

Научная статья  
УДК 620.9-047.645

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ И ОЦЕНКИ КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ГВС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИНВЕСТИЦИОННОГО ЭНЕРГОАУДИТА ДЛЯ ОБЪЕКТА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ — РЕФТИНСКОЙ ГОРОДСКОЙ БОЛЬНИЦЫ

**Лолита Антоновна Шинкаренкова<sup>1</sup>, Вячеслав Валерьевич Самофеев<sup>2</sup>,  
Евгений Михайлович Соловей<sup>3</sup>, Павел Андреевич Меньщиков<sup>4</sup>,  
Антон Николаевич Соколов<sup>5</sup>, Михаил Яковлевич Лаховский<sup>6</sup>,  
Виктор Юрьевич Балдин<sup>7</sup>**

<sup>1,2,3,4,5,7</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>6</sup> Группа компаний «Комос», Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> [lolikbolik2001@mail.ru](mailto:lolikbolik2001@mail.ru)

**Аннотация.** В статье представлен анализ результатов выполнения проекта по разработке и оценке комплекса мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности системы отопления и ГВС с использованием методов инвестиционного энергоаудита для объекта здравоохранения Свердловской области — Рефтинской городской больницы. Приведены расчетные значения ожидаемой экономии энергоресурсов, экономического и экологического эффекта от реализации предложенных энергосберегающих мероприятий. Дана оценка инвестиционной привлекательности внедрения рассматриваемого проекта.

**Ключевые слова:** энергосбережение, ресурсосбережение, отопление, ГВС, энергоэффективность, инвестиционный энергоаудит, объект здравоохранения, проектное обучение, экологическая эффективность

**Для цитирования:** Результаты разработки и оценки комплекса мероприятий по повышению энергоэффективности системы отопления и ГВС с использованием методов инвестиционного энергоаудита для объекта здравоохранения Свердловской области — Рефтинской городской больни-

---

© Шинкаренкова Л. А., Самофеев В. В., Соловей Е. М., Меньщиков П. А., Соколов А. Н., Лаховский М. Я., Балдин В. Ю., 2023

цы / Л. А. Шинкаренкова, В. В. Самофеев, Е. М. Соловей, П. А. Меньщиков, А. Н. Соколов, М. Я. Лаховский, В. Ю. Балдин // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика. Даниловские чтения — 2021 = Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021 : сборник научных трудов. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. С. 260–270.

Original article

## THE RESULTS OF THE DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A SET OF MEASURES TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF THE HEATING SYSTEM AND HOT WATER SUPPLY USING THE METHODS OF INVESTMENT ENERGY AUDIT FOR A HEALTHCARE FACILITY IN THE SVERDLOVSK REGION — REFT CITY HOSPITAL

**Lolita A. Shinkarenkova<sup>1</sup>, Vyacheslav V. Samofeev<sup>2</sup>, Evgeny M. Solovey<sup>3</sup>, Pavel A. Menshchikov<sup>4</sup>, Anton N. Sokolov<sup>5</sup>, Mikhail Ya. Lakhovsky<sup>6</sup>, Victor Yu. Baldin<sup>7</sup>**

<sup>1,2,3,4,5,7</sup> Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

<sup>6</sup> Company group “Komos”, Ekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> [lolikbolik2001@mail.ru](mailto:lolikbolik2001@mail.ru)

**Abstract.** The paper presents an analysis of the results of the project on the development and evaluation of a set of measures aimed at improving the energy efficiency of the heating system and hot water supply by the methods of investment energy audit for a healthcare facility in the Sverdlovsk region — Reft city hospital. The calculated values of the expected savings in energy resources, economic and environmental effects from the implementation of the proposed energy saving measures are given. An assessment of the investment attractiveness of the implementation of the project under consideration is given.

