

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В БЮДЖЕТНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСАМИ (СУЭР)

Кошлич Ю.А.¹, Трубаев П.А.¹, Буланин А.В.², Буханов Д.Г.¹

¹ БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород

² ОГБУ «Центр энергосбережения Белгородской области», г. Белгород

Аннотация

Разработанная и эксплуатируемая с 2019 г. информационно-аналитическая Система управления энергоресурсами Белгородской области (СУЭР) обеспечивает цифровизацию процессов, связанных с обеспечением мер по повышению энергетической эффективности, относящихся к полномочиям органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления. В основе СУЭР используются методы оценки энергоэффективности крупных территориально распределенных потребителей коммунальных ресурсов на основе индивидуального анализа характеристик и теплопотребления отдельных зданий. В настоящее время СУЭР включает сведения для 2 144 муниципальных и региональных учреждений Белгородской области, которые функционируют в 5 332 зданиях. Затрат на энергетические ресурсы и воду в 2023 г. в этих учреждениях составили 4,8 млрд. рублей, за пять лет эксплуатации СУЭР они в сопоставимых условиях снизились на 8%. На основании данных СУЭР общий потенциал экономии, который может быть достигнут в региональных и муниципальных учреждениях Белгородской области, составляет 14,3% от годовых затрат на энергетические ресурсы и воду, в том числе 0,8% от организационных мероприятий и 13,5% – от технических мероприятий со средним сроком окупаемости 6 лет. В течение 2021–2024 г. в 9 российских регионах и одной организации были реализованы пилотные проекты по внедрению СУЭР, которые показали наличие потенциала экономии в размере от 4,4 до 29,5%.

Ключевые слова: энергосбережение, системы энергоменджента, автоматизация, цифровизация, государственное управление, учреждения, здания, потенциал энергосбережения, энергосберегающие мероприятия, структура энергопотребления.

ASSESSMENT OF ENERGY SAVING POTENTIAL IN BUDGETARY INSTITUTIONS IN THE ENERGY RESOURCES MANAGEMENT SYSTEM

Yurij Koshlich¹, Pavel Trubaev¹, Aleksei Bulanin², Dmitriy Bukhanov¹

¹ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod

² Energy Saving Center of the Belgorod Region

Abstract

Developed and in operation since 2019, the information and analytical Energy Resources Management System of the Belgorod Region (ERMS) ensures the digitalization of processes related to the provision of measures to improve energy efficiency related to the powers of state authorities of the constituent entities of the Russian Federation and local governments. The SEER uses methods for assessing the energy efficiency of large geographically distributed consumers of utility resources based on an individual analysis of the characteristics and heat consumption of individual buildings. Currently, the SEER includes information for 2,144 municipal and regional institutions in the Belgorod region, which operate in 5,332 buildings. Costs for energy resources and water in 2023 in these institutions amounted to 4.8 billion rubles; over the five years of operation of the SUEER, they decreased by 8% under comparable conditions. Based on SEER data, the total savings potential that can be achieved in regional and municipal institutions of the Belgorod region is 14.3% of an-



nual costs for energy resources and water, including 0.8% from organizational activities and 13.5% from technical measures with an average payback period of 6 years. During 2021–2024, pilot projects for the implementation of SEMS were implemented in 9 Russian regions and one organization, which showed savings potential ranging from 4.4 to 29.5%.

Keywords: *energy saving, energy management systems, automation, digitalization, public administration, institutions, buildings, energy saving potential, energy saving measures, energy consumption structure.*

1. Введение

1.1. Проблемы управления энергосбережением в общественных зданиях

Общественные здания потребляют значительное количество энергоресурсов. Например, в Пекине 39,3% от общей площади зданий составляют общественные, общее потребление энергии в которых составляет 31,14 т усл. топлива или 45,6% от общего потребления энергии города [1]. Значительная часть общественных зданий занимает малую площадь, которые из-за более низкой степени компактности имеют повышенное энергопотребление. В США общественные здания потребляют 40% всей первичной энергии, при этом малые и средние составляют 95% по площади и 47% по энергопотреблению [2]. Много крупных и частных и государственных учреждений включает большое количество зданий, например Техасский университет, который обязан по законодательству штата снижать энергопотребление, включает 266 основных зданий и потребляет электроэнергию и природного газа около 240 млн. кВт·ч или 0.3 million tons of Tse в год [3]. Но, как отмечается в работе [4] в литературе большое внимание уделяется темам эффективности энергетики и возобновляемым источникам энергии, но гораздо меньше внимания уделяется вопросам энергетического планирования в местах потребления энергии. В работе [5] отмечается, что лишь небольшое количество исследований касаются потребления энергии в общественных зданиях, а в работе [6], что государственные инвестиции в энергосбережение часто являются неоптимальными из-за недостаточного количества информации по их эффективности и бюджетных ограничений.

Проблемой управления энергоэффективностью общественных зданий является их территориальное распределение и разнообразие конструктивных исполнений. Большая часть зданий имеет небольшие размеры и следующее из этого небольшое потребление энергоресурсов. Ответственные за эксплуатацию зданий и руководство техническими работниками, как правило, совмещают эту работу с хозяйственным обеспечением деятельности учреждений и не являются специалистами в области энергетики и энергосбережения. Как отмечается в работе [2], владельцам обычно не хватает опыта для выполнения подробного энергетического аудита и оценки рентабельных энергетических технологий или ресурсов на оплату услуг профессиональных энергоаудиторов. Из-за небольшого штата нанять отдельного специалиста-энергоменеджера не представляется возможным. Таким образом, задача управления энергопотреблением и повышения энергоэффективности на уровне зданий силами их персонала эффективно не может быть решена.

Традиционный подход к энергосбережению путем проведения энергетического обследования и внедрения системы энергетического менеджмента так же невозможен, потому что из-за небольшого потребления энергетических ресурсов потенциальная экономия заметно ниже, чем стоимость обследования, а иногда стоимость энергоаудита превышает стоимость энергоресурсов, потребленных за несколько лет.



Для крупных компаний так же бывает характерен низкий уровень управления энергопотреблением, так как вопросы энергетики не являются для них приоритетными, а эффективность инвестиций в энергосбережение трудно оцениваются из-за отсутствия мониторинга и анализа энергопотребления [7]. В большом количестве исследований недостаточное инвестирование в энергоэффективность названо как «разрыв в энергоэффективности» [7]. Так же энергосбережение в здании, решаемое методами «управление – оптимизация» приводит к экономии энергии более чем в два раза больше, чем метод «оценка с прогнозированием» [8]. В работе [9] предлагается оценивать не расход энергии на отопление, охлаждение, освещение, а стоимость использованной энергии. Подход позволяет совместить энергосбережение энергоресурсов разного вида.

Для выполнения энергосбережения в зданиях в первую очередь необходимо оценить эффективность и оптимальность энергопотребления [1]. Базовая модель, с которой сравнивается фактическое потребление, является энергетической характеристикой исходной ситуации, поэтому она является одним из главных факторов при оценке энергосбережения [10]. Для точной оценки экономии энергии необходима низкая погрешность базовой модели энергопотребления [10].

Методы прогнозирования энергопотребления здания разделяются на модель белого ящика, основанную на физических принципах, использующую экспертные системы и регрессионные модели, и гибридные модели серого ящика [11]. В работах [11, 12] отмечается, что в машинном обучении для прогнозирования и анализа энергопотребления зданий необходимо одновременно учитывать особенности физических процессов и адекватность выборки.

Как отмечается в работе [13], большим препятствием при финансировании крупномасштабных инвестиций в повышение энергоэффективности является отсутствие данных или их недостаточная систематизация для оценки величины экономии энергии. Главными целями, определяющими экономическую эффективность проекта, является срок окупаемости и снижение затрат энергии [14]. В работе [15] отмечается, что при наличии большого количества зданий правильный план инвестирования позволяет получить заметную экономию энергоресурсов и финансовых средств.

Таким образом управление энергосбережением в общественных зданиях требует адресной оценки эффективности потребления энергоресурсов и индивидуального (целевого) подхода к внедрению энергосберегающих мероприятий.

1.2. Системы муниципального и государственного энергетического менеджмента

В большинстве стран Восточной Европы и России государство управляет рядом социальных отраслей – образованием, здравоохранением, социальной защитой. Так же сами государственные органы требуют ресурсов для их размещения. Так же во всех странах имеются крупные частные и государственные учреждения, оказывающие образовательные, медицинские и другие услуги. Это приводит к необходимости эксплуатировать большое количество общественных зданий и решать задачи контроля эффективного использования энергоресурсов и выделения инвестиционных средств для повышения энергоэффективности [16].

Наиболее крупной из эксплуатируемых является информационно-аналитическая система муниципального энергоменеджмента EMIS (Energy Management Information System), разработана в Загребском университете. Она внедрена в 102 городах Хорватии, 20 регионах, включает сегодня 8500 зданий по всей стране и более 1600 активных пользователей [17]. Система EMIS (ЭМИС) позволяет для любого выбранного муниципального здания посмотреть графики ресурсопотребления за любой заданный период времени и сравнить их с нормативными параметрами, а также увидеть харак-



теристики здания и результаты проведенного энергоаудита. Составляющий частью системы является автоматизированная система контроля и учёта энергоресурсов ISEMIC (Intelligent Information System for Monitoring and Verification of Energy Management in Cities), которая включает сбор данных о зданиях, потреблении энергии и воды, определяет аномалии и нарушения, оценивает энергоэффективность, создает отчеты по экономии энергии и потребления воды [18]. Оцениваемая экономия от внедрения системы – 5...10% [17].

В 2015 году в рамках проекта ПРООН-ГЭФ «Энергоэффективность зданий на Северо-Западе России» опыт информационной системы EMIS адаптирован в форме пилотного проекта в Архангельской, Псковской (485 объектов) и Вологодской (16 объектов) областях [19], развития проект не получил.

Недостатками системы являются:

а) анализируемым периодом является год, что не позволяет учесть локальные периоды (например осенне/весенние «перетопы»), которые во многом определяют нерациональность потребления энергоресурсов;

б) не учитываются технические особенности объектов (этажность, наличие утепления и т.д.), а модель энергопотребления строится на основе регрессионных и экспертных методов;

в) не учитываются сопоставимые условия.

