

Научная статья
УДК 620.9-047.645

РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ГВС ПУТЕМ ПРОВЕДЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ЭНЕРГОАУДИТА ДЛЯ ОБЪЕКТА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ — БИСЕРТСКОЙ ГОРБОЛЬНИЦЫ

**Валерий Андреевич Медведев¹, Михаил Дмитриевич Смирных²,
Алексей Дмитриевич Коуров³, Семен Евгеньевич Штин⁴,
Милана Валерьевна Ивелева⁵, Елена Александровна Тренихина⁶,
Михаил Яковлевич Лаховский⁷, Виктор Юрьевич Балдин⁸**

^{1,2,3,4,5,6,8} Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

⁷ Группа компаний «Комос», Екатеринбург, Россия

¹ warhammer_valera@mail.ru

Аннотация. В статье представлен анализ результатов выполнения проекта по разработке и оценке комплекса мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности системы отопления и ГВС путем проведения инвестиционного энергоаудита для объекта здравоохранения Свердловской области — Бисертской горбольницы. 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, энергоэффективность, инвестиционный энергоаудит, объект здравоохранения, проектное обучение, экологическая эффективность

Для цитирования: Разработка и оценка комплекса мероприятий по повышению энергоэффективности системы отопления и ГВС путем проведения инвестиционного энергоаудита для объекта здравоохранения Свердловской области — Бисертская горбольница / В. А. Медведев, М. Д. Смирных, А. Д. Коуров, С. Е. Штин, М. В. Ивелева, Е. А. Тренихина, М. Я. Лаховский,

© Медведев В. А., Смирных М. Д., Коуров А. Д., Штин С. Е., Ивелева М. В., Тренихина Е. А., Лаховский М. Я., Балдин В. Ю., 2023

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. 148–158.

Original article

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A SET OF MEASURES TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF THE HEATING SYSTEM AND HOT WATER SUPPLY THROUGH AN INVESTMENT ENERGY AUDIT FOR A HEALTHCARE FACILITY IN THE SVERDLOVSK REGION — BISERT CITY HOSPITAL

**Valery A. Medvedev¹, Mikhail D. Smirnykh², Alexei D. Kourov³,
Semyon E. Shtin⁴, Milana V. Ivelleva⁵, Elena A. Trenikhina⁶,
Mikhail Ya. Lakhovsky⁷, Victor Yu. Baldin⁸**

^{1,2,3,4,5,6,8} Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

⁷ Company group “Komos”, Ekaterinburg, Russia

¹ warhammer_valera@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 conducting an investment energy audit for a healthcare facility in the Sverdlovsk region — Bisert 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, energy efficiency, investment energy audit, healthcare facility, project-based learning, environmental efficiency

For citation: Medvedev V. A., Smirnykh M. D., Kourov A. D., Shtin S. E., Ivelleva M. V., Trenikhina E. A., Lakhovsky M. Ya., Baldin V. Yu. (2023). Razrabotka i otsenka kompleksa meropriyatiy po povysheniyu energoeffektivnosti sistemy otopeniya i GVS putem provedeniya investitsionnogo energoaudita dlya ob"yektov zdravookhraneniya Sverdlovskoy oblasti — Bisertsкая gorbol'nitsa [Development and Evaluation of a Set of Measures to Improve the Energy Efficiency of the

Heating System and Hot Water Supply Through an Investment Energy Audit for a Healthcare Facility in the Sverdlovsk Region — Bisert 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. 148—158. (In Russ).

В УрФУ в настоящее время успешно реализуется проектное обучение студентов как инструмент эффективной работы в образовательных организациях, учитывающий переход к перспективной экономике, которая характеризуется проникновением цифровых технологий во все сферы человеческой деятельности. Форма подготовки студентов, на основе которой проводится проектное обучение, является современной технологией освоения образовательной программы и соответствует перспективному направлению глобальной технологической повестки, обозначенной в Прогнозе научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 г. [1], определяющей подготовку кадров для цифровой экономики на основе знаний информационно-коммуникационных технологий и их активном использовании в своей профессиональной деятельности.