**Keywords:** energy saving, resource saving, heating, hot water supply, energy efficiency, investment energy audit, healthcare facility, project-based learning, environmental efficiency

**For citation:** Shinkarenkova L. A., Samofeev V. V., Solovey E. M., Menshchikov P. A., Sokolov A. N., Lakhovsky M. Ya., Baldin V. Yu. (2023). Rezul'taty raz-

rabotki i otsenki kompleksa meropriyatiy po povysheniyu energoeffektivnosti sistemy otopleniya i GVS s ispol'zovaniyem metodov investitsionnogo energoaudita dlya ob"yekta zdravookhraneniya Sverdlovskoy oblasti — Reftinskoy gorodskoy bol'nit-sy [The Results of the Development and Evaluation of a Set of Measures to Improve the Energy Efficiency of the Heating System and Hot Water Supply Using the Methods of Investment Energy Audit for a Healthcare Facility in the Sverdlovsk Region — Reft City Hospital]. *Ehnergo- i resursosberezhenie. Ehnergoobespechenie. Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki ehnergii. Atomnaya ehnergetika. Danilovskie chteniya — 2021* [Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021]. Ekaterinburg : Ural University Publishing House, 2023. P. 260–270. (In Russ).

**В** целях совершенствования комплексного плана мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики Российской Федерации, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2018 г. № 703-р [1], Минэкономразвития России разработало в 2020 г. перечень первоочередных задач и обновленный комплексный план мероприятий по повышению энергоэффективности [2; 3], предусматривающие реализацию мероприятий, направленных на снижение энергоемкости ВВП Российской Федерации как ключевого фактора экономического роста за счет усиления мер государственной политики в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности в секторах экономики с наибольшим объемом потребления энергии, среди которых сектор зданий и жилищно-коммунальное хозяйство.

Отдельным направлением комплексного плана является повышение энергетической эффективности бюджетного сектора как источника прямых расходов бюджетов всех уровней бюджетной системы Российской Федерации [3].

Обновленным комплексным планом предлагается установить требования по проведению мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности в рамках капитального ремонта зданий. В план включены мероприятия по внедрению обязательного приборного учета потребления энергетических ресурсов. При этом также обязательным должно стать внедрение автоматизированных информационно-измерительных систем учета энергии с автоматическим сбором показаний приборов учета, реализация мероприятий по внедрению интеллектуальных систем учета потребления энергетических ресурсов. Предло-

жены механизмы развития энергосервисной деятельности и стимулирования инвестиций в энергосбережение [3].

По мнению экспертов, Минэкономразвития России как уполномоченный орган по формированию госполитики энергоэффективности в этом документе обеспечил интеграцию различных направлений, новые финансовые инструменты, заметно больше требований и ограничений [4], чем в предыдущей версии плана [1], что сделало план более подробным и качественным [5].

Одно из первоочередных предложений Минэкономразвития России касается повышения эффективности потребления тепловой энергии в зданиях за счет установки автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) с погодным регулированием [6].

Известно, что в 2019 г. доля МКД, оборудованных ИТП, в том числе ИТП с автоматическим погодным регулированием температуры теплоносителя, а также автоматизированным узлом управления системой отопления (АУУ СО) возросла на 1 % по сравнению с 2018 г. и составила 14,3 %, а доля зданий бюджетных учреждений, оборудованных ИТП и АУУ СО, увеличилась на 0,3 % по сравнению с 2018 г. [7].

Целью настоящего исследования стала разработка и оценка комплекса мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности системы отопления и ГВС с использованием методов инвестиционного энергоаудита, разработанными заказчиком данного проекта — генеральным директором ГК «Комос», канд. техн. наук, доц. М. Я. Лаховским [8; 9] для одного из объектов здравоохранения Свердловской области — Рефтинской городской больницы.

Проведенный в рамках проектного обучения студентов анализ фактических данных по теплопотреблению рассматриваемого объекта показал, что имеется значительный потенциал экономии тепловой энергии в системе отопления (рис. на с. 264). В системе ГВС потенциал энергосбережения составляет меньшую величину (табл. на с. 264).

Расчетный годовой потенциал экономии тепловой энергии в системе отопления и ГВС здания Рефтинской городской больницы представлен в табл.

