



УДК 697.12

А. В. РУКОЛЕЕВ¹, канд. ист. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, процессов и аппаратов химической технологии;
П. В. ПЕТРЕКОВ¹, канд. техн. наук, зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, процессов и аппаратов химической технологии;
Ю. С. РЕШЕТОВ², директор

ОЦЕНКА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

¹ФГБОУ ВО «Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова».

Россия, 659305, г. Бийск, ул. имени Героя Советского Союза Трофимова, д. 27.

Тел.: (3854) 43-24-56; эл. почта: raht@bti.secna.ru

²ООО «Бюро Экспертиз Решение».

Россия, 659315, г. Бийск, ул. Социалистическая, д. 98, оф. 106.

Тел.: (3854) 30-70-08; эл. почта: my.graphology@yandex.ru

Ключевые слова: теплоснабжение, освещение, тепловизионная диагностика, энергоаудит.

Статья посвящена вопросам повышения энергоэффективности в бюджетных учреждениях с акцентом на теплоснабжение и освещение. На примере МБУ «Бийский бизнес-инкубатор» рассматриваются методы тепловизионной диагностики, энергетического аудита, влияние климатических условий на эксплуатацию зданий. Приведен анализ нарушений теплоизоляции, отклонений потребления и предложены конкретные меры – от модернизации осветительных систем до внедрения автоматизированного управления теплоснабжением.

Введение

Повышение энергоэффективности в бюджетной сфере РФ остается одной из приоритетных задач государственной политики, особенно в условиях роста стоимости энергоресурсов и ограниченности финансирования в холодных регионах. Усиление нормативных требований в последние годы предусматривает более жесткие показатели энергоэффективности зданий, внедрение цифровой отчетности, включая энергетические паспорта и ГИС «Энергоэффективность», а также стимулирование применения энергосервисных контрактов.

Научная новизна исследования заключается в комплексной оценке теплотехнического состояния административного здания на основе совмещения тепловизионного контроля, анализа фактического энергопотребления и цифрового мониторинга. В отличие от традиционных энергетических обследований, в работе использованы натурные тепловизионные измерения с учетом климатических условий г. Бийска и реальных режимов эксплуатации. Полученные результаты позволяют обосновать приоритетность мероприятий по повышению энергоэффективности.



Результаты исследований

Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации (ред. 2023 г.) [1] остается основным документом, регулирующим деятельность в сфере энергоэффективности и обязывающим бюджетные учреждения проводить энергообследования и реализовывать программы энергосбережения. В условиях сурового климата Сибири энергоэффективность становится критически важной из-за длительного отопительного сезона, температурных перепадов и износа ограждающих конструкций. МБУ «Бийский бизнес-инкубатор» является типичным объектом, где старые конструкции, отсутствие регулирования теплоотдачи и устаревшее освещение приводят к высоким тепловым потерям и снижению общей эффективности здания.

Как отмечает Е. Е. Гамова, «бюджетные учреждения обладают значительным потенциалом энергосбережения, однако его реализация осложняется недостатком инвестиций и технической инерцией» [2]. Несмотря на это, даже малозатратные мероприятия – модернизация осветительных систем, установка автоматических регуляторов отопления, локальная теплоизоляция и внедрение АСКУЭ – могут обеспечивать заметный эффект. Ключевым этапом таких мер является энергетическое обследование, включающее анализ фактического потребления и инструментальные методы диагностики, в том числе тепловизионный контроль.

Современная практика подтверждает высокую эффективность тепловизионного обследования: по данным исследователей [3], тепловизоры позволяют выявлять скрытые дефекты теплоизоляции, нарушения герметичности и тепловые потери через ограждающие конструкции без их разрушения. Панферов В. И. подчеркивает, что данный метод дает возможность оперативно определить основные зоны утечек тепла и инфильтрации воздуха, что особенно важно для климатических условий Бийска с зимними температурами до -30°C [4].

Существенную долю энергопотребления здания формирует система освещения, в которой используются устаревшие лампы накаливания и люминесцентные светильники. Согласно выводам Моисеевой Е. В., переход на LED-системы с электронными ПРА и автоматикой управления способен снизить энергозатраты на освещение до 70 % [5]. Дополнительные потери связаны с отсутствием автоматизации, тогда как внедрение автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) обеспечивает дистанционный мониторинг, анализ нагрузок и оперативное выявление отклонений, что подчеркивает Сизганова Е. Ю. [6].

