МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

А.Н. Леонова, М.В. Курочка

*Кубанский государственный технологический университет (КубГТУ),
350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2*

АННОТАЦИЯ: Предмет исследования: в сфере реконструкции внедрение энергоэкономичных материалов и решений является фактором, влияющим на уменьшение теплопотерь. Применение таких материалов и решений приводит к значительной экономии и улучшению теплозащитных свойств здания.

Цели: установить эффективность применения методов пассивной и активной защиты зданий от потерь тепла и повысить энергосбережение при реконструкции.

Материалы и методы: теоретико-методологической основой исследования стали научные работы отечественных и зарубежных ученых по вопросам управления энергоэффективностью и внедрения энергосберегающих технологий на объектах капитального строительства, в образовательных учреждениях. Применялись общенаучные методы исследования (анализ, синтез, обобщение), методы сравнения, классификации. Использовались детальные термограммы зданий и тепловизионные обследования, мониторинг параметров микроклимата.

Результаты: рассмотрены современные подходы к проблеме энергосбережения и обеспечения комфортных условий жизнедеятельности. Проведен анализ применения активных и пассивных методов повышения энергоэффективности зданий.

Выводы: повышение энергетической эффективности зданий при реконструкции необходимо решать комплексно, с учетом мероприятий, направленных на увеличение эффекта от потребления топливно-энергетических ресурсов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энергосбережение, теплопотери, теплозащита, энергоэффективные здания, реконструкция, пассивные методы, активные методы, энергоэффективность

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Леонова А.Н., Курочка М.В. Методы повышения энергоэффективности зданий при реконструкции // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 7 (118). С. 805–813. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.805-813

METHODS TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS DURING RECONSTRUCTION

A.N. Leonova, M.V. Kurochka

*Kuban State Technological University (KubGTU),
2 Moskovskaya st., Krasnodar, 350072, Russian Federation*

ABSTRACT: Subject: introduction of energy-efficient materials and decisions in the field of reconstruction is the factor influencing the reduction of heat losses. Use of such materials and decisions leads to considerable economy and improvement of heat insulation properties of the building.

Research objectives: establish efficiency of application of methods of passive and active protection of buildings against heat losses and increase of energy-saving during reconstruction.

Materials and methods: theoretical and methodological basis of the research was the scientific work of domestic and foreign scientists on the issues of energy efficiency management and introduction of energy-saving technologies at capital construction facilities and educational institutions. General scientific research methods (analysis, synthesis, generalization), comparison method, classification method were used during the research. Detailed thermograms of buildings, thermal imaging examinations, and monitoring of microclimate parameters were used.

Results: modern approaches to the problem of energy-saving and provision of comfortable living conditions are investigated. The analysis of the use of active and passive methods to improve energy efficiency of buildings is carried out.

Conclusions: improving the energy efficiency of buildings during reconstruction must be addressed comprehensively, taking into account measures aimed at increasing the effect of fuel and energy resource consumption.

KEY WORDS: energy saving, heat losses, heat insulation, energy efficient buildings, reconstruction, passive methods, active methods, energy efficiency

FOR CITATION: Leonova A.N., Kurochka M.V. Metody povysheniya energoeffektivnosti zdaniy pri rekonstruktsii [Methods to improve energy efficiency of buildings during reconstruction]. Vestnik MGSU [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2018, vol. 13, issue 7 (118), pp. 805–813. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.805-813

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость и важность увеличения энергетического потенциала жилищной сферы и зданий общественного назначения определяется стратегической направленностью экономического развития Российской Федерации на формирование энергоэффективной экономики, как в масштабах страны, так и в масштабах отдельных регионов и муниципальных образований [1–3]. По данным Всемирного банка и российских исследователей на капитальном ремонте и реконструкции можно сэкономить 30–60 % от расходуемой энергии на отопление, зданий бюджетной сферы — до 50 % [4].

