горячей воды в летний период The use of geo-collectors for preparing hot water in the summer	
Мероприятия по экономии тепловой энергии на нужды системы отопления и вентиляции Measures to save heat energy for the needs of the heating and ventilation system	
Балансировка вентиляционных каналов, установка регулируемых вентиляционных решеток и регуляторов потока воздуха Balancing ventilation ducts, installation of adjustable ventilation grilles and air flow regulators	1 ... 2
Внедрение автоматических систем регулирования отпуска теплоты. Устройство автоматических тепловых узлов ввода с возможностью погодного и пофасадного регулирования, уменьшения температуры внутреннего воздуха в выходные дни и ночное время суток. Introduction of automatic heat supply control systems. Arrangement of automatic heating input units with the possibility of weather and frontal control, reducing the temperature of the internal air on weekends and at night	4
Установление многоскоростных электроприводов циркуляционных и сетевых насосов или приводов насосов с электронным частотным регулированием числа оборотов в ЦТП и ИТП. Installation of multi-speed electric drives for circulating and network pumps or pump drives with electronic frequency control of the number of revolutions in the central heating station and ITP	5
Реконструкция систем отопления с целью обеспечения гидравлической и тепловой устойчивости систем и возможности индивидуального регулирования отпуска теплоты каждым нагревательным прибором и индивидуализации расчетов за потребленную теплоту (переход на двухтрубные горизонтальные системы отопления, установка термостатических клапанов, установление закрытых расширительных баков). Reconstruction of heating systems in order to ensure the hydraulic and thermal stability of the systems and the possibility of individual regulation of heat release by each heating device and individualization of payments for consumed heat (transition to two-pipe horizontal heating systems, installation of thermostatic valves, installation of closed expansion tanks)	5
Внедрение аккумуляционных систем отопления. Introduction of storage heating systems	5 ... 7
Оборудование системы отопления устройствами автоматического регулирования с учетом температуры наружного воздуха. Equipping the heating system with automatic control devices taking into account the outdoor temperature	5 ... 7
Установление утилизаторов теплоты вытяжного вентиляционного воздуха в механических системах вентиляции. Installation of heat recovery units for exhaust ventilation air in mechanical ventilation systems	12
Реконструкция системы отопления на однотрубную с замыкающими участками или двухтрубную с последующим установлением термостатических клапанов на отопительных приборах. Reconstruction of the heating system to one-pipe with closing sections or two-pipe with the subsequent installation of thermostatic valves on heating devices	5 ... 7
Реконструкция индивидуальных тепловых пунктов с целью оптимизации схемы подключения теплообменников горячего водоснабжения, автоматического регулирования температуры горячей воды, установление регуляторов расхода воды на нужды отопления. Reconstruction of individual heating points in order to optimize the connection diagram of hot water supply heat exchangers, automatic control of hot water temperature, installation of water flow controllers for heating needs.	5

Обсуждение результатов. При планировании мероприятий по энергосбережению в многоквартирном доме необходимо осуществить проверку соответствия конструкции инженерных систем отопления. Очень важны технические аспекты проведения капитального ремонта вентиляции, горячего и холодного водоснабжения проектным данным. Несанкционированное вмешательство жителей в работу таких систем может привести к негативным последстви-

ям, что любые инженерные методы налаживания или регулирования работы систем могут не давать эффекта. Наиболее распространенными несанкционированными вмешательствами в инженерные системы являются:

- подключение дополнительных нагревательных приборов, в том числе на балконах и лоджиях, увеличение поверхности нагрева существующих приборов;
- декорирование отопительных приборов;
- устройство «теплого пола»;
- изменение трассировки трубопроводов системы отопления;
- подключение регистров для просушки полотенец в ванных комнатах к системе отопления;
- ликвидация переключающего трубопровода возле отопительных приборов в однотрубных системах отопления;
- подключение зонтов с вентиляторным удалением воздуха в вытяжных воздуховодах гравитационных вытяжных систем вентиляции;
- индивидуальные подключения отопительных приборов к коллекторам системы отопления в подвалах или технических этажах. [5]

На примере моделирования и реконструкции индивидуального теплопункта (ИТП) можно проследить важность подобных мероприятий, а также объем работы, который должен быть выполнен в процессе.

Автоматизация процесса отпуска теплоты в здание в индивидуальном тепловом пункте (ИТП) дает возможность оперативно реагировать на изменение потребности дома в теплоте на отопление, что обусловлено значительной динамикой теплопоступлений в доме от людей, освещения, оборудования и солнечной инсоляции.

Выбираем независимую схему подключения. Ее недостатком является высокая цена оборудования, что входит в состав модели, но возможности контроля давления в обратном трубопроводе, подключение к домам в 12 этажей и выше, повышенная устойчивость оборудования в условиях эксплуатации дают большое преимущество над рисками. Эффективность энергосбережения в случае установления такой системы подключения будет на уровне 10-40%.