Проблема энергоэффективности в бюджетной сфере имеет существенное экономическое значение. Так, по данным В. В. Стерлигова, до 25–30 % ресурсов теряется из-за тепловых потерь и нерационального использования [7]. Мероприятия по снижению энергопотребления обеспечивают не только прямую экономию, но и улучшение теплового комфорта, снижение аварийности инженерных систем и выполнение экологических требований.

Наибольший эффект достигается при сочетании инженерных, организационных и информационно-аналитических решений. Особую роль играет цифровизация, которая лежит в основе концепций «умного здания» и «умной



инфраструктуры». Как отмечает Н. Д. Зарипова [8], в условиях ограниченного финансирования приоритет должны иметь мероприятия с коротким сроком окупаемости: применение *LED*-освещения, утепление оконных и дверных узлов, регулировка отопления и внедрение погодозависимых алгоритмов.

Современная диагностика состояния ограждающих конструкций требует применения инструментальных методов, среди которых тепловизионный контроль считается одним из наиболее эффективных. Как подчеркивают Каратаев О. Р., Рыжков Д. В. и Голубева Г. Н. [9], тепловизионная съемка позволяет выявлять скрытые дефекты теплоизоляции, определять зоны инфильтрации воздуха и оценивать фактическое теплотехническое состояние строительных элементов без разрушения конструкции.

Анализ работ отечественных исследователей подтверждает, что устойчивое снижение энергопотребления в бюджетных учреждениях возможно только при интеграции инженерных, организационных и аналитических мероприятий. Согласно выводам, представленным в исследовании, посвященном ранговому анализу энергопотребления бюджетных организаций [10], системный подход позволяет выявлять основные причины перерасхода ресурсов, определять приоритетные направления модернизации и повышать результативность управленческих решений в сфере энергосбережения.

В рамках работы для оценки эффективности энергосберегающих решений применен комплексный метод, включающий анализ данных энергопотребления за 2021–2024 годы, тепловизионное обследование фасадов и внутренних помещений с использованием тепловизоров *FLIR E8-XT* и *Testo 872* с разрешением 320×240 пикселей и температурной чувствительностью 0,05 °С, а также цифровой мониторинг через систему АСКУЭ. Тепловизионное обследование выполнено в соответствии с ГОСТ Р 54852–2024 «Здания и сооружения. Методы определения показателей теплозащитной оболочки на базе тепловизионного обследования и натуральных измерений». Съемка наружных и внутренних ограждающих конструкций проводилась при температуре наружного воздуха –13 °С, ясной погоде и отсутствии осадков, при температуре воздуха внутри помещений +20...+22 °С. Экспериментальные методы исследования включали тепловизионную регистрацию температурных полей поверхностей ограждающих конструкций с фиксацией минимальных и максимальных значений температуры и анализом тепловых потерь. Интерпретация термограмм осуществлялась в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54852–2024 с использованием цветовой температурной шкалы и сопоставлением с визуальными изображениями. Исследование носило экспериментальный (натурный) характер и основывалось на прямых инструментальных измерениях.

На рис. 1 представлена структура годового потребления электроэнергии по основным категориям оборудования, что позволяет определить наиболее энергоемкие группы. Наибольший вклад в нагрузку здания вносит освещение – 50 %, что связано с использованием устаревших светильников и отсутствием автоматического управления. Существенную долю составляет кухонное оборудование (27 %), часть которого работает круглосуточно. Специализированное оборудование (5 %) и оргтехника (7 %) также формируют заметное потребление, особенно в режиме ожидания. Бытовое оборудование (11 %) представляет резерв для оптимизации при условии введения управления розеточными группами.



■ освещение ■ кухонное ■ специализированное ■ оргтехника ■ бытовое

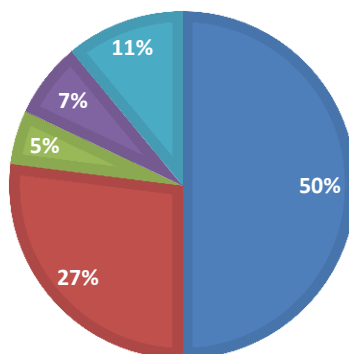


Рис. 1. Распределение потребления энергии по категориям оборудования

Проведенный анализ показывает, что модернизация системы освещения и оптимизация работы бытовых и кухонных электроприемников способны обеспечить значительное снижение общего энергопотребления здания.