Исследования способов повышения энергоэффективности зданий актуальны. Применение энергосберегающих методов, технологий и материалов при новом строительстве и реконструкции можно считать одним из приоритетных направлений современного развития строительной индустрии. Это связано, прежде всего, с ограниченностью энергетических ресурсов, что приводит к увеличению их стоимости при существующих объемах потребления. При проведении реконструктивных работ по повышению энергоэффективности необходим комплексный подход, обеспечивающий применение методов, позволяющих снижать теплопотери в зданиях за счет разработки и использования энергоэкономичных объемно-планировочных и конструктивных решений и мероприятий, основанных на использовании энергоэффективного оборудования и регулируемых, в том числе нетрадиционных систем энергообеспечения.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Для осуществления поставленных задач в последние годы был принят целый ряд нормативно-правовых документов, основными из которых являются «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» и Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [5].

Из-за недостатка методического обеспечения государственные целевые программы повышения энергоэффективности не достигают требуемого уровня [6].

Оценка теплопотерь через ограждающие конструкции здания доказывает, что наиболее вероятная утечка поставляемого в квартиры тепла проходит по следующим направлениям:

- 1) «мостики холода» — 28 %;
- 2) остекление — 28 %;
- 3) фасады — около 25 %;
- 4) кровля, перекрытия — около 19 %.

Использование энергосберегающих технологий и материалов, а также повышение энергоэффективности объектов строительной индустрии можно считать одним из приоритетных направлений современного развития мировой экономики [7]. Вероятность возможного дефицита энергетических ресурсов приводит к значительному увеличению их стоимости при существующих объемах и темпах роста потребления, учитывая ограниченность действующих и слабый прогресс альтернативных энергоисточников [8].

В сфере реконструкции внедрение энергоэкономичных материалов и решений (например, нетрадиционные системы; новые строительные материалы с высокими теплозащитными свойствами; оборудование, обеспечивающее необходимые параметры микроклимата) является фактором, влияющим на уменьшение теплопотерь [9, 21].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методы, ведущие к снижению теплопотерь, разделяют на активные и пассивные. К активным относится применение различных устройств регулировки подачи тепла в помещение (ручное и автоматическое), а также установка счетчиков тепла. К пассивным — улучшение теплоизоляции ограждающих конструкций и магистральных теплосетей, а также увеличение теплоотдачи радиаторов и других теплообменников. Но только комплекс всех методов и обязательная индивидуальная экономическая ответственность потребителя сможет привести к существенному энергосбережению [10, 22].

Пассивные методы сокращения теплопотерь предполагают утепление ограждающих элементов здания, окон, дверей и крыш.

Для утепления ограждающих конструкций применяют два вида изоляционных материалов — жесткие (плиты пенополистирола, напыляемый пенополиуретан и др.) и мягкие (плиты или маты из минеральной ваты или стекловаты) [11]. Эти материалы закрепляются на стене с помощью «плавающих» элементов, которые позволяют в силу различных теплофизических свойств стены и теплоизоляционной системы совершать их небольшие перемещения относительно друг друга. Наружная сторона оклеивается синтетической сеткой либо устанавливается металлическая сетка, затем наносится 1–2 слоя специальной штукатурки и окраска [23].

Существуют также теплоизоляционные плиты, имеющие полную заводскую готовность и не требующие после монтажа дополнительных отделочных работ.

На практике используется теплозащита с внутренней или наружной стороны стены. Также возможно устройство утеплителя с обеих сторон стены (комбинированный способ) [20].

В первом случае утеплитель расположен в благоприятных условиях, а значит, его не нужно защищать от климатических воздействий, монтаж теплозащиты не зависит от времени года. Но при расположении утеплителя в помещении сокращается площадь, возникает необходимость устройства пароизоляции. Рационально применять этот метод при реконструкции.

При теплозащите с наружной стороны стены недостатки первого случая отсутствуют, но для качественного монтажа утеплителя необходимо устройство надежного защитного слоя, что усложняет и удорожает строительство. Таким образом, создается термооболочка, защищающая ограждающие конструкции от возникновения «мостиков холода».