В разделе 7 — Энергоэффективность и энергосбережение Прогноза [1] важными условиями формирования постиндустриальной энергетике названы:

- опережающий рост секторов и высокотехнологичных производств, отличающихся низкой энергоемкостью;
- использование более широкого спектра источников энергии;
- локализация производства и его приближение к потребителю;
- внедрение широкомасштабных проектов повышения энергоэффективности.

В числе перспективных направлений научных исследований в области энергоэффективности и энергосбережения обозначено эффективное потребление энергии, к которому отнесены [1]:

- повышение энергоэффективности энергоемких производств;
- здания с минимальным энергопотреблением;
- высокоэффективное электрооборудование и системы управления им;
- новые источники света и интеллектуальные системы освещения;

— интеллектуальные системы управления энергопотреблением технологических процессов и зданий.

Одним из важных инструментов системы энергосбережения служит энергетическое обследование (энергоаудит), в том числе таких объектов, как здания, являющиеся основными потребителями энергоресурсов, — сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергоресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности [2].

Инвестиционный энергоаудит, методика [3] и программа [4; 5] которого разработана заказчиком данного проекта — генеральным директором ГК «Комос» (канд. техн. наук, доц. М. Я. Лаховским), относится к числу энерго- и ресурсосберегающих мероприятий, в рамках которого, на основании анализа энерго- и ресурсопотребления рассматриваемого здания и необходимых расчетов, выявляются фактические энергетические потребности и формулируются предложения оптимальных решений по достижению минимально возможного потребления энергоресурсов с сохранением оптимальных параметров микроклимата в здании [6] и норм, установленных СанПиН 2.1.3684—21 [7].

Методика предусматривает выполнение расчетов на основе получаемых на объекте данных и анализ полученных результатов, что позволяет оценить теплотребление с учетом:

— физического состояния систем отопления и ГВС, отличающихся уровнем износа, наличием отложений различной толщины и т. п., а также их эффективности;

— влияния отклонения параметров теплоносителя на теплотребление здания, потенциал экономии тепловой энергии, заложенный в оптимизацию параметров теплоносителя, подаваемого в системы отопления и ГВС здания;

— сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и величину тепловых потерь.

В качестве объекта для разработки и оценки комплекса мероприятий по повышению энергоэффективности системы отопления и ГВС рассматривалось здание Бисертской городской больницы в Свердловской области. Определена величина потенциала экономии тепловой энергии в системах отопления и ГВС, а также возможность и условия его реализации в рамках энергосервисного контракта путем выполне-

ния расчетов и анализа потребления энергоресурсов: тепловой энергии и электроэнергии на насосах автоматизированного узла управления системы отопления (АУУ СО), включая оценку параметров систем отопления и ГВС здания.

Выполненные расчеты теплотребления здания позволили:

— выявить причины увеличенных теплотерь и оценить эффективность предложенных энергосберегающих мероприятий;

— определить возможность реализации потенциала экономии тепловой энергии, заложенного в оптимизацию параметров теплоносителя, подаваемого в системы отопления и ГВС здания;

— произвести оценку эффективности и рентабельности установки автоматизированного узла управления системы отопления, автоматизированного индивидуального теплового пункта (АИТП) за два периода — календарный год и отопительный сезон (время работы оборудования в системе отопления);

— оценить инвестиционную привлекательность объекта для энергосервисной компании.

Полученные в ходе обследования данные по указанному объекту позволили оценить:

— среднюю величину превышения фактической температуры теплоносителя в подающем трубопроводе, по сравнению со значениями температурного графика, соответствующих температурам наружного воздуха. Период превышения составил 10 суток, а величина — 1,3 %;

— среднюю величину отклонения фактической температуры теплоносителя в обратном трубопроводе против значений температурного графика, соответствующих температурам наружного воздуха. Период превышения составил 16 суток, а величина — 5,7 %;

— фактическое увеличение теплотребления в системе отопления с учетом отклонения температуры теплоносителя от температурного графика, что составило 1,64 Гкал за месяц;

— перерасход тепловой энергии на ГВС из-за превышения температуры на подаче теплоносителя выше норм СанПиН, который составил 4,43 %.