В структуре расчетной экономии тепловой энергии среди рекомендованных мероприятий по энергосбережению в системе отопления превалирует доля оптимизации параметров теплоносителя путем погодного регулирования, составляющая 72,1 %, которая может быть

получена путем установки АУУ СО или применения автоматизированного ИТП. При этом комплексное осуществление оптимизации параметров теплоносителя в сочетании с дискретным и временным регулированием, а также снижением температуры воды, подаваемой на ГВС до нижнего предела норм, установленных СанПиН 2.1.3684–21, позволит получить максимальный эффект за счет применения АУУ с использованием энергосберегающего оборудования производства группы компаний «Комос» [10].

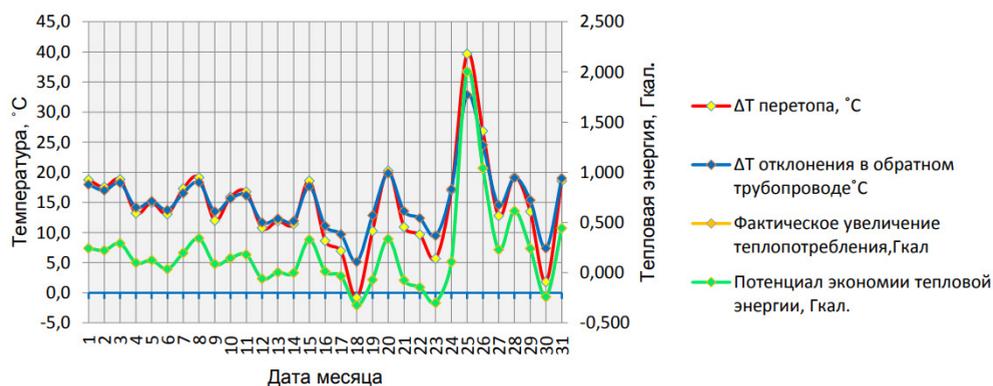


Рис. Зависимость потенциала экономии тепловой энергии от отклонения температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах системы отопления для данного объекта за один из месяцев отопительного периода

Таблица

**Расчетный годовой потенциал и структура ожидаемой экономии тепловой энергии в системе отопления и ГВС здания Рефтинской городской больницы**

Наименование показателя	Гкал/год	В процентах от потребленной теплоты, %	В стоимостном выражении, руб.	В процентах от экономии теплоты, %
Расчетный потенциал экономии тепловой энергии, который можно реализовать путем оптимизации параметров теплоносителя в системе отопления	169,963	14,5	149359,75	72,1
Перерасход тепловой энергии на ГВС из-за превышения температуры на подаче выше норм СанПиН	7,386	22,6	6490,47	3,1

Окончание табл.

Наименование показателя	Гкал/год	В процентах от потребленной теплоты, %	В стоимостном выражении, руб.	В процентах от экономии теплоты, %
Расчетное значение дополнительной экономии тепловой энергии от снижения теплопотребления в ночное время и дискретного регулирования	58,502	5,0	51410,61	24,8
Суммарная величина	235,851	19,6	207260,83	100,0

С учетом понижающего коэффициента, равного 0,7, корректирующего практическую величину экономии по сравнению с теоретической, а также учитывающего различные внешние факторы, такие как различие, при одинаковых температурах внешней среды в базовом и отчетном периодах, термодинамических параметров теплоносителя, поставляемого ресурсоснабжающей организацией; непредсказуемость природно-климатических условий (возможную большую разницу температур окружающей среды между базовыми и отчетными, которая оказывает существенное влияние на погодный коэффициент и, соответственно, величину теплопотребления в отчетном периоде, приведенную к сопоставимым условиям базового периода); производственно-технологические риски (уменьшение КПД существующей системы отопления в процессе исполнения энергосервисного контракта, аварии и отказы оборудования и т. п.); а также некоторые другие, расчетный суммарный потенциал экономии тепловой энергии за счет возможного применения погодного регулирования в сочетании с дискретным регулированием теплопотребления и оптимизацией ГВС здания составил 165,095 Гкал/год, или 13,7% от потребляемого зданием в анализируемый период объема теплоты, что в денежном выражении может составить 145,083 тыс. руб./год (при тарифе, установленном для данной организации 878,78 руб./Гкал).