Комбинированный метод в настоящее время не применяется из-за повышенных затрат труда. Он использовался в тех случаях, когда требовалось восстановление теплозащитных качеств ограждающих конструкций. Для этого оштукатуривали стены «теплыми» растворами с двух сторон [12].

Наиболее эффективно с позиции начальных затрат уменьшение теплопотерь через окна. Возможно два способа — замена старых окон на энергосберегающие и ремонт старых. Современные окна различаются материалом рам и створок (деревянные, дерево-алюминиевые, пластмассы — ПВХ и стеклопластики), свойствами стекол и стеклопакетов. Теплоизоляционные свойства таких окон имеют довольно большой диапазон, различается и их стоимость [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Повысить теплоизоляционные свойства здания при реконструкции гораздо сложнее, чем в процессе строительства. По итогам экспериментов принимаются различные конструктивные решения для

повышения теплоизоляционных свойств стен [19]. В статье [14] рассматривается использование в многоквартирном жилом здании из железобетонных объемных блоков типа «колпак» дискретных керамзитобетонных связей (шпонок) вместо ребер из керамзитобетона. На основании термограмм фасадов здания (рис. 1) были выявлены участки с неоднородными полями температур: окна и балконы, стыки панелей, ограждения цокольного этажа и чердака.

Расчет теплового режима стеновых конструкций показал: максимальные добавочные теплопотери (22 %) отмечаются через горизонтальные стыки панелей, 16 % — через вертикальные, 13 % — через узлы примыканий оконных блоков к стеновым проемам.

После оценки результатов расчета выяснилось, что максимальная локализация температуры наблюдается на участке горизонтального стыка стеновых панелей (рис. 2). Изотермы до приближения к стыку параллельны, а в стыке и на участках до стыка в керамзитобетонном слое они начинают резко изгибаться в направлениях поверхностей стен. Это свидетельствует о сильном тепловом перепаде по керамзитобетонным ребрам панелей.

Наиболее эффективным проектным решением теплозащиты для здания из железобетонных объемных блоков типа «колпак» является применение точечных теплопроводных включений (рис. 3).

Применение шпоночных соединений выровняло температурное поле и улучшило тепловой режим стены. По сравнению с проектным решением в предлагаемом варианте приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен повышается на 30 %. Совершенствование конструктивного решения панелей наружных стен снижает добавочные теплопотери и повышает теплозащитные свойства конструкций (табл. 1).

Применение активных методов сокращения теплопотерь является предметом особого обсужде-

Рис. 1. Детальная термограмма фрагмента торцевого фасада здания

Figure 1. Detailed thermogram of the fragment of building's side facade

Table 1. Thermotechnical properties of external walls808

ния, так как имеется большое количество технических вариантов, а выбор из них конкретного требует серьезного экономического обоснования, которое должно учитывать динамику изменения цен на энергоносители.

Активные методы сокращения теплопотерь позволяют не только обеспечить комфортные условия жизнедеятельности, но и достичь существенной экономии энергоресурсов [15]. Необходимость в разработке и внедрении энергосберегающих технологий устанавливается на государственном уровне¹. По результатам тепловизионных обследований и мониторинга параметров микроклимата и работы систем отопления в учебном корпусе Сочинского государственного университета (СГУ) было вынесено заключение об эффективности систем: данная система не обеспечивала допустимые параметры температуры в отопительный период, влажность близка к минимально допустимому пределу (рис. 4, 5).

¹ Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015).

Анализ рис. 4 и 5 показывает, что до реализации проектов по автоматизации систем теплоснабжения погодозависимое регулирование систем отопления в СГУ не осуществлялось. При температурах окружающей среды 15–18 °С в помещениях в корпусах по ул. Пластунской температура достигала 26 °С (средняя по помещениям с учетом коридоров — 23,2 °С, амплитуда — 5 °С), при этом в каждом втором помещении постоянно открыты окна, имелись случаи включения кондиционеров, влажность в среднем составляла 39 % (от 33 до 42 % при допустимой 30–60 %). Для отопительного периода в университете оптимальные и допустимые температуры помещений составляют 18–21 °С, в нерабочее время допустимо снижение температуры до 12 °С.