Схема подогрева избирается из двухступенчатым присоединением подогреваемого оборудования ГВС. Ее главная особенность заключается в том, что подключение подогревателей горячей воды верхней степени к подающему трубопроводу происходит параллельно системе отопления. Далее проводим расчет параметров диаметра подогреваемого трубопровода на входе и выходе; диаметра трубопровода на систему отопления; диаметра трубопровода на подпитку. Выбираем насос:

1. Для ГВС – насос с мокрым ротором типа Wilo-P 50/250r.
2. Для отопления – насос с мокрым ротором типа Wilo-P 50/250r с фланцевым соединением.
3. Для подпитки высокоэффективный насос типа WILO-Multivert MVI-200.
4. Расширительный бак (мембранный), подбираем объем, трубы, радиаторы.

Теплообменник. В тепловых пунктах следует применять водяные горизонтальные секционные кожухотрубные или пластинчатые теплообменники или паровые горизонтальные многоходовые теплообменники.

Каждый пароводяной подогреватель должен быть оборудован конденсатообразным оборудованием или регулятором перелива для отвода конденсата, штуцерами с запорной арматурой для выпуска воздуха, спуска воды и предохранительным клапаном, которые предусматриваются в соответствии с требованиями, водонагреватели должны быть оборудованы предохранительными клапанами, устанавливаемыми со стороны нагреваемой среды, а также воздушными и спускными устройствами. [6,7, 13]

Автоматизация теплового пункта включает в себя следующие особенности контроля:

- поддержка заданной температуры воды, поступающей в систему горячего водоснабжения;
- регулирование подачи теплоты (теплого потока) в системы отопления в зависимости от изменения параметров наружного воздуха с целью поддержания заданной температуры воздуха в помещениях;
- ограничение максимального расхода воды из тепловой сети на тепловой пункт путем прикрытия клапана регулятора расхода теплоты на отопление закрытых систем теплоснабжения;
- защита систем потребления теплоты от повышения давления или температуры воды в трубопроводах этих систем при возможности превышения допустимых параметров;
- поддержание заданного давления воды в системе горячего водоснабжения;
- включение и исключения корректирующих насосов;
- блокировка включения резервного насоса при отключении рабочего;
- защита системы отопления от неконтролируемого слива;
- прекращение подачи воды в бак-аккумулятор или в расширительный бак при независимом присоединении систем отопления по достижении верхнего уровня в баке и включение подпиточных устройств при достижении нижнего уровня [7,12].

В тепловых пунктах с расходом теплоты более 2,3 МВт, как правило, должны предусматриваться следующие контрольно-измерительные приборы:

а) манометры самопишущие – после запорной арматуры на вводе в тепловой пункт выхода и обратного трубопроводов водяных тепловых сетей, паропроводов и конденсатопроводов;

б) манометры показывают:

- до запорной арматуры на вводе в тепловой пункт трубопроводов водяных тепловых сетей, паропроводов и конденсатопроводов;
- на распределительном и сборном коллекторах водяных тепловых сетей и паропроводов;
- после узла смешения;
- на паропроводах до и после редуцирующих клапанов;
- на трубопроводах водяных тепловых сетей и паропроводов до и после регуляторов давления.

Итак, процесс реконструкции тёплого пункта – сложный и, учитывая цену на оборудование, срок окупаемости будет значительным, но не более 5 лет с учетом возможной экономии [7-11].

Вывод. Повышение уровня энергоэффективности инженерных систем здания является одной из приоритетных задач для создания комфортных условий проживания. И экономия энергии на уровне до 40% возможна только после проведения полного анализа всех составляющих.

Класс энергоэффективности устанавливается согласно состоянию системы, он учитывает все показатели качества по потреблению энергии, а энергетический сертификат в полном объеме показывает уровень энергоэффективности дома до и после проведения работ. На примере ИТП были рассмотрены конструктивные особенности модернизации системы для повышения энергоэффективности. Несмотря на достаточно высокую стоимость оборудования, если принимать во внимание повышение энергоэффективности здания, экономия от проведенных работ на достаточном уровне, чтобы считать целесообразным проведение подобного мероприятия.

Библиографический список:

1. Государственный доклад Минэкономразвития РФ «О состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации». М., 2020. 117с // URL:

https://www.economy.gov.ru/material/file/c3901dba442f8e361d68bc019d7ee_83f/Energyefficiency2020.pdf (дата обращения: 12.02.2021).

2. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ (последняя редакция) // СПС «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 12.02.2021).
3. Приказ Министерства регионального развития РФ от 8 апреля 2011 года № 161 «Об утверждении Правил определения классов энергетической эффективности многоквартирных домов и Требований к указателю класса энергетической эффективности многоквартирного дома, размещаемому на фасаде многоквартирного дома». URL: <http://docs.cntd.ru/document/420369798> (дата обращения: 12.02.2021).
4. Наумов А.Л., Капко Д.В. Определение класса энергетической эффективности эксплуатируемых многоквартирных домов // Энергосбережение. №8. 2015. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6291 (дата обращения: 12.02.2021).
5. Васильев Г.П., Наумов А.Л., Евстратова Н.Д. Повышение энергоэффективности инженерного оборудования зданий. Стимулы и барьеры // Энергосбережение. №2. 2012. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5187 (дата обращения: 12.02.2021).
6. Колубков А.Н., Шилкин Н.В. Реализация энергосберегающих мероприятий в инженерных системах многоквартирных жилых домов // АВОК. №7. 2011. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5050 (дата обращения: 12.02.2021).
7. Витальев В.П., Николаев В.Б., Порывай Г.А., Сельдин Н.Н. Эксплуатация тепловых пунктов систем теплоснабжения: справочник. М.: Стройиздат, 1985. 382 с.
8. Ensuring energy efficiency of buildings through technology https://www.tesli.com/upload/iblock/b21/abb_i_bus_knx_energy_efficiency.
9. G. J. Delpont and I. E. Lane, "electricity cost management in mining", power engineering journal, 1996, Centre for New Electricity Studies, Department of Electrical and Electronic Engineering, University of Pretoria, Pretoria 0002, South Africa. E-mail: johan.delpont@ee.up.ac.za
10. Schiler, Simplified Design of Building Lighting, John Wiley & Sons, New York, USA, 1992.
11. Noor M. Maricar and Md. Noah Jamal "Industrial Energy Audit using Data Mining Model Web Application" email: nmaricar@vt.edu
12. Дмитриев А.Н. Энергосбережение в реконструируемых зданиях, DJVU / А.Н. Дмитриев, П.В. Монастырев, С.Б. Сборщиков. - Москва : АСВ, 2008.-208 с.
13. Заводчиков Н.Д. Управление эффективностью использования энергоресурсов в растениеводстве: монография / Н.Д. Заводчиков, Е.А. Воронкова. - Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2012. 172 с.
14. Зенютич Е.А. Экономия энергии в образовательных учреждениях. Технологии энергосбережения и финансовые механизмы / Е.А. Зенютич, В.Н. Котомкин, Е.Б. Солнцев, и др. ; под общ. ред. С.К. Сергеева. Москва, 2006. 266 с.
15. U.S. Department of Energy. Energy Savings Potential of Solid- State Lighting in General Illumination Applications. - Режим доступа : http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/ssl_energy-savings-report-jan-2012.pdf (дата обращения 13.08.2020).

References:

1. Gosudarstvennyy doklad Minekonomrazvitiya RF «O sostoyanii energosberezheniya i povyshenii energeticheskoy effektivnosti v Rossiyskoy Federatsii». [State report of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation "On the state of energy conservation and energy efficiency in the Russian Federation." M., 2020.117s//Official website of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation.URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/c3901dba442f8e361d68bc019d7ee_83f/Energyefficiency2020.pdf (date accessed: 12.02.2021). (In Russ)]
2. Federal'nyy zakon «Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti i o vnesenii izmeneniy v ot del'nyye zakonodatel'nyye akty Rossiyskoy Federatsii» ot 23.11.2009 № 261-FZ (poslednyaya redaktsiya) [Federal Law "On Energy Saving and on Increasing Energy Efficiency and on Amending Certain Legislative Acts of the Russian Federation" dated 23.11.2009 No. 261-FZ (last edition) // SPS "ConsultantPlus". URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (date of access: 12.02.2021). (In Russ)]
3. Prikaz Ministerstva regional'nogo razvitiya RF ot 8 aprelya 2011 goda № 161 «Ob utverzhenii Pravil opredeleniya klassov energeticheskoy effektivnosti mnogokvartirnykh domov i Trebovaniy k ukazatelyu klassa energeticheskoy effektivnosti mnogokvartirnogo doma, razmeshchayemomu na fasade mnogokvartirnogo doma». [Order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation of April 8, 2011 No. 161 "On Approval of the Rules for Determining Energy Efficiency Classes of Apartment Buildings and Requirements for the Energy Efficiency Class Index of an Apartment Building Placed on the Facade of an Apartment Building". URL: <http://docs.cntd.ru/document/420369798> (date of access: 12.02.2021). (In Russ)]
4. Naumov A.L., Kapko D.V. Opredeleniye klassa energeticheskoy effektivnosti ekspluatiruyemykh mnogokvartirnykh domov // Energosberezheniye. №8. 2015. [Naumov A.L., Kapko D.V. Determination of the energy effi-