Установка АУУ СО или АИТП для осуществления регулирования теплопотребления приведет также к незначительному увеличению потребления электроэнергии из-за электропотребляющего оборудования, входящего в их состав, что не окажет существенного влияния на рассчитанный потенциал экономии. Ожидаемое увеличение потребления электроэнергии на насосах АУУ СО может составить 107,04 кВт · ч/год, что учтено при определении величины суммарного практического потенциала энергосбережения.

В пересчете на первичное условное топливо суммарная величина экономии составляет 26,745 т первичного условного топлива, а в пересчете на выбросы  $\text{CO}_2$ —78,364 т/год, что характеризует положительный экологический эффект — снижение поступления парниковых газов в атмосферу.

С учетом того, что, согласно имеющемуся опыту ГК «Комос», устанавливающему инвестиционную привлекательность проекта, направленного на повышение энергоэффективности для энергосервисной компании (ЭСКО), возникающую при возможной экономии энергоресурсов в размере не менее, чем 10 % от исходного (базового) объема потребления ТЭР, данный проект позволит снизить теплотребление на 13,7 %, следовательно, можно ожидать, что будет обеспечиваться приемлемый срок окупаемости капитальных вложений в реализацию рассматриваемого проекта.

Согласно экономическим оценкам, при капитальных затратах на осуществление данного проекта, составляющих 450 тыс. руб., срок возврата средств, инвестируемых ЭСКО, наступит через пять отопительных сезонов, а при гарантированной экономии энергоресурсов, устанавливаемых в размере не ниже 10 %, срок исполнения энергосервисного контракта по данному объекту должен быть 7 лет.

Оценка применения автоматизированного индивидуального теплового пункта показывает, что это является еще более дорогостоящим мероприятием, по эффективности сопоставимым с установкой АУУ СО и регулятором температуры в системе ГВС, в результате чего АИТП является менее выгодным по критерию «цена — эффективность — окупаемость».

Таким образом, в результате выполненной работы получена оценка потенциала и возможной экономии энергоресурсов, которые являются положительными и инвестиционно-привлекательными для заключения энергосервисного контракта по рассмотренному объекту.

### **Список источников**

1. Комплексный план мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики Российской Федерации : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2018 г. № 703-р. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_296507/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_296507/) (дата обращения: 01.12.2021).

2. Минэкономразвития России обновило план мероприятий по повышению энергоэффективности экономики // Минэкономразвития России : [официальный сайт]. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/news/minekonomrazvitiya\\_rossii\\_obnovilo\\_plan\\_meropriyatiy\\_po\\_povysheniyu\\_energoeffektivnosti\\_ekonomiki.html](https://www.economy.gov.ru/material/news/minekonomrazvitiya_rossii_obnovilo_plan_meropriyatiy_po_povysheniyu_energoeffektivnosti_ekonomiki.html) (дата обращения: 01.12.2021).

3. Проект распоряжения Правительства Российской Федерации об утверждении комплексного плана мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики Российской Федерации // Минэкономразвития России : [официальный сайт]. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/file/3723842eac0fb0c0e7a789f2b8996ecb/plan\\_meropriyatiy.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/3723842eac0fb0c0e7a789f2b8996ecb/plan_meropriyatiy.pdf) (дата обращения: 01.12.2021).

4. Степанова М. В. Читаем проект нового Комплексного плана повышения энергоэффективности экономики // EnergiaVita : [сайт]. URL: <https://energiavita.ru/2020/08/11/chitaem-proekt-novogo-kompleksnogo-plana-povysheniya-ehnergoehffektivnosti-ehkonomiki/> (дата обращения: 01.12.2021).