За счет ручного регулирования систем отопления удалось снизить расходы тепла, однако допустимых параметров микроклимата в помещениях достигнуть не удалось [16]. Было решено установить пилотную систему автоматизации с погодозависимым регулированием системы теплоснабжения. Мониторинг работы системы отопления показал, что параметры микроклимата в аудиториях и по-

Рис. 4. Температура воздуха в учебном корпусе СГУ по ул. Пластунская, 94

Figure 4. Air temperature in educational building of Sochi State University at 94 Plastunskaya street

Рис. 5. Влажность воздуха в учебном корпусе СГУ по ул. Пластунская, 94

Figure 5. Air humidity in educational building of Sochi State University at 94 Plastunskaya street

мещениях корпуса соответствуют допустимым, что свидетельствует об эффективной работе системы погодозависимого регулирования отопления [17, 18]. Применение подобных систем позволит сэкономить до 10–15 % и более затрат на отопление и обеспечить комфортные условия микроклимата в помещениях.

ВЫВОДЫ

Повышение энергетической эффективности реконструируемых жилых зданий на основе комплексного использования энергосберегающих технологий и возобновляемых источников энергии позволит покрыть дефицит тепловой энергии на отопление, неизбежно возникающий в результате уплотнительной застройки [10].

Необходимость значительного повышения энергоэффективности в экономическом смысле может привести к масштабной реконструкции устарев-

шего здания [19]. Экономическая целесообразность такого подхода заключается в проведении отдельных изменений: замена окон, ремонт фасадов, кровли и т.д., что приведет к повышению энергетической эффективности. С другой стороны, это позволит сократить использование природных ресурсов на стадии эксплуатации зданий, снизить неблагоприятное влияние на окружающую среду.