Наглядное представление о зависимости потенциала экономии тепловой энергии от отклонения температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах системы отопления дает рисунок, построенный по фактическим данным за один из месяцев отопительного периода для данного объекта.

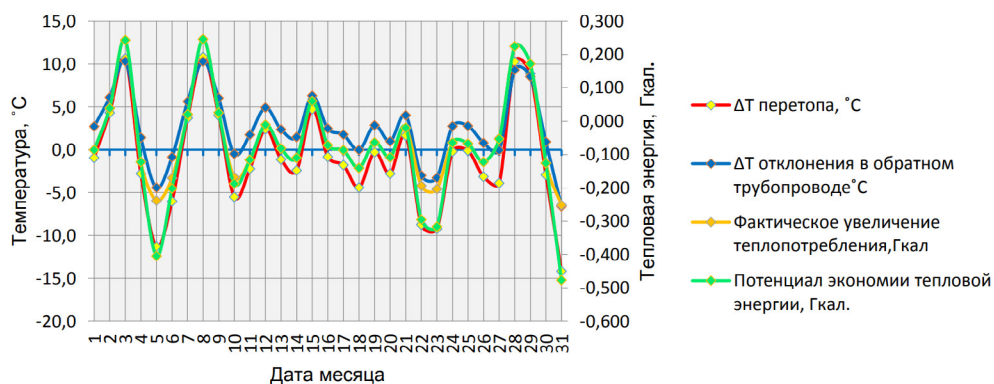


Рис. Зависимость потенциала экономии тепловой энергии в результате отклонения температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах системы отопления

Расчетный суммарный потенциал экономии тепловой энергии за счет возможного применения погодного регулирования в сочетании с дискретным регулированием теплотребления и оптимизацией ГВС здания составил (с учетом понижающего коэффициента, корректирующего практическую величину экономии по сравнению с теоретической, а также учитывающего различные внешние факторы) 8,94 Гкал/год, или 1,82 % от потребляемого зданием объема теплоты, что в денежном выражении может быть оценено в 16,81 тыс. руб./год (при тарифе 1880,11 руб./Гкал). В пересчете на первичное условное топливо эта величина составляет 1,448 т первичного условного топлива, а в пересчете на выбросы CO_2 — 4,243 т/год.

Повышение энергоэффективности объекта может быть достигнуто путем применения такого мероприятия, как использование автоматизированного узла управления с возможностью комплексно осуществлять погодное, дискретное и погодно-временное регулирование теплотребления.

При этом использование АУУ, способное осуществлять только погодное регулирование теплотребления, обеспечит существенно меньший эффект.

Кроме того, может дополнительно рассматриваться установка теплоотражающих экранов за отопительными приборами, расположенными на наружных стенах здания. Расчетная эффективность установки теплоотражающих экранов за всеми отопительными приборами данного здания горбольницы за отопительный период может

составить 14,535 Гкал или 27333,95 руб./год. Для уточнения эффективности данного мероприятия требуется учет целого ряда особенностей конструктивного исполнения системы отопления и стеновых ограждающих конструкций здания, что в данном проекте не рассматривалось.

Важным является то, что целесообразность применения энергосберегающих мероприятий (технологий), выполняемых в рамках энергосервисного контракта, основывается, во-первых, на решении технических вопросов (получение положительного энергетического эффекта) и, во-вторых, на необходимости оценивать экономический эффект от выбранных мероприятий [8]. Опыт ГК «Комос» показывает, что инвестиционная привлекательность проекта по повышению энергоэффективности для энергосервисной компании возникает в том случае, когда определена возможная экономия энергоресурсов в размере не менее, чем 10 % от исходного объема. Тогда обеспечивается приемлемый срок окупаемости капитальных затрат на реализацию проекта в рамках энергосервисного контракта. В данном случае ожидаемая экономия составляет менее 2 %, что не позволяет достаточно быстро добиться необходимой экономической эффективности.