5. Давыдова А. Энергоэффективности обновили цель и средства [11.08.2020] // Коммерсант : [сайт]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4450020> (дата обращения: 01.12.2021).

6. О состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в России : государственный доклад. М. : Минэкономразвития России, 2019. 85 с. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/gosudarstvennyy\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_energoberezheniya\\_i\\_povyshenii\\_energeticheskoy\\_effektivnosti\\_v\\_rossiyskoy\\_federacii\\_za\\_2018\\_god.html](https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_energoberezheniya_i_povyshenii_energeticheskoy_effektivnosti_v_rossiyskoy_federacii_za_2018_god.html) (дата обращения: 01.12.2021).

7. О состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в России : Государственный доклад. М. : Минэкономразвития России, 2020. 115 с. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/file/cab72b97ea2e513c64e1f768f5483d79/Gosdoklad\\_2020.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/cab72b97ea2e513c64e1f768f5483d79/Gosdoklad_2020.pdf) (дата обращения: 01.12.2021).

8. Программа инвестиционного энергоаудита и экономии энергоресурсов и водоснабжения : сертификат соответствия № 005–2021, выдан ООО «Группа Комос» (г. Екатеринбург) СДС ФЦСПО «АВОК» 23.11.2021, рег. № РОСС RU.32123.04 АВК0. URL: <https://www.abok.ru/pages.php?block=sertif> (дата обращения: 01.12.2021).

9. Лаховский М. Я. Инвестиционный аудит энерго- и ресурсопотребления МКД. Особенности взаимодействия потребителей с РСО.

URL: <http://gkhkontrol.ru/wp-content/uploads/2018/07/ВЕБИНАР-1.pdf> (дата обращения: 01.12.2021).

10. Энергосберегающий программно-аппаратный комплекс погодно-временного регулирования КОМОС-ДУ (КОМОС УЗЖ-ПВП). URL: [https://www.groupkomos.ru/catalog/energoberegayushchiy\\_programmno\\_apparatnyy\\_kompleks\\_komos\\_atm/](https://www.groupkomos.ru/catalog/energoberegayushchiy_programmno_apparatnyy_kompleks_komos_atm/) (дата обращения: 01.12.2021).

## References

1. Comprehensive Plan of measures to improve the energy efficiency of the economy of the Russian Federation, approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated April 19, 2018 No. 703-R. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_296507/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_296507/) (date of access: 01.12.2021).

2. The Ministry of Economic Development of Russia has updated the action plan for improving the energy efficiency of the economy // The Ministry of Economic Development of Russia : [website]. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/news/minekonomrazvitiya\\_rossii\\_obnovilo\\_plan\\_meropriyatiy\\_po\\_povysheniyu\\_energoeffektivnosti\\_ekonomiki.html](https://www.economy.gov.ru/material/news/minekonomrazvitiya_rossii_obnovilo_plan_meropriyatiy_po_povysheniyu_energoeffektivnosti_ekonomiki.html) (date of access: 01.12.2021).

3. Draft decree of the Government of the Russian Federation on the approval of a comprehensive plan of measures to improve the energy efficiency of the economy of the Russian Federation // Ministry of Economic Development of the Russian Federation : [website]. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/file/3723842eac0fb0c0e7a789f2b8996ecb/plan\\_meropriyatiy.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/3723842eac0fb0c0e7a789f2b8996ecb/plan_meropriyatiy.pdf) (date of access: 01.12.2021).

4. Stepanova M. V. We are reading the draft of a new Comprehensive plan for improving the energy efficiency of the economy // EnergiaVita : [website]. URL: <https://energiavita.ru/2020/08/11/chitaem-proekt-novogo-kompleksnogo-plana-povysheniya-ehnergoehffektivnosti-ehkonomiki/> (date of access: 01.12.2021).

5. Davydova A. Energy efficiency updated the purpose and means // Kommersant : [website]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4450020> (date of access: 01.12.2021).