На рис. 2 представлены результаты тепловизионного обследования оконного проема: слева показана термограмма, справа – фотография для сопоставления. На снимке отчетливо видны холодные зоны вдоль стыков рамы и монтажных швов, что свидетельствует о нарушении герметичности и наличии выраженных «мостиков холода». Минимальная температура достигает $-3,5^{\circ}\text{C}$, подтверждая инфильтрацию холодного воздуха. Максимальные значения температуры достигают $+20,2^{\circ}\text{C}$, что соответствует внутренним поверхностям, прогреваемым тепловым потоком помещения. Полученные данные свидетельствуют о наличии значительных теплопотерь через оконный блок. Фотография показывает использование устаревших оконных конструкций. В целом данные рисунка подтверждают значительные теплопотери, обусловленные износом уплотнителей и низкой теплоизоляцией оконного блока, что требует утепления или замены окна.

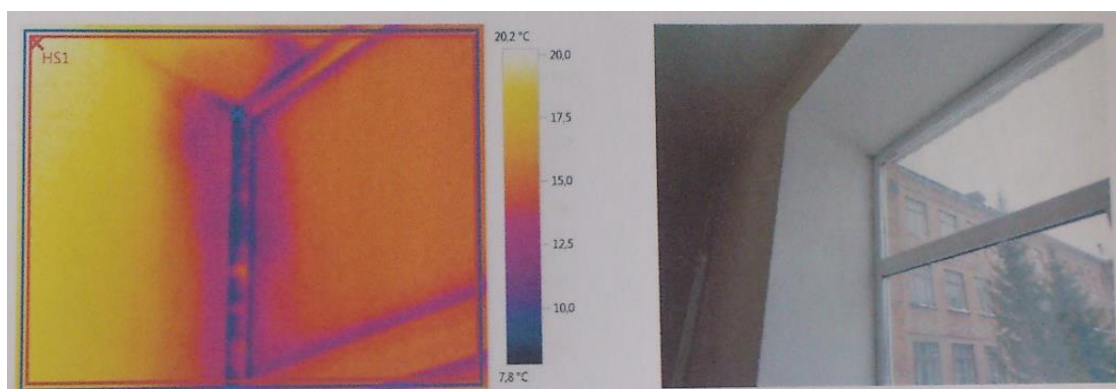


Рис. 2. Исследование оконных проемов (вторая сторона)

На рис. 3 показаны результаты тепловизионной съемки второго оконного проема, сопровождаемые его фотографией. Термограмма демонстрирует пониженные температуры по контуру рамы, где минимальные значения

достигают $-4,2^{\circ}\text{C}$, что свидетельствует о нарушении герметичности и подсосе холодного воздуха. Теплые зоны с температурой до $+17^{\circ}\text{C}$ отражают нагрев внутренних поверхностей и указывают на выраженные перепады температур. Сопоставление с фотографией позволяет точно локализовать выявленные дефекты. Полученные данные подтверждают, что оконные конструкции являются значимым источником теплопотерь и требуют модернизации для повышения энергоэффективности здания.

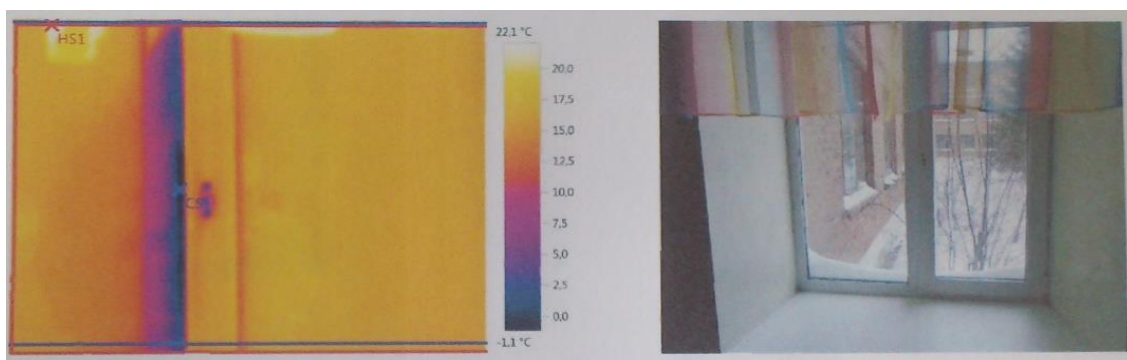


Рис. 3. Исследование оконных проемов (одна сторона)