- ciency class of operated apartment buildings // Energoberezhenie. No. 8. 2015. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6291 (date of access: 12.02.2021). (In Russ)]
5. Vasil'yev G.P., Naumov A.L., Yevstratova N.D. Povysheniye energoeffektivnosti inzhenernogo oborudovaniya zdaniy. Stimuly i bar'yery // Energoberezheniye. №2. 2012. [Vasiliev G.P., Naumov A.L., Evstratova N.D. Improving the energy efficiency of engineering equipment in buildings. Incentives and barriers // Energy saving. No. 2. 2012. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5187 (date accessed: 12.02.2021). (In Russ)]
 6. Kolubkov A.N., Shilkin N.V. Realizatsiya energosberegayushchikh meropriyatiy v inzhenernykh sistemakh mnogokvartirnykh zhilykh domov // AVOK. №7. 2011. [Kolubkov A.N., Shilkin N.V. Implementation of energy-saving measures in engineering systems of multi-apartment residential buildings // AVOK. No. 7. 2011. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5050 (date of access: 12.02.2021). (In Russ)]
 7. Vital'yev V.P., Nikolayev V.B., Poryvay G.A., Sel'din N.N. Eksploatatsiya teplovykh punktov sistem teplosnabzheniya: spravochnik. M.: Stroyizdat, 1985. 382 s. [Vitaliev V.P., Nikolaev V.B., Poryvai G.A., Seldin N.N. Operation of heat points of heat supply systems: a reference book. Moscow: Stroyizdat, 1985.382 p. (In Russ)]
 8. Ensuring energy efficiency of buildings through technology [Ensuring energy efficiency of buildings through technology https://www.tesli.com/upload/iblock/b21/abb_i_bus_knx_energy_efficiency. (In Russ)]
 9. G. J. Delpont and I. E. Lane, "electricity cost management in mining", power engineering journal, 1996, Center for New Electricity Studies, Department of Electrical and Electronic Engineering, University of Pretoria, Pretoria 0002, South Africa. E-mail: johan.delpont@ee.up.ac.za
 10. Schiler, Simplified Design of Building Lighting, John Wiley & Sons, New York, USA, 1992.
 11. Noor M. Maricar and Md. Noah Jamal "Industrial Energy Audit using Data Mining Model Web Application" email: nmaricar@vt.edu
 12. Dmitriyev A.N. Energoberezheniye v rekonstruiyemykh zdaniyakh, DJVU / A.N. Dmitriyev, P.V. Monastyrev, S.B. Sborshchikov. Moskva: ASV, 2008. 208 s. [Dmitriyev A.N. Energy saving in reconstructed buildings, DJVU / A.N. Dmitriyev, P.V. Monastyrev, S. B. Collectors. - Moscow: ASV, 2008. 208 p. (In Russ)]
 13. Zavodchikov N.D. Upravleniye effektivnost'yu ispol'zovaniya energoresursov v rasteniyevodstve: monografiya / N.D. Zavodchikov, Ye.A. Voronkova. - Orenburg: Izdatel'skiy tsentr OGAU, 2012. 172 s. [Breeders N.D. Energy efficiency management in crop production: monograph / N.D. Breeders, E.A. Voronkov. - Orenburg: Publishing Center OGAU, 2012.172 p. (In Russ)]
 14. Zenyutich Ye.A. Ekonomiya energii v obrazovatel'nykh uchrezhdeniyakh. Tekhnologii energosberezheniya i finansovyye mekhanizmy / Ye.A. Zenyutich, V.N. Kotomkin, Ye.B. Solntsev, i dr. ; pod obshch. red. S.K. Sergeeva. - Moskva, 2006. 266 s. [Zenyutich E.A. Energy saving in educational institutions. Energy saving technologies and financial mechanisms / E.A. Zenyutich, V.N. Kotomkin, E.B. Solntsev, and others; under total. ed. S.K. Sergeeva. - Moscow, 2006. 266 p. (In Russ)]
 15. U.S. Department of Energy. Energy Savings Potential of Solid- State Lighting in General Illumination Applications. - Access mode: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/ssl_energy-savings-reportjan-2012.pdf (date of access 13.08.2020).

Сведения об авторах:

Гаврилов Артём Степанович, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Промышленная теплоэнергетика и системы теплоснабжения»; artemchik@mail.ru

Сергеев Александр Евгеньевич, магистрант; sergeev_sashka@inbox.ru

Information about the authors:

Artem S. Gavrilov, Cand. Sci. (Technical), Assoc. Prof., Department of Industrial Heat Power Engineering and Heat Supply Systems; artemchik@mail.ru

Aleksandr E. Sergeev, Undergraduate; sergeev_sashka@inbox.ru

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 20.04.2021.

Принята в печать 15.05.2021.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Received 20.04.2021.

Accepted for publication 15.05.2021.