Сама система EMIS является бесплатной, но функционирует на коммерческой СУБД Oracle, примерные минимальные цены на лицензию и обязательную техподдержку у которой составляют около \$600 000 в год. EMIS создавалась как система контроля счетов за энергоресурсы с ручным ежемесячным вводом данных, для которой потом была дополнительно разработана система диспетчеризации. Она не содержит инструменты аналитики, реализация которой переложена на исполнителя, выполняющего анализ первичных данных, предоставляемых EMIS.

В ряде регионов России (Оренбургская, Рязанская, Владимирская, Ивановская области, Республика Татарстан) используется информационно-аналитическая система топливно-энергетических балансов (ИАС ТЭБ), разработанная в Ивановском государственном энергетическом университете [20]. Основные функции системы – автоматизация разработки ТЭБ региона, расчета показателей эффективности котельных и установления планов (лимитов) потребления энергетических ресурсов и воды бюджетными учреждениями. Главное ее особенностью и преимуществом является получение данных от поставщиков энергоресурсов, что значительно снижает трудоемкость сбора данных и повышает их достоверность. При расчете лимитов ИАС ТЭБ позволяет определять целевой уровень снижения потребления энергетических ресурсов, используя при этом кластеризацию учреждений [21].

Недостатки ИАС ТЭБ аналогичны вышеуказанным для системы EMIS.

В Российской Федерации функционирует ГИС «Энергоэффективность» (<https://gisee.ru/>), задачей которой является получение объективных данных об энергоёмкости экономики Российской Федерации (в том числе ее отраслей), о потенциале снижения такой энергоёмкости, и которая включает, в том числе сведения, полученные в ходе обработки, систематизации и анализа информации, содержащейся в энергетических паспортах, отчетах о проведении энергетического обследования, декларациях о потреблении энергетических ресурсов. Недостатком системы является отсутствие в текущей и предыдущих версиях ГИС инструментов и результатов анализа данных паспортов и энергодеклараций, инструментов для оценки энергоэффективности на региональном и муниципальном уровне. По факту ГИС является просто библиотекой нормативных документов и материалов в области энергосбережения.



Государственными органами и научными учреждениями регулярно разрабатывается рейтинги муниципальных образований по уровню социально-экономического потенциала. Можно выделить следующие:

– в Свердловской области согласно Решению Совета глав муниципальных образований при Губернаторе области ГБУ СО «Институт энергосбережения» разработал методические подходы и сформировал рейтинг энергоэффективности муниципальных образований области;

– Центр по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ, Москва) разработал энергетические балансы ряда регионов;

– в техническом университете УГМК (г. Екатеринбург) разработана система мониторинга энергоэффективности производства на уровне основного производственного звена - промышленного предприятия, как информационная база совершенствования управления энергопотреблением в регионе.

Но недостатком всех указанных рейтингов является то, что они основаны на данных, представляемых в государственные органы статистики. Как отмечается в работе [22], статистические формы сбора охватывают в основном крупных производителей и потребителей ТЭР, остальные предприятия учитываются применением специальных формул «досчета». Такое упрощение несущественно на федеральном уровне, но не позволяет получить адресную информацию на региональном и муниципальном уровне.

В Китае для зданий с 2008 г. применяется система квот. Вначале уровни энергопотребления устанавливались одинаковыми для всех зданий, но метод не был признан, так не учитывал особенности эксплуатации зданий [1]. Поэтому стал применяться метод внутреннего сравнения. Базовое значение были взяты потребления каждого здания в 2011 г., и от него уже определялся контрольный показатель снижения потребления. Но это выявило новые проблемы, поскольку метод не учитывал разный потенциал энергосбережения, и энергоэффективные здания, которые уже не могут снижать уровень потребления, стали считаться не выполняющими задачи энергосбережения [1].

В министерстве энергетики США разработана система DEEP (database of energy efficiency performance), основанная на механизме моделирования энергопотребления зданий EnergyPlus [2]. В DEEP включены прототипы для семи типов зданий шести периодов времени постройки и 16 климатических зон в Калифорнии. По запросу система предлагает энергосберегающие мероприятия, соответствующие заданному бюджету и сроку окупаемости. Проблемой при внедрении DEEP являлось время и стоимость моделирования, которое на обычном компьютере для одного здания занимает несколько минут. Поэтому для массовой оценки авторы использовали высокопроизводительные вычислительные кластеры.

С 2010 г. эксплуатируется система мониторинга энергоэффективности муниципальных объектов г. Донецка [23]. Эффект от внедрения системы составил от 10% до 14% [24]. В Болгарии в рамках Европейского проекта по устойчивым закупкам SPP Regions создана муниципальная сеть по повышению энергоэффективности [25]. Германия запустила аналогичную программу по устранению барьеров для заключения контрактов в сфере энергосбережения [26].

Известны ряд систем Energy Management Software (EMS), например EnergyCAP (EnergyCAP, LLC), используемые для управления информацией об энергопотреблении для крупных организаций [3]. Но системы ориентированы на учет и контроль потребления. В них инвестиционный анализ выполняется для отдельных объектов, и нет механизмов распределения ограниченных средств среди большого количества объектов с



целью наиболее эффективного использования инвестиций [24]. В работе [27] отмечают, что задачи улучшения финансового положения и инвестиционного развития не идентичны и соответствуют разным сценариям развития.

Можно заключить, что в настоящее время существует ряд разработок и систем для анализа и планирования в области энергосбережения в городском и муниципальном (бюджетном) секторе, показавшие свою эффективность. Главный их недостаток в том, что в них для оценки энергоэффективности они используются статистические методы, и оптимальность энергопотребления оценивается по среднему значению показателей в кластере (группе однотипных зданий или учреждений). Для потребления электроэнергии и воды такой подход оправдан, так как кластеризация и является, по сути, приведением к сопоставимым условиям. Но оценка затрат на отопление, из которых состоит большая часть затрат на коммунальные ресурсы, статистическими и экспертными (в том числе нейросетевыми) методами определяется с большой погрешностью. Например, в работе [17], где применяются методы Big Data и использующие их прогнозирующие модели потребления энергии, точность прогнозирования составила 26,79%...37,17% (SMAPE). Такая точность явно недостаточна. Например, разность между классами энергоэффективности зданий «D» и «E» или между «E» и «F» составляет 25%. Это вызвано большим числом факторов, значительно влияющих на потребление тепловой энергии (термическое сопротивление ограждающих конструкций, степень компактности здания, климатические условия конкретного года).

Следует отметить, что в общем случае использование статистических (регрессионных) методов Big Data и экспертных методов «обучения» (нейросетевых, методов нечетких множеств) для оценки затрат энергии на отопление не оправдано. Для расчета затрат на отопление имеются точные детерминированные модели, основанные на уравнениях теплопередачи и теплового баланса. Но количество влияющих параметров (в работе [17] указано, что для описания объектов используется 141 поле) не позволяет получить точные результаты прогнозирования статистическими методами и методами «обучения» из-за возрастания информационного шума. Методы Big Data предназначены не для анализа, а для приведения разнообразных данных к единому виду с целью анализа, что в системах контроля и управления энергосбережением не требуется, так как исходные данные всегда структурированы.

Так же недостатками существующих систем является ориентация на официальные статистические данные, укрупненный период анализа (год), не позволяющий получить данные об эффективности энергопотребления.

С целью реализации функций управления энергосбережением в Белгородской области создана и функционирует Система управления энергетическими ресурсами (СУЭР) – региональная система управления энергоресурсами, предназначенная для реализации государственных функций управления энергосбережением.

1.3. Цели и задачи создания СУЭР

Система управления энергетическими ресурсами (СУЭР) создана в Белгородской области согласно распоряжению Правительства Белгородской области от 27 сентября 2017 г. № 425-рп «О внедрении Системы управления энергетическими ресурсами Белгородской области». Ее правообладатель и оператор – ОГБУ «Центр энергосбережения Белгородской области». Разработчик СУЭР – Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Разработка была начата в 2017 году с проведения научно-исследовательских работ по созданию новых методов и инструментов управления энергосбережением в бюджетном секторе и их реализации в программном компоненте информационного комплекса СУЭР. В 2018 г. была произведена опытная эксплуатация и модернизация



системы. В 2020 году был разработан программный модуль «Бюджет», который позволяет автоматизировать выполнение действующих нормативно-правовых актов в области энергоэффективности и оцифровать процессы управления энергосбережением на социально-значимых государственных объектах области. В основе СУЭР используются методы оценки энергоэффективности крупных территориально распределенных потребителей коммунальных ресурсов на основе индивидуального анализа характеристик и теплопотребления отдельных зданий.

Сегодня СУЭР – это региональная информационно-аналитическая система, обеспечивающая адресную оценку эффективности затрат и контроль потребления энергетических ресурсов бюджетными учреждениями регионального и муниципального подчинения, а также цифровизацию процессов, связанных с обеспечением мер по повышению энергетической эффективности в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами в области энергосбережения, в том числе:

- 1) автоматизированный расчет прогноза потребления энергетических ресурсов бюджетными учреждениями (лимитов), контроль потребления энергетических ресурсов (исполнения лимитов);
- 2) автоматизированный расчет и контроль достижения целевого уровня снижения потребления энергетических ресурсов в разрезе каждого учреждения;
- 3) автоматизированное составление, актуализацию и адресный контроль исполнения программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности бюджетных учреждений;
- 4) мониторинг исполнения энергосервисных контрактов.

Пользователями СУЭР являются:

- орган региональной власти, ответственный за планирование и контроль потребления энергетических ресурсов бюджетными предприятиями, энергетической политики, энергосбережение и повышение энергетической эффективности (верхний уровень);
- органы муниципальной власти и региональные структуры (средний уровень);
- бюджетные региональные и муниципальные учреждения (нижний уровень);
- иные структуры, участвующие в процессах управления бюджетными учреждениями.

СУЭР включает 10 подсистем (табл. 1).