На рис. 4 представлена тепловизионная съемка внутренних ограждающих конструкций административного помещения. Термограмма показывает выраженные температурные перепады, характерные для недостаточно утепленных наружных стен.

Холодные зоны, отмеченные сине-фиолетовыми оттенками, достигают $+9,7^{\circ}\text{C}$ и указывают на «мостики холода» в углах и местах примыкания конструкций. Теплые участки с температурой до $+30,6^{\circ}\text{C}$ располагаются вблизи отопительных приборов и инженерных коммуникаций, что подтверждает неравномерность прогрева помещения. В целом данные рисунка свидетельствуют о необходимости утепления наружных конструкций и оптимизации работы системы отопления.

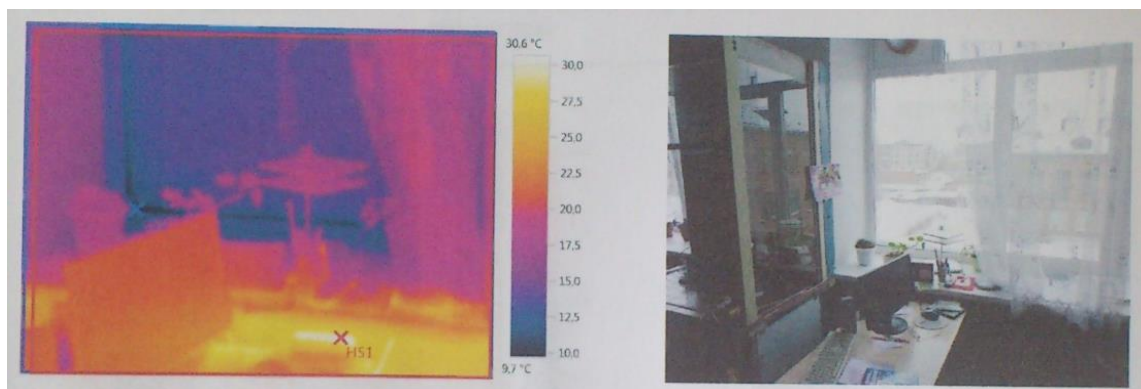


Рис. 4. Исследование административного помещения

На рис. 5 представлена тепловизионная съемка подвального помещения, где расположены магистральные трубопроводы системы отопления. Термограмма



демонстрирует выраженные тепловые аномалии: температура поверхности труб достигает $+75,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, при минимальных значениях около $+30,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, что значительно превышает нормативы для подвалов. Практически полное отсутствие холодных зон свидетельствует о бесконтрольном рассеянии тепла из-за отсутствия теплоизоляции труб. Такой перегрев приводит к существенным теплопотерям и ухудшению общего теплового режима здания. Полученные данные указывают на необходимость теплоизоляции магистральных трубопроводов.

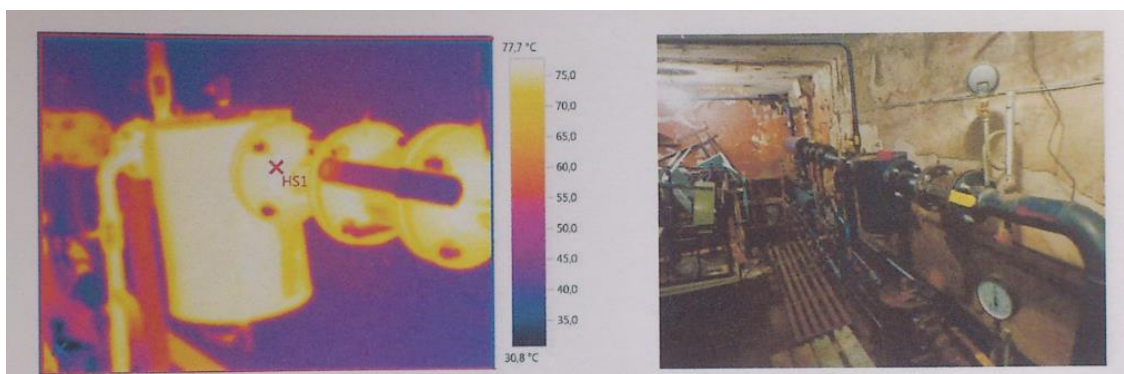


Рис. 5. Исследование подвального помещения (первый участок)