Применение автоматизированного индивидуального теплового пункта является еще более дорогостоящим мероприятием, а по эффективности сопоставимым с установкой АУУ СО и регулятором температуры в системе ГВС. При этом АИТП в большей степени проигрывает по критерию «цена — эффективность — окупаемость».

Таким образом, в результате выполненной работы дана оценка потенциала и возможной экономии энергоресурсов, которые являются положительными, но не могут считаться инвестиционно-привлекательными для заключения энергосервисного контракта в существующих экономических условиях.

Список источников

1. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года : утв. Правительством Российской Федерации 03.01.2014. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157978/ (дата обращения: 01.12.2021).

2. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности ... : Федер. закон РФ от 23.11.2009 № 261-ФЗ (последняя редак-

ция). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 01.12.2021).

3. Лаховский М. Я. Энергетическое обследование объектов и технологических процессов. URL: https://www.groupkomos.ru/uslugi/energeticheskoe_obsledovanie_obektov_i_tekhnologicheskikh_protssesov/ (дата обращения: 01.12.2021).

4. 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).

5. 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).

6. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М. : Стандартиформ, 2019. 15 с.

7. СанПиН 2.1.3684–21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (с изм. и доп.) : утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 3. URL: <https://base.garant.ru/400289764/> (дата обращения: 01.12.2021).

8. Гужов С. В. Формирование групп энергосберегающих технологий с учетом технико-экономической целесообразности // Энергосбережение. 2018. № 1. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6833 (дата обращения: 01.12.2021).

References

1. Forecast of scientific and technological development of the Russian Federation until 2030 : approved. By the Government of the Russian Federation 03.01.2014. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157978/ (date of access: 01.12.2021).

2. On energy saving and on improving Energy efficiency ... : Federal Law of the Russian Federation No. 261-FZ of 23.11.2009 (latest edition). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (date of access: 01.12.2021).

3. Lakhovsky M. Ya. Energy survey of objects and technological processes. URL: https://www.groupkomos.ru/uslugi/energeticheskoe_ob sledovanie_obektov_i_tekhnologicheskikh_protsesov/ (date of access: 01.12.2021).

4. 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).

5. 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/БЕБИНАР-1.pdf> (date of access: 01.12.2021).

6. GOST 30494–2011. Residential and public buildings. Indoor microclimate parameters. M. : Standartinform, 2019. 15 p.

7. SanPiN 2.1.3684–21. Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of the territories of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial, public premises, organization and conduct of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures (with amendments and additions) : approved. Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation No. 3 dated January 28, 2021. URL: <https://base.garant.ru/400289764/> (date of access: 01.12.2021).

8. Guzhov S. V. Formation of groups of energy-saving technologies taking into account technical and economic feasibility // Energy saving. 2018. No. 1. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6833 (date of access: 01.12.2021).

Информация об авторах

Валерий Андреевич Медведев — студент Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), warhammer_valera@mail.ru

Михаил Дмитриевич Смирных — студент Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), mihail300401@gmail.com

Алексей Дмитриевич Коуров — студент Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), kourov19663@mail.ru

Семен Евгеньевич Штин — студент Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), semen_shtin@mail.ru

Милана Валерьевна Ивелева — студентка Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), iveleva.m@mail.ru

Елена Александровна Тренихина — студентка Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), trenihina.e.2001@mail.ru

Михаил Яковлевич Лаховский — кандидат технических наук, доцент, генеральный директор Группы компаний «Комос» (Екатеринбург, Россия), lakhovskiym@gmail.com

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

Information about the authors

Valery A. Medvedev — Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), warhammer_valera@mail.ru

Mikhail D. Smirnykh — Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), mihail300401@gmail.com

Alexei D. Kourov — Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), kourov19663@mail.ru

Semyon E. Shtin — Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), semen_shtin@mail.ru

Milana V. Iveleva — Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), iveleva.m@mail.ru

Elena A. Trenikhina — Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), trenihina.e.2001@mail.ru

Mikhail Ya. Lakhovsky — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, CEO Company group “Komos” (Ekaterinburg, Russia), 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