Таблица 1

Подсистемы СУЭР

Наименование	Функции	Автоматизируемые НПА
Расчет целевого уровня снижения объемов потребления ресурсов	Определение потенциала и установление целевого уровня снижения потребления ресурсов в разрезе учреждений	Ст. 24 261-ФЗ; ППРФ 1289 от 7.10.2019
Разработка программы энергосбережения	Расчет целевых показателей, определение перечня мероприятий и автоматизированное формирование программы энергосбережения учреждения с учетом установленного целевого уровня снижения в сопоставимых условиях потребления им ресурсов	Ст. 25 261-ФЗ; приказ Минэнерго России от 30.06.2014 г. № 398
Расчет прогноза объемов потребления ресурсов	Расчет прогноза объемов потребления ресурсов на уровне учреждений на период бюджетного планирования (3 года) с учетом требований к их обязательному снижению	Ст. 24 261-ФЗ; письмо Минтопэнерго РФ от 11 июля 1998 года № АК-4670



Окончание табл. 1

Наименование	Функции	Автоматизируемые НПА
Контроль снижения объемов потребления ресурсов	Контроль над достижением целевого уровня снижения потребления на основании данных о фактическом потреблении с учетом сопоставимых условий	Ст. 24 261-ФЗ; ПП РФ 1289 от 7.10.2019; приказ Минэкономразвития России от 24.10.2011 г. № 591
Контроль Программ энергосбережения	Контроль над достижением целевых показателей эффективности учреждением на основании данных о потреблении ресурсов с учетом сопоставимых условий	Ст. 25 261-ФЗ; приказ Минэнерго России от 30.06.2014 г. № 398
Контроль объемов потребления ресурсов	Контроль фактических объемов потребления ресурсов на уровне учреждений с учетом сопоставимых условий	Ст. 24 261-ФЗ; приказ Минэкономразвития России от 28.10.2019 г. № 707
Контроль реализации мероприятий	Контроль выполнения мероприятий программ энергосбережения, мониторинг выполнения энергосервисных контрактов	Ст. 14, 25 261-ФЗ; ПП РФ 1289 от 7 октября 2019; приказ Минэнерго России от 30.06.2014 № 398
Контроль приборов учета	Контроль работоспособности приборов учета потребляемых ресурсов с использованием данных, полученных от информационно-измерительных систем	Ст. 13 261-ФЗ
Контроль исполнения документов и поручений	Обеспечение своевременного исполнения документов и поручений, созданных в Модуле «Бюджет»	Ст. 9.16 195-ФЗ; КоАП РФ от 30.12.2001
Формирование базы данных	Обеспечение представления данных о фактических объемах потребляемых ресурсов, данных телеметрии информационно-измерительных систем	Приказ Минэконом- развития России от 28.10.2019 г. № 707; РП Белгородской области от 05.11.2019 г. № 605-рп

Достигаемый эффект от внедрения СУЭР:

- цифровизация бюджетных процессов и автоматизация выполнения требований действующих НПА в области управления энергосбережением;
- снижение квалификационных требований и нагрузки на сотрудников бюджетных учреждений (ответственных за энергосбережение лиц);
- сокращение затрат на оплату коммунальных ресурсов и снижение бюджетной нагрузки на бюджетные (государственные и муниципальные) учреждения

Кроме белгородской области СУЭР используется в ряде регионов России.

В 2022 г. в рамках Лицензионного договора с ГБУ РС(Я) Центр энергоэффективности и ЖКХ внедрена цифровая платформа информационно-аналитической системы управления энергетическими ресурсами в Республике Саха

В 2022 году завершена разработка и внедрение на основе Цифровой платформы СУЭР модуля анализа и управления энергетическими ресурсами Приморского края. Модуль эксплуатируется в составе информационной системы «Цифровое Приморье».

Реализованы 10 пилотных проектов по внедрению и эксплуатации цифровой платформы информационно-аналитической системы управления энергетическими ресурсами в других регионах.



2. Методика оценки потенциала энергосбережения

2.1. Особенности определения целевого уровня снижения потребления энергетических ресурсов

2.1.1. Общие принципы расчета целевого уровня снижения потребления энергетических ресурсов

В ст. 24 Федерального Закона 261-ФЗ «Об энергосбережении...» установлено, что государственное (муниципальное) учреждение обязано обеспечить снижение в сопоставимых условиях потребления энергетических ресурсов и воды. В принятом в 2009 г. законе это требование было конкретизировано в виде снижения потребления, начиная с 2010 г., в течении пяти лет, не менее чем на 15% от объема потребления в 2009 году, с ежегодным снижением не менее чем на 3%. Начиная с 2015 г. требования о количественном уровне снижения в Законе отсутствовали. В 2018 г. в Федеральный Закон 261-ФЗ были внесены ряд существенных изменений (например, с 16.01.2019 г. были отменены обязательные энергетические обследования), и в том числе было установлено, что объем снижения потребления устанавливается Правительством Российской Федерации.

Основные особенности реализации требований по снижению потребления энергетических ресурсов и воды:

– Целевой уровень снижения потребления ресурсов (ЦУС) определяется согласно требованиям Постановления Правительства от 7 октября 2019 г. № 1289;

– ЦУС определяется в отношении каждой бюджетной организации и каждого используемого ими вида ресурсов.

– ЦУС не определяется: для аварийных и (или) подлежащие сносу в ближайшие три года объектов; для отдельно стоящих зданий общей площадью менее 100 м²; если расчет за поставленные энергетические ресурсы и воду осуществляется не на основании показаний приборов коммерческого учета;

– ЦУС устанавливается на 3-летний период с 2021 года с последующей его актуализацией на очередной 3-летний период до 1 июля года, предшествующего очередному 3-летнему периоду, базовым является год, предшествующий году установления ЦУС (то есть в 2023 г. устанавливается уровень на 2024-2026 г., базовый год 2022 г., в 2026 г. на 2027-2029 г., базовый год 2025 г., и т.д.);

– ЦУС устанавливается главными распорядителями бюджетных средств (ГРБС) в соответствии с методическими рекомендациями, установленными Министерством экономического развития Российской Федерации (приказ от 15 июля 2020 г. N 425), носящими рекомендательный характер;

– достижение целевого уровня снижения потребления ресурсов обеспечивается за счет реализации мероприятий программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности, организации обязаны разработать или скорректировать ранее утвержденные программы в соответствии с установленными целевыми уровнями снижения потребления ресурсов;

– для мероприятий, не обеспеченных бюджетным финансированием, организации обязаны осуществить действия, направленные на заключение энергосервисного договора (контракта).

2.1.2. Методика расчета целевого уровня Минэкономразвития

Для расчета целевого уровня разработаны «Методические рекомендации по определению в сопоставимых условиях целевого уровня снижения государственными (муниципальными) учреждениями суммарного объема потребляемых ими дизельного



и иного топлива, мазута, природного газа, тепловой энергии, электрической энергии, угля, а также объема потребляемой ими воды» (утв. приказом Минэкономразвития от 15 июля 2020 г. № 425).

«Методические рекомендации» носят рекомендательный характер, то есть могут применяться наравне с другими методическими документами, предназначенными для расчета ЦУС.

Принцип методики заключается в следующем:

а) задании для разных типов зданий фиксированного значения, соответствующего уровню энергетической эффективности высокого класса (который согласно Методическим рекомендациям определяется как 60% от среднего удельного расхода ресурса данного типа зданий по сведениям энергетических деклараций, содержащихся в ГИС «Энергоэффективность»);

б) расчете фактического удельного расхода энергоресурсов и воды в здании, для отопления приведения удельного расхода к сопоставимым условиям с учетом климатических данных, этажности, режима работы;

в) определение целевого уровня в зависимости от величины удельного расхода: чем он выше, тем целевой уровень будет больше снижаться по сравнению с фактическим расходом.

2.1.2.1. Целевой уровень снижения расхода тепловой энергии на отопление

Для расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию связь между потенциалом (зеленая линия), фактическим расходом (красная линия) и целевым уровнем (синяя линия), рассчитанным по методическим рекомендациям для двух типов зданий, приведена на рис. 1.

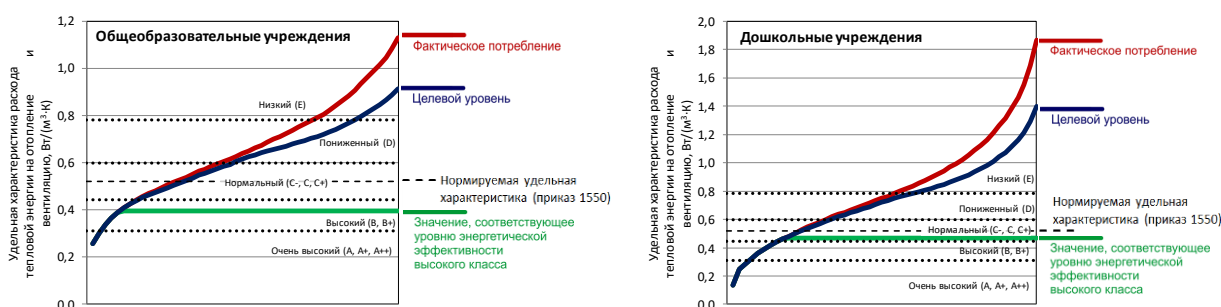


Рис. 1. Потенциал энергосбережения и необходимый уровень снижения расходов энергетических ресурсов (ЦУС) согласно Методическим указаниям, утв. приказом Минэкономразвития от 15 июля 2020 г. № 425

Как видно, для школ целевой уровень снижения устанавливается для зданий с пониженной и низкой энергоэффективностью, а для детских садов – с низкой.

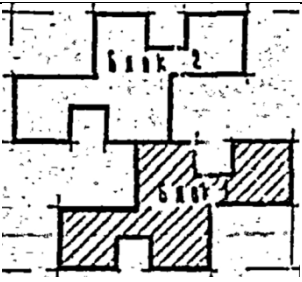

Для зданий низкой энергоэффективности (то есть практически всех зданий советской постройки) обеспечить требуемый уровень экономии в 10-20% и более невозможно без капитального ремонта и утепления. Поэтому при установлении целевого уровня согласно методическим рекомендациям для его реализации потребуются в трехлетний срок произвести капитальный ремонт всех зданий советской постройки, что в реальности невыполнимо.