На рис. 6 представлено тепловизионное изображение другого участка подвального помещения, температурная картина которого повторяет данные рис. 5, что указывает на системную проблему отсутствия теплоизоляции. На термограмме видны зоны сильного перегрева труб и прилегающих конструкций с температурами от $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+75\text{ }^{\circ}\text{C}$, что приводит к значительным теплопотерям и негативно влияет на состояние помещения и инженерных сетей. Фотография подтверждает наличие неутепленных трубопроводов, проложенных по старым схемам. Совокупные данные рис. 5 и 6 свидетельствуют о необходимости теплоизоляции труб, ревизии системы отопления и оптимизации размещения инженерных коммуникаций.

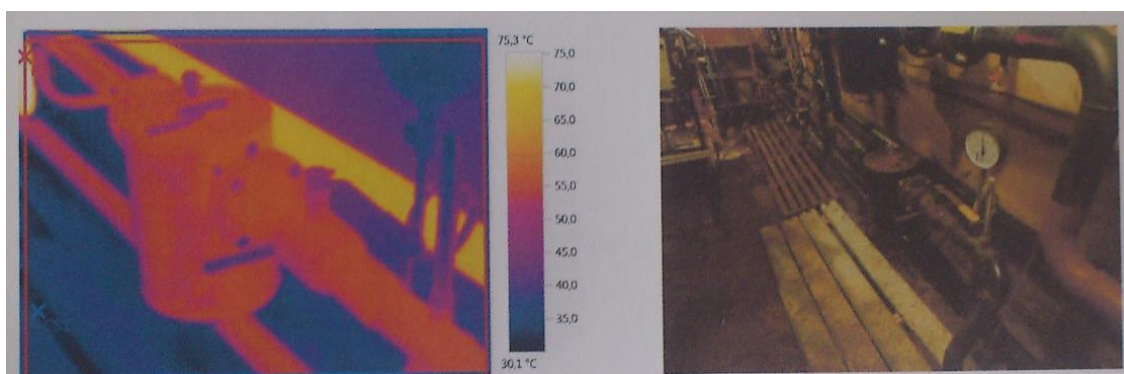


Рис. 6. Исследование подвального помещения (второй участок)

Заключение

В ходе исследования достигнута поставленная цель – выполнена оценка теплотехнического состояния административного здания и инженерных сетей



МБУ «Бийский бизнес-инкубатор». Проведенное энергетическое обследование и инструментальные измерения позволили выявить основные факторы повышенного энергопотребления объекта.

Установлено, что значительную долю энергозатрат формирует система освещения, что указывает на необходимость модернизации светотехнического оборудования. Тепловизионная диагностика выявила теплопотери в оконных и дверных проемах, а также перегрев трубопроводов в подвальных помещениях, обусловленный недостаточной теплоизоляцией и износом конструкций. Электроизмерения показали неравномерность распределения нагрузки в электрических сетях здания.

Полученные результаты подтверждают эффективность применения комплексного подхода, включающего тепловизионный контроль и анализ энергопотребления, для оценки теплотехнического состояния зданий и обоснования мероприятий по повышению их энергоэффективности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон № 261-ФЗ : Принят Государственной Думой 11 ноября 2009 года : одобрен Советом Федерации 18 ноября 2009 года]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 17.11.2025).

2. Гамова, Е. Е. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в организациях бюджетной сферы и многоквартирных домах городского округа «город Йошкар-Ола» / Е. Е. Гамова, В. В. Багнюк // Инновационное развитие экономики. – 2018. – № 3 (45). – С. 30–35. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35259713> (дата обращения: 17.11.2025).