6. On the state of energy conservation and energy efficiency improvement in Russia : state report. M. : Ministry of Economic Development of Russia, 2019. 85 p. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/gosudarstvennyy\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_energoberezheniya\\_i\\_povysh-](https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_energoberezheniya_i_povysh-)

[eni\\_energeticheskoy\\_effektivnosti\\_v\\_rossiyskoy\\_federacii\\_za\\_2018\\_god.html](#) (date of access: 01.12.2021).

7. On the state of energy conservation and energy efficiency improvement in Russia : State Report. M. : Ministry of Economic Development of Russia, 2020. 115 p. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/file/cab-72b97ea2e513c64e1f768f5483d79/Gosdoklad\\_2020.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/cab-72b97ea2e513c64e1f768f5483d79/Gosdoklad_2020.pdf) (date of access: 01.12.2021).

8. Program of investment energy audit and saving of energy resources and water supply : certificate of conformity No. 005—2021, issued by Komos Group LLC (Ekaterinburg) SDS FSPO “AVOK” 23.11.2021, reg. ROSS NO. RU.32123.04AVK0. URL: <https://www.abok.ru/pages.php?block=sertif> (date of access: 01.12.2021).

9. Lakhovsky M. Ya. Investment audit of energy and resource consumption of the MCD. Features of consumer interaction with RSO. URL: <http://gkhkontrol.ru/wp-content/uploads/2018/07/ВЕБИНАР-1.pdf> (date of access: 01.12.2021).

10. Energy-saving software and hardware complex of weather and time regulation KOMOS-DU (KOMOS UZZH-PVR). URL: [https://www.group-komos.ru/catalog/energoberegayushchiy\\_programmno\\_apparatnyy\\_kompleks\\_komos\\_atm/](https://www.group-komos.ru/catalog/energoberegayushchiy_programmno_apparatnyy_kompleks_komos_atm/) (date of access: 01.12.2021).

### Информация об авторах

**Лолита Антоновна Шинкаренкова** — студентка Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [lolikbolik2001@mail.ru](mailto:lolikbolik2001@mail.ru)

**Вячеслав Валерьевич Самофеев** — студент Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [slav.samofeev@yandex.ru](mailto:slav.samofeev@yandex.ru)

**Евгений Михайлович Соловей** — студент Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [evgeniy.solovey210@gmail.com](mailto:evgeniy.solovey210@gmail.com)

**Павел Андреевич Меньщиков** — студент Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [menshikoff16@gmail.com](mailto:menshikoff16@gmail.com)

**Антон Николаевич Соколов** — студент Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [ason00@bk.ru](mailto:ason00@bk.ru)

**Михаил Яковлевич Лаховский** — кандидат технических наук, доцент, генеральный директор Группы компаний «Комос» (Екатеринбург, Россия), [lakhovskiy@gmail.com](mailto:lakhovskiy@gmail.com)

**Виктор Юрьевич Балдин** — старший преподаватель кафедры тепловых электрических станций Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [v.u.baldin@urfu.ru](mailto:v.u.baldin@urfu.ru)

### Information about the authors

**Lolita A. Shinkarenkova** — Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), [lolikbolik2001@mail.ru](mailto:lolikbolik2001@mail.ru)

**Vyacheslav V. Samofeev** — Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), [slav.samofeev@yandex.ru](mailto:slav.samofeev@yandex.ru)

**Evgeny M. Solovey** — Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), [evgeniy.solovey210@gmail.com](mailto:evgeniy.solovey210@gmail.com)

**Pavel A. Menshchikov** — Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), [menshikoff16@gmail.com](mailto:menshikoff16@gmail.com)

**Anton N. Sokolov** — Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), [ason00@bk.ru](mailto:ason00@bk.ru)

**Mikhail Ya. Lakhovsky** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, CEO Company group “Komos” (Ekaterinburg, Russia), [lakhovskiy@gmail.com](mailto:lakhovskiy@gmail.com)

**Victor Yu. Baldin** — Senior Lecturer of the Department of Thermal Power Plants of Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), [v.u.baldin@urfu.ru](mailto:v.u.baldin@urfu.ru)