Другая проблема данного способа определения необходимой экономии в том, что не учитываются конструктивные особенности здания, это наглядно видно из табл. 2 и рис. 2.



Таблица 2

Сравнение ЦУС для зданий детских садов разной компактности

Типовой проект 212-2-63		Индивидуальный проект	
	Площадь застройки 1720,4 м ² Общая площадь 4062,4 м ² Вместимость 240 чел. Коэффициент компактности 0,5		Площадь застройки 1727,8 м ² Общая площадь 3733,7 м ² Вместимость 250 чел. Коэффициент компактности 0,4
Проектный (расчетный) удельный расход тепловой энергии на отопление, Вт/(м ³ К)	1,03	Неутепленный 0,89	Утепленный 0,43
Расход тепловой энергии при нерациональных потерях	1,13 (потери 10%)	0,98 (потери 10%)	0,52 (потери 20%)
ЦУС по Методическим указаниям Минэкономразвития	0,97	0,87	Не устанавливается


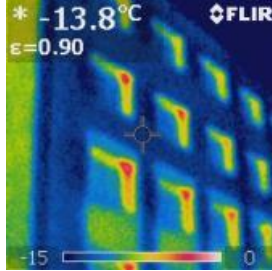
Расход на отопление, Гкал/(м ² -мес.)			
	по прибору учета $q_{\text{факт}} = \mathbf{0,026}$ расчетный (проектный) $q_{\text{пр}} = 0,028$ Экономия 7%		по прибору учета $q_{\text{факт}} = \mathbf{0,018}$ расчетный (проектный) $q_{\text{пр}} = 0,021$ Перерасход 15%
Обычное здание (стены в два кирпича)		Утепленное здание	

Рис. 2. Демонстрация необходимости учета конструктивных характеристик зданий для оценки эффективности потребления тепловой энергии

Таким образом, при наличии нерационального расхода тепловой энергии на отопление, связанное не с конструкцией здания, а с его эксплуатацией, целевой уровень для здания установлен не будет. И наоборот, возможно отнесение перерасхода энергии на отопление, связанного с нестандартной некомпактной конструкцией здания, к необоснованным потерям.

2.1.2.2. Целевой уровень снижения расхода электрической энергии и воды

Для расхода электроэнергии удельный показатель предлагается рассчитывать на 1 м² площади. Получается, что при увеличении количества людей в здании, с которым неизбежно будет связано увеличение электропотребления (работа оргтехники, необходимость освещения большего числа помещений) его энергоэффективность будет уменьшаться.

По расчету целевого уровня снижения потребления электроэнергии и воды подход такой же, выделяется базовое значение, определённое на основании средних данных энергетических деклараций, поданных в ГИС Энергоэффективность, при его превышении насчитывается экономия (рис. 3).



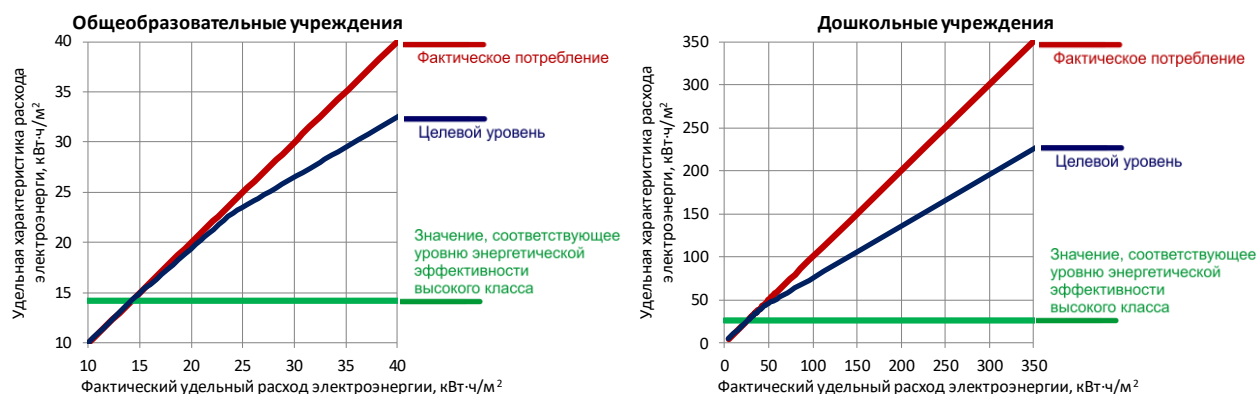


Рис. 3. Целевой уровень снижения расхода электроэнергии, устанавливаемый в Методических указаниях Минэкономразвития

При этом, в отличие от отопления, не учитываются число смен работы, местоположение здания (в более южных широтах светлое время суток длиннее и меньше расход электроэнергии на освещение).

Это требует адаптации методики именно к региональным условиям.

2.1.3. Методика расчета целевого уровня снижения потребления энергетических ресурсов СУЭР

В СУЭР реализована методика, аналогичная принципам, изложенным в «Методических рекомендациях по определению в сопоставимых условиях целевого уровня снижения государственными (муниципальными) учреждениями суммарного объема потребляемых ими дизельного и иного топлива, мазута, природного газа, тепловой энергии, электрической энергии, угля, а также объема потребляемой ими воды» (утв. приказом от 15 июля 2020 г. № 425). Основные отличия предлагаемой методики следующие.

1. Оптимальный уровень затрат на отопление определяется не по нормам энергоэффективности, а расчетным способом на основе конструктивных параметров каждого здания (см. табл. 2 и рис. 2).

Для зданий неэнергоэффективных конструкций затраты на отопление являются оптимальными, если они соответствуют расчетным затратам. И наоборот, если энергоэффективное здание потребляет больше расчетного значения, значит, его потребление оптимальным не является, хотя удельная величина потребления будет намного меньше, чем для здания неэнергоэффективной конструкции.

2. В качестве величины экономии тепловой энергии на отопление предлагаются не абстрактные «%» (как снизить затраты на отопление, к примеру на 4%, утеплить часть здания?), а значения, рассчитанные для конкретных мероприятий с использованием характеристик зданий. Таким образом, целевой уровень является значением, достижимым при реализации рекомендуемых экономически эффективных мероприятий.

3. Для определения эффективности потребления электроэнергии и воды используются статистические данные по региону, а не в целом по стране, что позволяет учесть экономические и географические особенности.

2.1.4. Мероприятия по повышению энергетической эффективности и оценка потенциала энергосбережения

Способы повышения энергоэффективности разделены на две группы.

1. *Организационные*, связанные с неэффективным потреблением энергоресурсов. Потенциал энергосбережения в этом случае определяется по разности фактического и «оптимального» потребления, которое может быть определено расчетным методом по



нормативному потреблению или методом аналогов по данным работы эффективных учреждений. Приведение энергопотребления к оптимальной величине (оптимальному энергопотреблению) достигается без изменения конструктивных и технических характеристик зданий и систем энергоснабжения путем исключения нерациональных потерь энергоресурсов. Как правило, экономия в этом случае достигается за счет реализации организационных или малозатратных технических мероприятий и может быть достигнута за счет ресурсов учреждений.

Организационные мероприятия определяются для электроэнергии, горячей и холодной воды. Величина потенциала экономии оценивается по значению отклонения удельного потребления учреждения $q_{\text{факт}}$ от среднего потребления по кластеру $q_{\text{ср.кл}}$ (кластеры выделяются по типу и площади зданий):

$$\text{если } q_{\text{факт}} \geq q_{\text{ср}}, q_{\text{э}} = k_3[q_{\text{факт}} - q_{\text{ср}}], \text{ иначе } q_{\text{э}} = 0.$$

Полученное значение $q_{\text{э}}$ проверяется на не превышение максимальной установленной экономии:

$$\text{если } q_{\text{э}} > k_4 q_{\text{факт}}, \text{ то } q_{\text{э}} = k_4 q_{\text{факт}}.$$

В выражениях применяются коэффициенты: уменьшающий коэффициент для расчетного значения экономии $k_3 = 0,25...0,75$; коэффициент максимальной экономии (доли от потребления), выше которой экономия не поднимается $k_4 = 0,05...0,07$.

Для определения эффективности потребления и потенциала энергосбережения таким способом должна быть статистически значимая выборка объектов.

2. Технические или инвестиционные, связанные с энергетической модернизацией здания или его инженерных систем. Потенциал энергосбережения для систем отопления определяется анализом отопительной нагрузки и определением величины перетопов, тепловым расчетом здания до и после реконструкции, для системы освещения – расчетным путем, для других энергоресурсов – по эффекту мероприятий на аналогичных объектах. Выполнение технических мероприятий требует реализации средnezатратных или высокзатратных технических мероприятий, неосуществимых без дополнительного внешнего финансирования на проведение капитального ремонта здания и реконструкцию систем энергоснабжения.

Потенциал энергосбережения для технических мероприятий – это максимально возможное снижение энергопотребления без учета экономической эффективности. Рекомендуемые мероприятия – это мероприятия с экономически оправданными сроками окупаемости, как правило, короткими и средними, которые могут быть реализованы, в том числе, и за счет механизма энергосервисных контрактов. Мероприятия с длительными сроками окупаемости, или не имеющими их (когда отношение затрат к экономии превышает срок службы технического решения), в рекомендуемые не включаются.

2.2. Оценка эффективности использования тепловой энергии

Эффективность использования тепловой энергии оценивается по двум критериям:

- удельный расход тепловой энергии на отопление;
- отрегулированность тепловой нагрузки.