3. Использование тепловизионного метода для обследования зданий и сооружений : обзор / А. С. Кавелин, А. Д. Тютина, В. Э. Нуриев, М. А. Колотиенко // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 6 (57). – С. 82–89. – URL: https://elibrary.ru/cit_items.asp?id=41592673 (дата обращения: 17.11.2025).

4. Панферов, В. И. Эффективные энергосберегающие решения при теплоснабжении зданий / В. И. Панферов, Е. Ю. Анисимова, С. В. Панферов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2015. – Том 15, № 4. – С. 40–48. – DOI 10.14529/build150407. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=vavyvr> (дата обращения: 17.11.2025).

5. Моисеева, Е. В. Современные энергосберегающие технологии в системах теплоснабжения жилых зданий / Е. В. Моисеева // Наука и образование сегодня. – 2022. – № 2 (71). – С. 60–61. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48273005> (дата обращения: 17.11.2025).

6. Сизганова, Е. Ю. Интегральный показатель оценки эффективности и потенциала энергосбережения в муниципальной бюджетной сфере / Е. Ю. Сизганова, Л. С. Синенко, А. Ю. Южанников // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2021. – № 8. – С. 894–902. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/integralnyy-pokazatel-otsenki-effektivnosti-i-potentsiala-energoberezheniya-v-munitsipalnoy-byudzhethnoy-sfere> (дата обращения: 17.11.2025).

7. Стерлигов, В. В. Энергосбережение в бюджетных организациях. Проблемы. Поиски. Решения / В. В. Стерлигов, М. В. Темлянцев // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2014. – № 1 (7). – С. 24–29. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21443802> (дата обращения: 17.11.2025).



8. Зарипова, Н. Д. Оптимизация затрат в бюджетных учреждениях / Н. Д. Зарипова // Инновационное развитие. – 2018. – № 8 (25). – С. 52–53. – URL: <https://elibrary.ru/yorbtf> (дата обращения: 17.11.2025).

9. Каратаев, О. Р. Оценка технического состояния ограждающих конструкций зданий методом тепловизионного контроля / О. Р. Каратаев, Д. В. Рыжков, Г. Н. Голубева // Вестник Технологического университета. – 2015. – Том 18, № 3. – С. 182–184. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23021860> (дата обращения: 17.11.2025).

10. Совершенствование управления энергосбережением в бюджетной сфере / Ш. З. Валиев, Т. К. Руткаускас, А. П. Третьяков [и др.] // Вестник УГУЭС. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2014. – № 3 (9). – С. 30–36. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22611648> (дата обращения: 17.11.2025).

RUKOLEEV Andrey Vladimirovich¹, candidate of historical sciences, associate professor of the chair of heat and gas supply, ventilation, and chemical engineering processes; PETREKOV Pavel Vasilyevich¹, candidate of technical sciences, holder of the chair of heat and gas supply, ventilation, and chemical engineering processes; RESHETOV Yuriy Sergeevich², director

ASSESSMENT OF THE THERMAL PERFORMANCE AND ENERGY EFFICIENCY OF AN ADMINISTRATIVE BUILDING BASED ON THERMOGRAPHIC INSPECTION AND ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS

¹Biysk Technological Institute (branch) of Polzunov Altai State Technical University.

27, Trofimov St., Biysk, 659305, Russia.

Tel.: (3854) 43-24-56, e-mail: paht@bti.secna.ru

²"RESHENIE" Bureau of Expertise, LLC.

98, Sotsialisticheskaya St., Office 106, Biysk, 659315, Russia.

Tel.: (3854) 30-70-08, e-mail: my.graphology@yandex.ru

Key words: heat supply, lighting, thermographic diagnostics, energy audit.

The article focuses on improving energy efficiency in public-sector facilities, with particular attention to heat supply and lighting systems. Using the Municipal Budgetary Institution "Biysk Business Incubator" as a case study, the paper presents methods of thermographic diagnostics, energy auditing, and assessment of the impact of climatic conditions on building operation. The study includes an analysis of thermal insulation defects, deviations in energy consumption, and offers practical recommendations ranging from lighting system modernization to the implementation of automated heat supply control.

REFERENCES

1. Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti i o vnesenii izmeneniy v otdelnye zakonodatelnye akty Rossiyskoy Federatsii [On energy saving and on increasing energy efficiency and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation]: Federalnyy zakon № 261-FZ: Prinyat Gosudarstvennoy Dumoy 11 noyabrya 2009 goda : odobren Sovetom Federatsii 18 noyabrya 2009 goda. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (accessed: 17.11.2025).