Анализ методов повышения энергоэффективности показывает, что для улучшения теплоизоляционных свойств здания и для создания комфортных условий в помещениях необходимо использовать комплекс методов, включающих в себя как активные, так и пассивные методы. При использовании активных методов возможно сэкономить значительную часть затрат на отопление (10–15 %). Пассивные методы приведут к большей экономии (30 %). Соответственно комплекс этих методов позволит сэкономить почти 50 % затрат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов С.А., Балябина А.А. Региональные аспекты проблемы энергосбережения // Современные энергетические системы и комплексы и управление ими : сб. мат. VIII Междунар. науч.-практ. конф. Новочеркасск : ЮРГТУ (НПИ), 2010. С. 49–52.
2. Dakwale V.A., Ralegaonkar R.V., Mandavgane S. Improving environmental performance of building through increased energy efficiency: a review // Sustainable Cities and Society. 2011. Vol. 1. Issue 4. Pp. 211–218.
3. Чужинова Ю.Ю., Семенова Э.Е. Актуальность проблемы энергосбережения и пути ее решения // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Сер. : Высокие технологии. Экология. 2014. № 1. С. 138–141.
4. Шихалиев С.С. Повышение эффективности капитального ремонта и реконструкции зданий на основе энергосбережения : автореф. ... дис. на соискание уч. ст. канд. экон. наук. СПб., 2012. 18 с.
5. Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. URL: <https://gissee.ru/>.
6. Горшков А.С., Войсков И.А. Пути повышения энергоэффективности ограждающих конструкций зданий // Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий : сб. тр. II Всероссийской науч.-техн. конф. СПб., 2009. С. 45–48.
7. Гринфельд Г.И., Коркина Е.В., Пастушков П.П. и др. Система ограждающих конструкций, обеспечивающая повышенное энергосбережение в зданиях // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2016. № 3 (43). С. 25–35.
8. Кочетков А.С., Кудров Ю.В., Сиротенко Я.А. Разработка организационно-административных и технологических мероприятий по повышению энергоэффективности зданий и сооружений // Сервис в России и за рубежом. 2014. Т. 8. № 1 (48). С. 183–192.
9. Шойхет Б.М. Концепция энергоэффективного здания. Европейский опыт // Энергосбережение. 2007. № 7. С. 62–65.
10. Volkov A.N., Leonova A.N., Karpanina E.N., Gura D.A. Energy performance and energy saving of life-support systems in educational institutions // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2017. Vol. 9 (2s). Pp. 931–944.
11. Воронин А.В. Опыт стран Евросоюза в области технического нормирования тепловой защиты зданий и сооружений // Технологии строительства. 2007. № 4. С. 32–39.
12. Jean-Baptiste Rieunier. Low energy houses in Europe multi-comfort house concept // Эффективные тепло- и звукоизоляционные материалы в современном строительстве и ЖКХ : сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. М., 1998. С. 14–18.
13. Bülow-Hübe H. Energy-efficient window systems — effects on energy use and daylight in buildings. 2001. URL: <http://portal.research.lu.se/portal/files/6098864/4392986.pdf>.
14. Корниенко С.В. Повышение теплозащиты стеновых конструкций зданий из объемных блоков // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 8 (47). С. 17–30.
15. Гераськин Ю.М., Кулиева Ю.Т. Методические основы формирования системы оценки влияния факторов энергосбережения при строительстве и эксплуатации объектов электроэнергетики // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2014. № 3 (35). С. 63–70.
16. Волков А.Н., Коновалова Г.М. Энергосбережение и обеспечение комфортных условий образовательного процесса за счет автоматизации систем теплоснабжения в учебных корпусах СГУ // Отчет о научно-исследовательской работе. Сочинский государственный университет. 2015.
17. Карпанина Е.Н., Леонова А.Н. Мониторинг энергоэффективных зданий // Строительство в прибрежных курортных регионах : мат. IX Междунар. науч.-практ. конф. (г. Сочи, 23–27 мая 2016 г.) Сочи : СГУ, 2016. С. 145–148.
18. Карпанина Е.Н., Леонова А.Н. Значение теплопереноса как свойство строительных конструкций в зданиях и сооружениях // Перспективы науки. 2016. № 9 (84). С. 39–43.
19. Грабовый К.П., Киселева Е.А. Энергоэффективность жилищного фонда как экономический стимул повышения потребительских качеств объектов недвижимости // Вестник МГСУ. 2015. № 3. С. 79–91.
20. Shafiqh P., Asadi I., Mahyuddin N.B. Concrete as a thermal mass material for building applications — A review // Journal of Building Engineering. 2018. Vol. 19. Pp. 14–25.
21. Parameshwaran R., Kalaiselvam, S., Harikrishnan S., Elayaperumal A. Sustainable thermal energy storage technologies for buildings: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2012. Vol. 16. Issue 5. Pp. 2394–2433.
22. Martínez-Molina A., Tort-Ausina I. Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 61. Pp. 70–85.
23. Gustavsson L., Joelsson A. Life cycle primary energy analysis of residential buildings // Energy and Buildings. 2010. Vol. 42. Issue 2. Pp. 210–220.

Поступила в редакцию 21 января 2018 г.

Принята в доработанном виде 16 мая 2018 г.

Одобрена для публикации 29 июня 2018 г.

О Б АВТОРАХ: Леонова Анна Николаевна — кандидат технических наук, доцент, Кубанский государственный технологический университет (КубГТУ), 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, lan.75@mail.ru;

Курочка Мария Вячеславовна — студент, Кубанский государственный технологический университет (КубГТУ), 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, m-kurochka9899@mail.ru.