2.2.1. Затраты на отопление

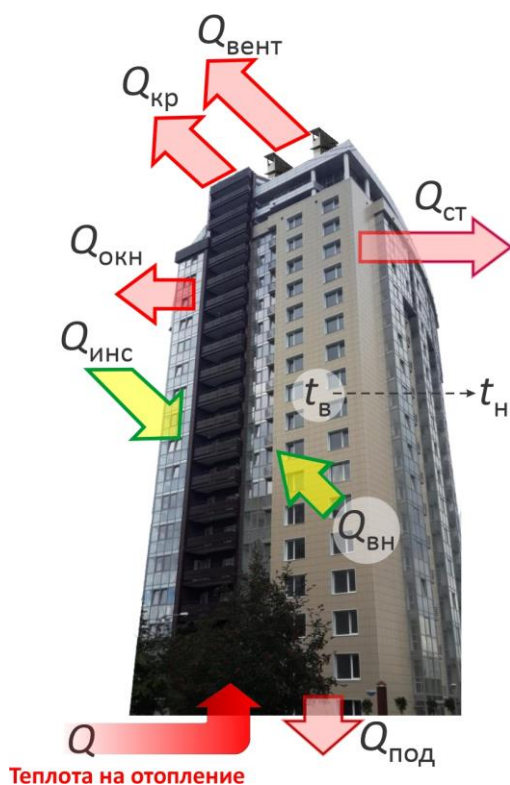
Тепловые потери здания за отопительный период или иной период определяется по уравнению

$$Q = q_{\text{от}} V n (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \text{ Дж, или } Q = 2,06 \cdot 10^{-5} q_{\text{от}} V z (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \text{ Гкал;}$$



где $q_{от}$ – расчётная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, Вт/(м³·К); V – отапливаемый объём здания, м³; $t_{в}$, $t_{н}$ – средняя за период температура внутри и снаружи здания, °С; n , z – продолжительность периода, секунды или сутки.

Расчётная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания определяется из теплового баланса – необходимые затраты на топление должны быть равны потерям с учетом внутренних теплопоступлений и пришедшей тепловой энергии от инсоляции – солнечного излучения (рис. 4).



Тепловой баланс здания

$$Q_{от} = Q_{ст} + Q_{окн} + Q_{кр} + Q_{под} + Q_{вент} - Q_{инс} - Q_{вн}$$



- $Q_{ст}$ – потери теплоты через стены;
- $Q_{окн}$ – потери теплоты через окна и двери;
- $Q_{кр}$ – потери теплоты через чердачное перекрытие или совмещённую с перекрытием крышу;
- $Q_{под}$ – потери теплоты через подвал или пол;
- $Q_{вент}$ – потери теплоты с вентиляцией;
- $Q_{инс}$ – поступление теплоты от солнечной радиации;
- $Q_{вн}$ – внутренние тепловыделения в здании от людей, электроприборов, освещения

Рис. 4. Тепловой баланс здания

Из баланса например видно, что так как потери через стены составляют для старых домов 30-40% от общих, то утепление со снижением потерь через стены в три раза позволит сократить не более 20-25% затрат на отопление.

Удельный расход тепловой энергии на отопление $q_{уд}$, Вт/(м³·К), является удельной тепловой характеристикой (УТХ) здания, не зависящей от температур внутри и снаружи зданий и длительности периода. Фактический удельный расход при отрегулированности отопления должен совпадать с расчётной характеристикой $q_{от}$. Отклонения фактического удельного расхода $q_{уд}$ от $q_{от}$ показывает, что в здание подается тепловой энергии больше или меньше необходимой величины.

Для определения «теоретического» или «оптимального» расхода на отопление и оценки эффективности теплопотребления в СУЭР используется три величины:

1. Расчётный (или проектный) расход тепловой энергии, определяется по техническим характеристикам зданий.
2. Удельная отопительная характеристика зданий, определяется по Методическим указаниям АКХ им. Панфилова и является укрупнёнными показателями энергопотребления для зданий советской постройки;



3. Удельная характеристика расхода тепловой энергии, установленная в «Требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений», утв. приказом Минстроя России. Позволяет оценить соответствие современным требованиям энергоэффективности и определить класс энергосбережения здания.

1. *Расчетный расход тепловой энергии* определяется по техническим характеристикам здания (материалам стен, перекрытий, типу окон, площади ограждающих конструкций и т.д.) с использованием специально разработанной для СУЭР методики, базирующейся на нормативных методах расчетов (СП 50.13330.2012, СТО НОП 2.1.2014). При правильно введенных технических характеристиках здания эта величина характеризует проектный расход на отопление, который может быть принят в качестве «оптимального». При ошибках в технических характеристиках (например неправильно заданных площадях стен, перекрытий) эта величина может содержать заметную погрешность.

2. *Удельная отопительная характеристика* зданий (УОХЗ), рассчитанная согласно «Методическим указаниям по определению расходов топлива, электроэнергии и воды на выработку теплоты отопительными котельными коммунальных теплоэнергетических предприятий; Изд. 4-е. М.: АКХ им. К.Д. Памфилова, 2004. 128 с.». Она является средним потреблением тепловой энергии для зданий «советской» постройки. Эти методические указания (которые по содержанию аналогичны МДК 4-05-2004 и МДС 41-4-2000, и основаны на материалах справочника «Манюк В.И. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: справочник; 3-е изд. М.: Стройиздат, 1988. 432 с.») часто используются теплоснабжающими организациями для установлена расчетной тепловой нагрузки зданий при отсутствии приборов учета тепловой энергии.

3. *Удельная характеристика расхода тепловой энергии* (УХРТЭ), установленная в «Требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений», утв. приказом Минстроя России от 17 ноября 2017 г. № 1550/пр, является в настоящее время нормативной величиной для зданий, вводимых в эксплуатацию и проходящих капитальный ремонт. К действующим зданиям, построенным до принятия норм, она предъявляться не может (первоначально нормы были введены в ряде регионов с 1999 г., на федеральном уровне они приняты в 2003 г. с введением СНиП 23.02.2003 «Тепловая защита зданий», их значения до настоящего времени практически не изменились). Но с ее использованием можно оценивать энергоэффективность зданий, в том числе определить «Класс энергосбережения».

2.2.2. О классе энергетической эффективности зданий

В настоящее время нормативного понятия «Класс энергетической эффективности общественного здания» нет. Он был установлен в СНиП 23.02.2003 «Тепловая защита зданий», но с принятием Федерального Закона 261-ФЗ «Об энергосбережении ...», в котором имеется только термин «класс энергетической эффективности многоквартирных домов», к общественным зданиям его применять стало нельзя. Поэтому в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (актуализированная версия СНиП 23.02.2003) термин «класс энергетической эффективности» был заменен на «класс энергосбережения», а класс энергетической эффективности может быть установлен только для МКД.

Некоторое время после принятия закона 261-ФЗ класс энергоэффективности для общественных зданий еще мог быть установлен, так как СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», разделы 4 – 12, был включен в утв. Постановлением Правительства РФ от 21 июня 2010 г. N 1047-р «Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обя-



зательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального Закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Но с 1 июля 2015 г. Перечень был скорректирован и СНиП 23.02.2003 заменен на СП 50.13330.2012. С этого момента класс энергетической эффективности для общественных зданий присвоен быть не может. Поэтому, например, хотя согласно налоговому кодексу объекты недвижимости высокого класса энергоэффективности освобождаются от налогообложения, но так как для общественных зданий он установлен быть не может, то и льготы использовать нельзя (это подтвердил Конституционный суд РФ в определении от 2 июля 2019 г. № 1832-О). Таким образом, до изменения Федерального Закона 261-ФЗ «Классы энергетической эффективности» общественных зданий – вне закона.

На рис. 5 и 6 показаны классы энергосбережения общественных зданий согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» и требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений, утв. приказом Минстроя от 17 ноября 2017 года № 1550/пр.

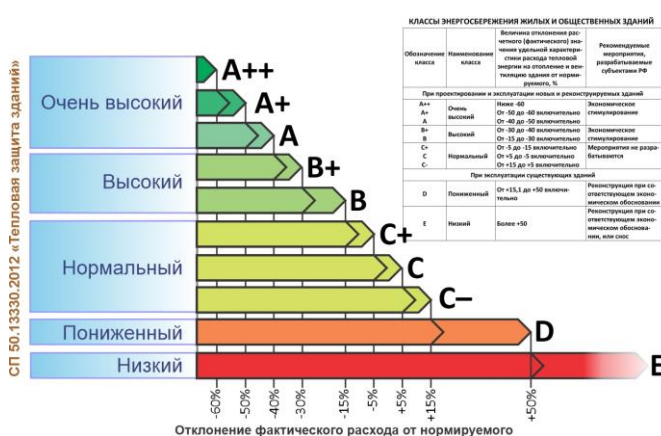


Рис. 5. Классы энергосбережения согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»

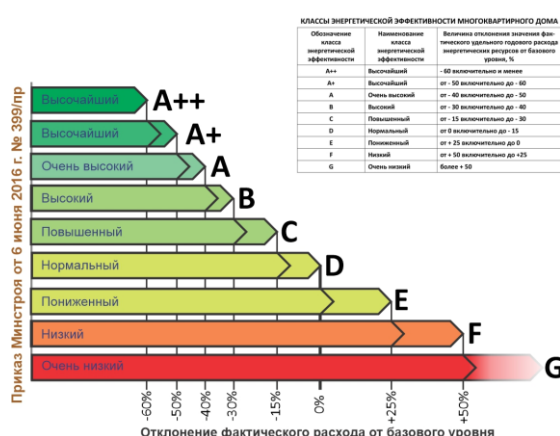


Рис. 6. Классы энергоэффективности многоквартирных домов согласно приказу Минстроя от 6.06.2016 № 399

Следует обратить внимания, что в СНиП 23-02-2003 и СП 50.13330.2012 пять уровней классов энергетической эффективности/энергосбережения, от «А» до «Е» и нормальному соответствует класс «С», а в приказе Минстроя № 399 их семь: «А»...«Г», и нормальному соответствует класс «D». Так же в приказе Минстроя класс определяется не по расходу тепловой энергии на отопление и вентиляции, а по суммарному расходу тепловой энергии, горячей воды и электроэнергии на общедомовые нужды, что делает его применение для оценки энергетической эффективности конструкции здания и режимов его эксплуатации малополезным.