2. Gamova E. E., Bagnyuk V. V. Energosberezhenie i povyshenie energeticheskoy effektivnosti v organizatsiyakh byudzhethoy sfery i mnogokvartirnykh domakh gorodskogo okruga "gorod Yoshkar-Ola" [Energy saving and energy efficiency improvement in public



sector organizations and apartment buildings of the urban district "Yoshkar-Ola"]. *Innovatsionnoe razvitie ekonomiki [Innovative Development of Economy]*, 2018, № 3 (45), P. 30–35. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35259713> (accessed: 17.11.2025).

3. Kavelin A. S., Tyutina A. D., Nuriev V. E., Kolotienko M. A. Ispolzovanie teplovizionnogo metoda dlya obsledovaniya zdaniy i sooruzheniy [Use of the thermal imaging method for inspection of buildings and structures]: obzor. *Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Journal of Don]*, 2019, № 6 (57), P. 82–89. URL: https://elibrary.ru/cit_items.asp?id=41592673 (accessed: 17.11.2025).

4. Panferov V. I., Anisimova E. Yu., Panferov S. V. Effektivnye energosberegayushchie resheniya pri teplosnabzhenii zdaniy [Effective energy-saving solutions for heat supply of buildings]. *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitelstvo i arkhitektura [Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction Engineering and Architecture]*, 2015, Vol. 15, № 4, P. 40–48. DOI 10.14529/build150407. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=vavyvr> (accessed: 17.11.2025).

5. Moiseeva E. V. Sovremennye energosberegayushchie tekhnologii v sistemakh teplosnabzheniya zhilykh zdaniy [Modern energy-saving technologies in heat supply systems of residential buildings]. *Nauka i obrazovanie segodnya [Science and Education Today]*, 2022, № 2 (71), P. 60–61. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48273005> (accessed: 17.11.2025).

6. Sizganova E. Yu., Sinenko L. S., Yuzhannikov A. Yu. Integralnyy pokazatel otsenki effektivnosti i potentsiala energosberezheniya v munitsipalnoy byudzhethnoy sfere [Integral indicator for assessing the efficiency and potential of energy saving in the municipal public sector]. *Zhurnal Sibirskogo federalnogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii [Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies]*, 2021, № 8, P. 894–902. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/integralnyy-pokazatel-otsenki-effektivnosti-i-potentsiala-energoberezheniya-v-munitsipalnoy-byudzhethnoy-sfere> (accessed: 17.11.2025).

7. Sterligov V. V., Temlyantsev M. V. Energoberezhenie v byudzhethnykh organizatsiyakh. Problemy. Poiski. Resheniya [Energy saving in public sector organizations. Problems. Searches. Solutions]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrialnogo universiteta [Bulletin of the Siberian State Industrial University]*, 2014, № 1 (7), P. 24–29. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21443802> (accessed: 17.11.2025).

8. Zaripova N. D. Optimizatsiya zatrat v byudzhethnykh uchrezhdeniyakh [Optimization of costs in public institutions]. *Innovatsionnoe razvitie [Innovative Development]*, 2018, № 8 (25), P. 52–53. URL: <https://elibrary.ru/yorbtf> (accessed: 17.11.2025).

9. Karataev O. R., Ryzhkov D. V., Golubeva G. N. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy metodom teplovizionnogo kontrolya [Assessment of the technical condition of building envelopes by thermal imaging control]. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta [Herald of Technological University]*, 2015, Vol. 18, № 3, P. 182–184. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23021860> (accessed: 17.11.2025).

10. Valiev Sh. Z., Rutkauskas T. K., Tretyakov A. P., [et al.] Sovershenstvovanie upravleniya energosberezheniem v byudzhethnoy sfere [Improving energy saving management in the public sector]. *Vestnik UGUE&S. Nauka, obrazovanie, ekonomika. Seriya: Ekonomika [Bulletin USPTU. Science, education, economy. Series economy]*, 2014, № 3 (9), P. 30–36. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22611648> (accessed: 17.11.2025).

© А. В. Руколеев, П. В. Петреков, Ю. С. Решетов, 2026

Получено: 24.11.2025 г.