REFERENCES

1. Mikhaylov S.A., Balyabina A.A. Regional'nye aspekty problemy energosberezheniya [Regional aspects of a problem of energy saving]. *Sovremennye energeticheskie sistemy i komplekсы i upravlenie imi : sb. mat. VIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Modern power systems and complexes and management of them : mat. VIII International scientific and practical conference.] Novocherkassk, YuRG TU (NPI), 2010, pp. 49–52. (In Russian)
2. Dakwale V.A., Ralegaonkar R.V., Mandavgane S. Improving environmental performance of building through increased energy efficiency: review, *Sustainable Cities and Society*. 2011, vol. 1, issue 4, pp. 211–218. (In Russian)
3. Chuzhinova Yu.Yu., Semenova E.E. Aktual'nost' problemy energosberezheniya i puti ee resheniya [Aktual problems of energy conservation and ways to solve it]. *Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Ser. : Vysokie tekhnologii. Ekologiya* [Scientific bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering Series: High technologies. Ecology]. 2014, no. 1, pp. 138–141. (In Russian)
4. Shikhaliyev S.S. Povyshenie effektivnosti kapital'nogo remonta i rekonstruktsii zdaniy na osnove energosberezheniya : Avtoref. ...dis. na soiskanie uch. st. kand. ekon. nauk [Increase in efficiency of capital repairs and reconstruction of buildings on the basis of energy saving : The Abstract of the thesis for a degree of Candidate of Economic Sciences]. Saint-Petersburg, 2012. 18 p. (In Russian)
5. Gosudarstvennaya informatsionnaya sistema v oblasti energosberezheniya i povysheniya energeticheskoy effektivnosti [The state information system in the field of energy saving and increase in power efficiency]. URL: <https://gisee.ru/>. (In Russian) (In Russian)
6. Gorshkov A.S., Voylovkov I.A. Puti povysheniya energoeffektivnosti ograzhdayushchikh konstruktsey zdaniy [Ways of increase in energy efficiency of the protecting structures of buildings]. *Stroitel'naya teplofizika i energoeffektivnoe proektirovanie ograzhdayushchikh konstruktsey zdaniy : sb. tr. II Vserossiyskoy nauch.-tekhn. konf.* [Construction Thermophysics and Energy Efficient Design of the Protecting Designs : the Collection of works II of the All-Russian conference]. Saint-Petersburg, 2009, pp. 45–48. (In Russian)
7. Grinfel'd G.I., Korkina E.V., Pastushkov P.P. et al. Sistema ograzhdayushchikh konstruktsey, obespechivayushchaya povyshennoe energosberezhenie v zdaniyakh [The system of the protecting designs providing the increased energy saving in buildings]. *Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura* [Scientific bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture]. 2016, vol. 3 (43), pp. 25–35. (In Russian)
8. Kochetkov A.S., Kudrov Yu.V., Sirotenko Ya.A. Razrabotka organizatsionno-administrativnykh i tekhnologicheskikh meropriyatiy po povysheniyu energoeffektivnosti zdaniy i sooruzheniy [Development of organizational and administrative and technological actions for increase in energy efficiency of buildings and constructions]. *Servis v Rossii i za rubezhom* [Service in Russia and abroad]. 2014, vol. 8, no. 1 (48), pp. 183–192. (In Russian)
9. Shoykhet B.M. Kontseptsiya energoeffektivnogo zdaniya. Evropeyskiy opyt [The concept of the energy efficient building. European experience]. *Energosberezhenie* [Energy saving]. 2007, no. 7, pp. 62–65. (In Russian)
10. Volkov A.N., Leonova A.N., Karpanina E.N., Gura D.A. Energy performance and energy saving of life-support systems in educational institutions. *Journal of Fundamental and Applied Sciences* 2017, vol. 9 (2s), pp. 931–944 (In Russian)
11. Voronin A.V. Opyt stran Evrosoyuzya v oblasti tekhnicheskogo normirovaniya teplovoj zashchity zdaniy i sooruzheniy [Experience of the European Union countries in the field of technical rationing of thermal protection of buildings and constructions]. *Tekhnologii stroitel'stva* [Technologies of construction]. 2007, no. 4, pp. 32–39. (In Russian)
12. Jean-Baptiste Rieunier. Low energy houses in Europe multi-comfort house concept. *Effektivnye teplo- i zvukoizolyatsionnye materialy v sovremennom stroitel'stve i ZhKKh : sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Effective Warm and Sound-proof Materials in Modern Construction and Housing and Public Utilities : International scientific and practical conference]. Moscow, 1998, pp. 14–18. (In Russian)
13. Bulow-Hube H. *Energy-efficient window systems — effects on energy use and daylight in buildings*. 2001. URL: <http://portal.research.lu.se/portal/files/6098864/4392986.pdf>. (In Russian)
14. Korniyenko S.V. Povyshenie teplozashchity stenovykh konstruktsey zdaniy iz ob'emnykh blokov [Increase in a heat-shielding of wall structures of buildings from volume blocks]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures], 2016, vol. 8 (47), pp. 17–30. (In Russian)
15. Geraskin Yu.M., Kuliyeva Yu.T. Metodicheskie osnovy formirovaniya sistemy otsenki vliyaniya faktorov energosberezheniya pri stroitel'stve i ekspluatatsii ob'ektov elektroenergetiki [Methodical bases of formation of system of assessment of influence of factors of energy saving at construction and operation of power generation facilities]. *Nauch-*

nyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. *Stroitel'stvo i arkhitektura* [Scientific bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture]. 2014, vol. 3 (35), pp. 63–70. (In Russian)

16. Volkov A.N., Konovalova G.M. Energoberezhenie i obespechenie komfortnykh usloviy obrazovatel'nogo protsessa za schet avtomatizatsii sistem teplosnabzheniya v uchebnykh korpusakh SGU [Energy saving and providing comfortable conditions of educational process due to automation of systems of heat supply in the SGU educational cases]. *Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote. Sochinskiy gosudarstvennyy universitet* [the Report on research work Sochi State University]. 2015. (In Russian)

17. Karpanina E.N., Leonova A.N. Monitoring energoefektivnykh zdaniy [Monitoring of energy efficient buildings]. *Stroitel'stvo v pribrezhnykh kurortnykh regionakh : mat. IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Sochi, 23–27 maya 2016 g.)* [Construction in coastal resort regions : proceedings of the Intern. scientific.-prakt. conf.]. Sochi, SGU, 2016. pp. 145–148. (In Russian)

18. Karpanina E.N., Leonova A.N. Znachenie teploperenosa kak svoystvo stroitel'nykh konstruktsiy v zdaniyakh i sooruzheniyakh [The role of heat transfer as a property of construction elements in buildings and structures]. *Perspe-*

ktivy nauki [Prospects of science]. 2016, no. 9 (84), pp. 39–43. (In Russian)

19. Grabovyy K.P., Kiselyova E.A. Energoeffektivnost' zhilishchnogo fonda kak ekonomicheskiy stimul povysheniya potrebitel'skikh kachestv ob"ektov nedvizhimosti [Energy efficiency of housing stock as an economic incentive to increase the performance of real estate objects]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, vol. 3, pp. 79–91. (In Russian)

20. Shafigh P., Asadi I., Mahyuddin N.B. Concrete as a thermal mass material for building applications — A review. *Journal of Building Engineering*. 2018, vol. 19, pp. 14–25. (In Russian)

21. Parameshwaran R., Kalaiselvam S., Harikrishnan S., Elayaperumal A. Sustainable thermal energy storage technologies for buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2012, vol. 16, issue 5, pp. 2394–2433. (In Russian)

22. Martínez-Molina A., Tort-Ausina I. Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016, vol. 61, pp. 70–85. (In Russian)

23. Gustavsson L., Joelsson A. Life cycle primary energy analysis of residential buildings. *Energy and Buildings*. 2010, vol. 42, issue 2, pp. 210–220. (In Russian)

Received January 21, 2018.

Adopted in final form on May 16, 2018.

Approved for publication on June 29, 2018.

ABOUT THE AUTHORS: **Leonova Anna Nikolaevna** — candidate of technical sciences, the associate professor, **Kuban State Technological University (KubGTU)**, 2 Moskovskaya st., Krasnodar, 350072, Russian Federation, lan.75@mail.ru;

Kurochka Maria Vyacheslavovna — student, **Kuban State Technological University (KubGTU)**, 2 Moskovskaya st., Krasnodar, 350072, Russian Federation, m-kurochka9899@mail.ru.