2.1.3. Анализ графика отопительной нагрузки

Из уравнения потерь тепловой энергии в здании

$$Q = 2,06 \cdot 10^{-5} q_{от} V z (t_{в} - t_{н}), \text{ Гкал,}$$

видно, что они линейно возрастают при снижении температуры окружающего воздуха $t_{н}$. Поэтому количество энергии, подаваемой на отопление, должно быть обратно пропорционально этому значению



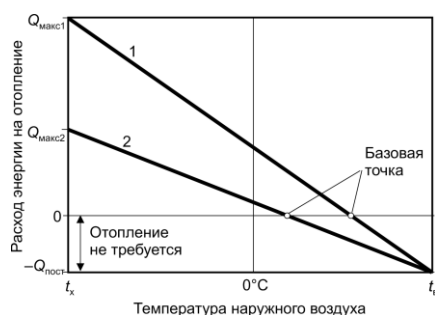
В правой части уравнение статьи, характеризующие тепловой баланс здания можно выразить через коэффициент теплопередачи здания $k_{зд}$, суммарную площадь ограждающих конструкций A и разность внутреннего $t_{в}$ и наружного $t_{н}$ воздуха:

$$Q_{пот} = Q_{ст} + Q_{окн} + Q_{дв} + Q_{кр} + Q_{под} + Q_{вент} = k_{зд}A(t_{в} - t_{н}).$$

Статьи, характеризующие приход теплоты от внутренних тепловыделений и от солнечной радиации от температуры наружного воздуха не зависят и их можно считать постоянными. Поэтому зависимость расхода теплоты на отопление можно записать в виде линейного уравнения:

$$Q = A - B t_{н}, \text{ где } B = k_{зд}A; A = k_{зд}A t_{в} + Q_{инс} + Q_{вн}.$$

График отопительной нагрузки в зависимости от температуры атмосферного воздуха можно изобразить в виде прямой линии (рис. 7).



- 1 – здание с низкой энергоэффективностью
- 2 – энергоэффективное здание

$q_{макс}$ – максимальная отопительная нагрузка
 t_x – температура самой холодной пятидневки
 $t_{в}$ – температура в здании

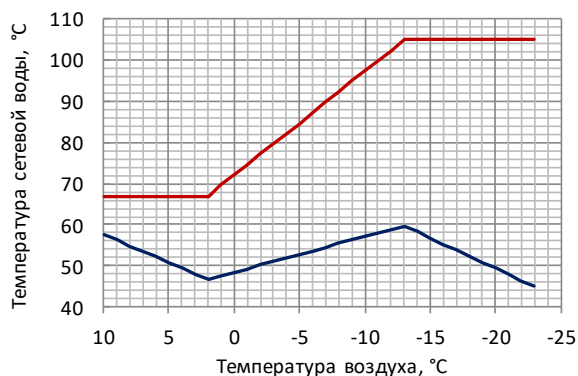
Рис. 7. Отопительная характеристика здания

Базовая точка – это температура наружного воздуха, при которой тепловые потери становятся равными внутренним теплоступлению и приходу от солнечной инсоляции. Для зданий советской постройки эта температура около 8°C, поэтому в нормативных документах было установлено, что при достижении такой температуры централизованное отопление необходимо включать или отключать.

Тепловые сети должны подавать теплоноситель с учетом температуры наружного воздуха согласно температурному графику (рис. 8).

Отпуск тепловой энергии на коллекторах Белгородской ТЭЦ

— Подающая магистраль — Обратная магистраль



Температурный график 95/70 для систем отопления зданий в климатических условиях г. Белгорода (расчет согласно справочнику «Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей; 4-е изд. М., 2009. 432 с.)

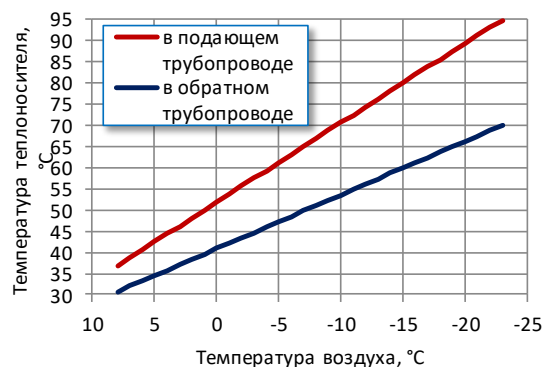


Рис. 8. Пример температурных графиков при качественном регулировании



Поэтому в налаженной централизованной системе в здание всегда подается необходимое количество тепловой энергии. Но износ тепловых сетей и системы отопления внутри здания, резкие колебания температуры (регулировка отпуска теплоты на котельной производится два раза в сутки), влияние на климат в зданиях не только температуры наружного воздуха, но и направления и скорости ветра, величины солнечной инсоляции приводит к отклонениям величины подаваемой теплоты от требуемого значения.

Построив график зависимости месячных или суточных затрат на отопление от средней температуры воздуха за период, можно по степени отклонения точек от прямой линии оценить отрегулированность отопительной нагрузки (рис. 9).



Рис. 9. Примеры фактических затрат на отопление в зависимости от среднемесячной температуры наружного воздуха

Для зданий с наличием учета расхода тепловой энергии отклонение фактического расхода тепловой энергии от оптимального может быть вызвано тремя причинами:

- *постоянными «перетопами» во всем здании*, когда из-за неотрегулированности отопительной нагрузки в здание подается больше тепловой энергии, чем необходимо, и во всем здании температура выше нормы;

- *«перетопами» из-за несоблюдения температурного графика подачи тепловой энергии.* Наиболее часто это имеет место в начале и конце отопительного периода при высокой температуре наружного воздуха, когда отопление уже не требуется или тепловые сети не могут снизить температуру теплоносителя до требуемой из-за технических особенностей котельных;

- *локальными перетопами*, когда в отдельных помещениях или группе помещений на одном отопительном стояке холодно и хозяйственные службы вынуждены повышать подачу теплоты в здание, доводя температуру в холодных помещениях до норматива, перетапливая остальные. Локальные перетопы могут быть как из-за несоответствия режима работы системы отопления проектным, так и из-за повышенного выделения теплоты в отдельных помещениях.

Первые два вида потерь могут быть ликвидированы установкой автоматизированного индивидуального теплового пункта с погодозависимым регулированием, последний вид – установкой балансировочных вентилей на стояках и их регулировкой или установкой на каждом отопительном радиаторе радиаторных регуляторов (термостатов) для индивидуального регулирования отопительной мощности в помещениях (рис. 10).



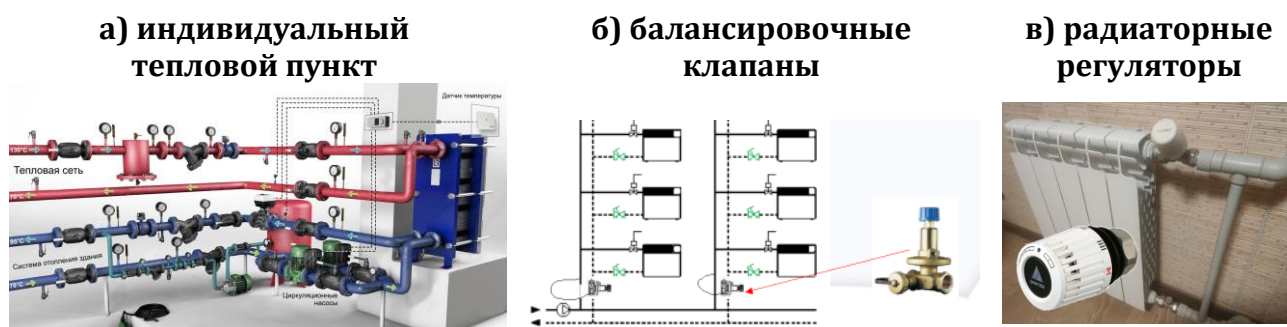


Рис. 10. Три ступени регулирования отопительной нагрузки:
а) на входе в здание; б) по стоякам (фасадам); в) по помещениям

Для реализации приведенных положений разработаны следующие методики и алгоритмы, автоматизированные в СУЭР:

- методика разделения общего расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию и на нагрев ГВС;
- методика разделения общего расхода природного газа на отопление и вентиляция, и на нагрев горячей воды и хозяйственно-бытовые нужды;
- метод расчета удельной нормативной отопительной характеристики для зданий на момент их года постройки (капремонта);
- метод расчета проектной (расчетной) удельной отопительной характеристики по укрупненным характеристикам с учетом индивидуальных особенностей здания (используется так же для расчета эффективности утепления ограждающих конструкций, замены окон и оценки эффективности установки приборов учета тепловой энергии);
- методика разбиения годового потребления на месяцы;
- методика анализа отопительной нагрузки и расчета экономии при установке АИТП с учетом сопоставимых условий.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Оценка изменения энергопотребления в бюджетных учреждениях Белгородской области

В настоящее время СУЭР включает сведения обо всех муниципальных и региональных учреждениях Белгородской области (табл. 3)

Таблица 3

Характеристики бюджетных учреждений Белгородской области

Наименование	Количество
Количество ГРБС (главных распорядителей бюджетных средств) – органов муниципальной власти и региональных структур (средний уровень СУЭР)	49
Количество региональных и муниципальных учреждений (нижний уровень СУЭР)	2 144
Число сотрудников	147 425
Количество зданий	5 332
Общая площадь зданий	6 808 938,33 м ²
Общий отапливаемый объем зданий	23 896 206,52 м ³
Количество установленных приборов учета	18 987



Окончание табл. 3

Затраты на энергоресурсы и воду (без моторного топлива) в 2023 г.	4 872 млн. руб. (3,5% областного бюджета)
Потребление топливно-энергетических ресурсов учреждениями в структуре ТЭБ области	
электроэнергия	1,1%
тепловая энергия	17%
природный газ	0,2%

На рис. 11 приведено изменение потребления энергетических ресурсов и воды в учреждениях и затрат на них за время функционирования СУЭР. Для тепловой энергии и природного газа (который в основном используется для индивидуального отопления) кроме фактического потребления приведены значения, приведенные к погодным условиям и длительности отопительного периода 2023 года. Для затрат на энергетические ресурсы и воду так же кроме фактических значений приведены затраты в условиях 2023 г., для расчета которых использовались тарифы и цены на энергоресурсы и воду 2023 г. и значения потребления тепловой энергии и природного газа, приведенные к условиям 2023 г.

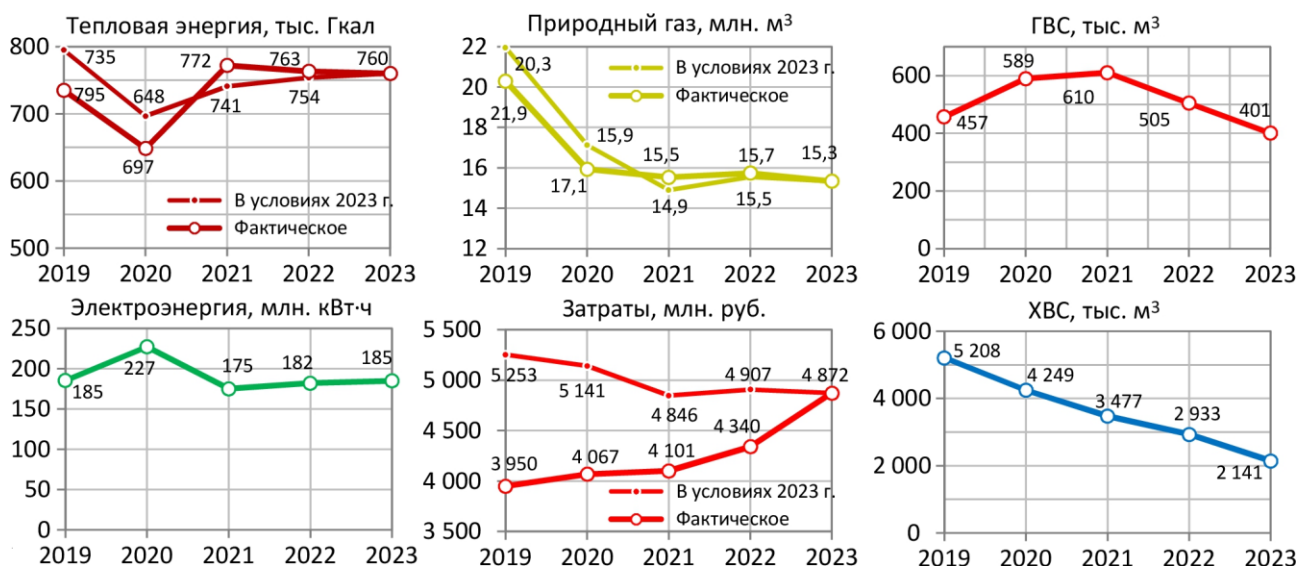


Рис. 11. Изменение потребления энергетических ресурсов и вода бюджетных учреждений Белгородской области

Согласно Постановлению Правительства РФ от 7 октября 2019 года № 1289 целевой уровень снижения потребления ресурсов устанавливается на 3-летний период с 2021 года, базовым годом является 2019 год. На рис. 12 представлено изменение потребления энергоресурсов за этот период. Общие затраты на энергоресурсы снизились на 8%. Наибольшее снижение потребление было для холодной воды (59%) и природного газа (30%). Потребление тепловую энергию в сопоставимых условиях снизилось на 4%, электроэнергии не изменилось. Потребление горячей воды в 2020 году резко возросло, затем начало планомерно снижаться и в конце трехлетнего цикла по сравнению с базовым годом снизилось на 12%. Общая экономия энергетических ресурсов за трехлетний период по сравнению с базовым годам составила 861 млн. руб. в ценах 2019 г. или 1 133 млн руб. в ценах 2023 г.



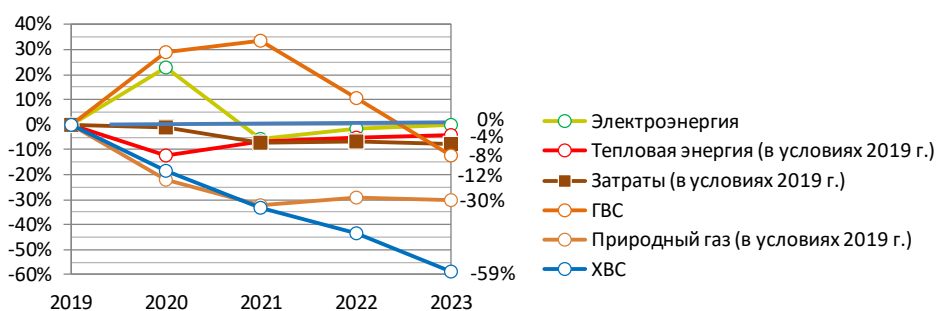


Рис. 12. Снижение потребления энергоресурсов

В составе бюджетных учреждений наибольшее количество зданий, более половины, занимают учебные заведения и детские сады и ясли (табл. 4). Они так же лидируют и по затратам на энергетические ресурсы и воду (рис. 13).

Таблица 4

Характеристики кластеров зданий бюджетных учреждений Белгородской области

Кластер (Тип зданий)	Число зданий	Общая площадь	
		тыс. м ²	%
Учебные заведения	1116	2 985,1	44%
Детские сады и ясли	548	730,9	11%
Административные здания	1074	720,9	11%
Больницы	159	537,8	8%
Поликлиники, амбулатории, диспансеры	477	402,5	6%
Театры, кинотеатры, ДК	761	676,3	10%
Спортивные комплексы, сооружения, арены	53	114,8	2%
Жилые здания, гостиницы, общежития	214	327,9	5%
Здания торгово-бытового обслуживания	108	49,8	1%
Здания технического назначения	484	134,6	2%
Иные здания, строения, сооружения	338	90,5	1%
Всего	5332	6 771,0*	100%

* Отличие от значения в табл. 3 объясняется, что в сумму не включены учреждения, занимающие части здания

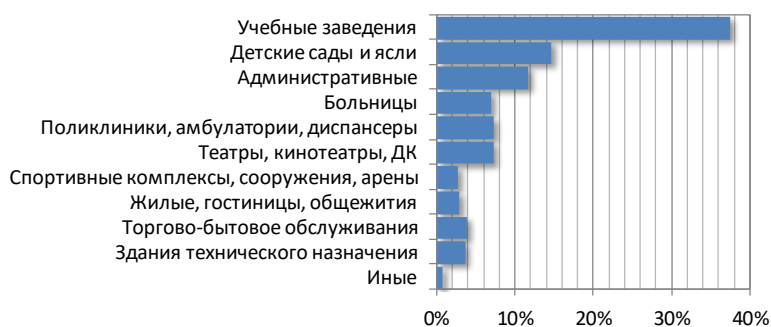


Рис. 13. Доля кластеров в общих затратах на энергоресурсы и воду бюджетных учреждений Белгородской области



Структура потребления (рис. 14, 15) показывает, что в затраты и потребление в основном приходятся на тепловую энергию и электроэнергию. В большинстве учреждений затраты на тепловую энергию составляют больше половины от общих, на электроэнергию – около от 1/4 до 1/3.

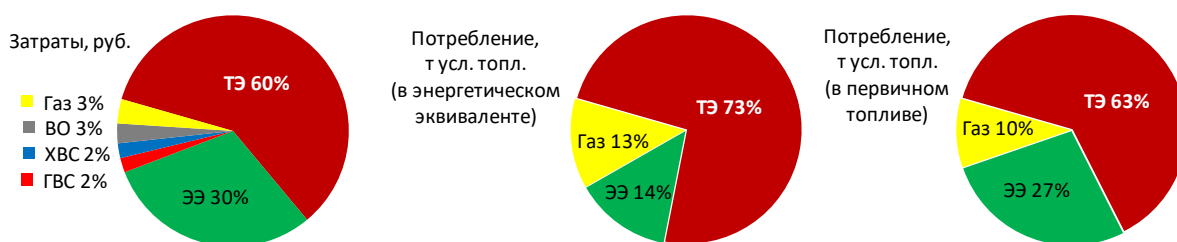


Рис. 14. Структура затрат на энергетические ресурсы и воду

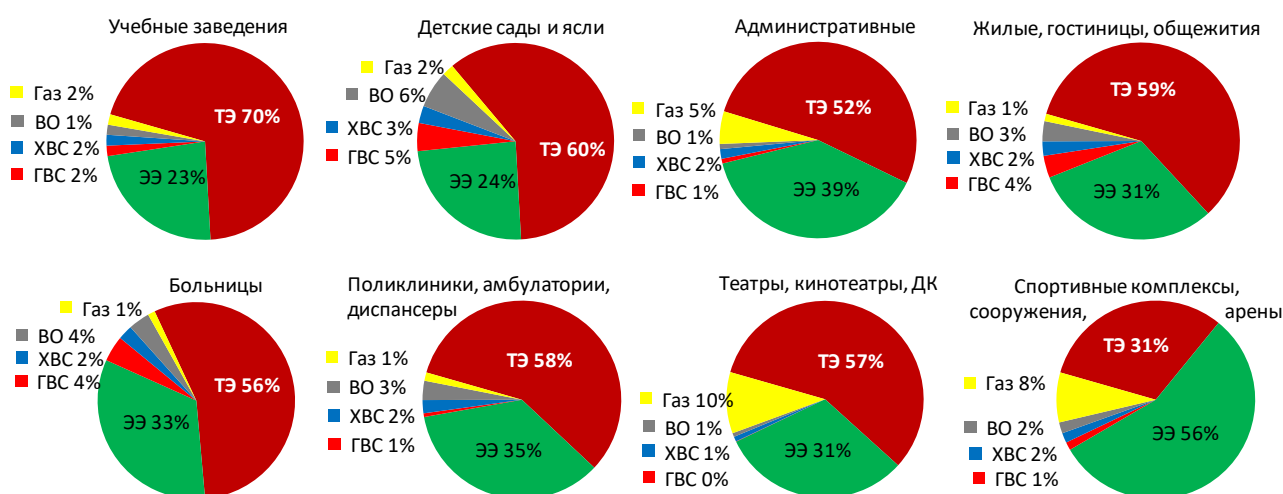


Рис. 15. Структура затрат на энергоресурсы и воду в учреждениях разного типа

В регионе затраты на энергоресурсы и воду 10% учреждений составляет 52% от общих затрат в регионе (рис. 16). В 25 учреждениях, затрачивающих на энергоресурсы и воду более 20 млн. руб. в год (19% от региональных затрат) входят 17 медицинских учреждений со стационарным лечением больных, четыре образовательных учреждения (школы и БГИИК), два спортивных комплекса, централизованная клубная система Белгородского района, объединяющая все районные учреждения культуры, и МБУ «Управление Белгородблагоустройство».



Рис. 16. Ранжирование учреждений по затратам на энергетические ресурсы и воду



Так как наибольшую долю затрат составляет тепловая энергия, по данным СУЭР произведена оценка трех энергосберегающих мероприятий по снижению тепловых потерь в здании с высокой стоимостью реализации. Общий потенциал энергосбережения по этим мероприятиям для всех объектов, где возможна реализация мероприятия, и необходимые затраты приведены в табл. 5 и составляет 50% от потребления тепловой энергии и 25% от общих затрат на энергоресурсы и воду. Экономически окупаемые мероприятия, рассчитанные по разному максимальному сроку окупаемости, представлены в табл. 6. Снижение максимального срока окупаемости приводит к сокращению объектов, для которых мероприятия целесообразны, но к небольшому снижению среднего срока окупаемости, при снижении ограничения на срок окупаемости с 10 до 5 лет затраты и достигаемый эффект снижаются в 2,6 раза, но средний срок окупаемости уменьшается с шести до пяти лет.

Таблица 5

Потенциал энергосбережения при реализации энергосберегающих мероприятий

Наименование	Количество зданий	Снижение расхода тепловой энергии в год				Затраты, млн. руб.	Средний простой срок окупаемости, лет
		Гкал	млн. руб.	доля от потребления тепловой энергии	доля от общих затрат		
Утепление стен и чердачного перекрытия	2250	209 606	692,8	27,6%	14,2%	9 175,6	13,2
Замена окон на энергосберегающие	3962	64 524	206,9	8,5%	4,2%	6 638,2	32,1
Установка автоматизированного теплового пункта с погодно-зависимым регулированием (АИТП)	1154	105 057	320,8	13,8%	6,6%	3 226,8	10,1
Всего	-	379 187	1 220,5	49,9%	25,1%	19 040,7	15,6

Таблица 6

Эффект энергосберегающих мероприятий

Наименование	Количество зданий	Снижение расхода тепловой энергии в год				Затраты, млн. руб.	Средний простой срок окупаемости, лет
		Гкал	млн. руб.	доля от потребления тепловой энергии	доля от общих затрат		
<i>Включены мероприятия со сроком окупаемости не более 10 лет</i>							
Утепление стен	185	6 337	32,2	0,8%	0,7%	278,2	8,6
Утепление чердачного перекрытия	330	23 437	52,9	3,1%	1,1%	432,0	8,2
Утепление стен и чердачного перекрытия	668	79 443	346,28	10,453%	7,108%	2 136,1	6,2
Замена окон на энергосберегающие	2	20,2	0,11	0,003%	0,002%	1,0	9,1
Установка АИТП	600	70 715	228,0	9,3%	4,7%	1 047,6	4,6
Всего	-	179 952	659,6	23,7%	13,5%	3 894,9	5,9



Окончание табл. 6

Наименование	Количество зданий	Снижение расхода тепловой энергии в год				Затраты, млн. руб.	Средний простой срок окупаемости, лет
		Гкал	млн. руб.	доля от общего потребления тепловой энергии	доля от общих затрат		
Включены мероприятия со сроком окупаемости не более 7 лет							
Утепление стен	94	2 408	12,7	0,3%	0,3%	80,7	6,3
Утепление чердачного перекрытия	226	20 369	53,6	2,7%	1,1%	266,6	5,0
Утепление стен и чердачного перекрытия	380	47 883	232,1	6,3%	4,8%	1 175,8	5,1
Замена окон на энергосберегающие	-	-	-	-	-	-	-
Установка АИТП	423	56 915	187,3	7,5%	3,8%	703,2	3,8
Всего	-	127 575	419,3	16,8%	8,6%	2 226,3	5,3
Включены мероприятия со сроком окупаемости не более 5 лет							
Утепление стен	64	829	4,9	0,1%	0,1%	23,5	4,8
Утепление чердачного перекрытия	254	20 027	81,0	2,6%	1,7%	334,8	4,1
Утепление стен и чердачного перекрытия	163	20 774	108,8	2,7%	2,2%	436,2	4,0
Замена окон на энергосберегающие	-	-	-	-	-	-	-
Установка АИТП	248	40 071	138,5	5,3%	2,8%	411,6	3,0
Всего	-	81 701	247,3	10,8%	5,1%	1 206,2	4,9

Потенциал экономии от организационных мероприятий представлен в табл. 7 и 8. Увеличенный расход энергетических ресурсов имеется у 25% учреждений, потенциал экономии составляет 0,8% от затрат на энергетические ресурсы и воду.

Таблица 7

Потенциал энергосбережения от организационных мероприятий по кластерам учреждений (по данным 2023 г.)

Наименование кластера	Электроэнергия		Горячая вода		Холодная вода		Природный газ	
	тыс. кВт·ч	количество учреждений	тыс. м ³	количество учреждений	тыс. м ³	количество учреждений	тыс. м ³	количество учреждений
Администрации	534,8	117	0,88	15	14,7	79	3,91	81
Образование	1 078,3	261	6,27	75	49,8	226	10,62	216
Детские сады	145,6	76	6,23	73	13,6	103	2,62	53
Медицина	998,7	19	1,02	17	32,0	20	0,86	17
Культура и спорт	605,7	30	0,72	14	7,5	46	1,86	38
Социальные учреждения	33,6	3	0,15	3	1,6	17	0,48	10
Всего по региону	3 396,7	506	15,27	197	119,3	491	20,34	415



Таблица 8

**Потенциал энергосбережения от организационных мероприятий по региону
(по данным 2023 г.)**

Ресурс	В натуральном выражении	млн. руб./год	Доля от потребления ресурса	Доля от общих затрат
Электроэнергия, тыс. кВт·ч	3396,7	28,5	1,9%	0,6%
Горячая вода, тыс. м ³	15,3	2,5	3,0%	0,1%
Холодная вода, тыс. м ³	119,3	4,2	4,1%	0,1%
Водоотведение	134,5	5,9	5,1%	0,1%
Природный газ, тыс. м ³	20,3	0,2	0,1%	0,0%
Всего	3686,1	41,3	–	0,8%

В результате анализа можно заключить, что общий потенциал экономии, который может быть достигнут в региональных и муниципальных учреждениях Белгородской области составляет 14,3% от годовых затрат на энергетические ресурсы и воды. Но основной эффект достигается техническими мероприятиями со средним сроком окупаемости 6 лет.

3.2. Пилотные проекты по внедрению СУЭР в регионах РФ

В течение 2021–2024 г. в 9 регионах и одной организации были реализованы пилотные проекты по внедрению СУЭР. Общая характеристика учреждений, включенных в пилотные проекты, представлена в табл. 9.

Таблица 9

Характеристики учреждений пилотных проектов

Регион	Дата реализации проекта	Число		Общая площадь, м ²	Годовое потребление энергоресурсов и воды (на год анализа), млн. руб.
		учреждений	зданий		
Владимирская область	02.2023 г.	27	27	94 264	54,0
Волгоградская область	04.2022 г.	16	56	87 541	32,4
Кемеровская область	04.2021 г.	10	10	–	9,59
Кировская область	11.2022 г.	12	46	110 190	88,0
Новосибирская область	03.2024 г.	14	15	99 424	50,1
ООО «Северсталь-Проект» (г. Череповец)	11.2022 г.	1	1	7 534	4,2
Республика Коми	05.2022 г.	11	41	91 968	69,9
Республика Саха (Якутия)	11.2021 г.	15	219	72 573	462,9
Самарская область	04.2023 г.	9	11	33 191	20,5
Ульяновская область	06.2023 г.	7	39	44 819	19,2
Всего	–	122	465	641 504	810,79

В табл. 10 представлены полученные в результате пилотных проектов значения потенциала экономии энергетических ресурсов и воды.



Таблица 10

Оценка экономии

Регион	Технические мероприятия			Организа- ционные мероприятия	Общий эффект	
	Установка АИТП	Установка приборов учета	Утеп- ление		млн. руб.	% от потреб- ления
Владимирская область	3,7%	0,1%	8,5%	2,9%	8,24	15,2%
Волгоградская область	4,4%	1,3%	–	0,9%	2,13	6,6%
Кемеровская область	3,8%	7,7%	6,6%	Не оценивались	1,75	18,1
Кировская область	4,9%	0,3%	10,2%	Не оценивались	13,58	10,2%
Новосибирская область	0,6%	–	18,2%	1,6%	10,21	20,4%
ООО «Северсталь-Проект» (г. Череповец)	12,1%	–	7,3%	–	1,24	29,5%*
Республика Коми	3,8%	–	–	1,1%	3,46	4,9%
Республика Саха (Якутия)	3,2%	1,1%	–	0,2%	21,25	4,6%
Самарская область	8,8%	–	6,0%	2,2%	3,48	17,0%
Ульяновская область	0,8%	–	1,1%	2,5%	0,85	4,4%

* Так же предложены технические мероприятия: наклейка на окна энергосберегающей самоклеящейся пленки (2,3%); установка рекуператора вентиляционного воздуха (7,6%)

Каждый из пилотных проектов показал наличие потенциала экономии в анализируемых учреждениях.

Выводы

В настоящее время существует ряд разработок и систем в области энергосбережения в городском и муниципальном (бюджетном) секторе, показавшие свою эффективность. Главный их недостаток в том, что для оценки энергоэффективности они используют статистические, регрессионные методы и экспертные методы «обучения», которые для затрат энергии на отопление не позволяют получить точные результаты прогнозирования из-за большого количества влияющих факторов. Вместе с тем для таких расчетов имеются точные детерминированные модели, основанные на уравнениях теплопередачи и теплового баланса. Так же их недостатком является анализ с использованием годового потребления энергоресурсов, что не позволяет учесть локальные периоды (например, осенне/весенние «перетопы»), которые во многом определяют нерациональность потребления энергоресурсов.

В Белгородской области разработана и с 2019 г. эксплуатируется региональная информационно-аналитическая система управления энергоресурсами (СУЭР), обеспечивающая адресную оценку эффективности затрат и контроль потребления энергетических ресурсов бюджетными учреждениями, а также цифровизацию процессов, связанных с обеспечением мер по повышению энергетической эффективности, относящихся к полномочиям региональных и муниципальных органов власти. Кроме Белгородской области СУЭР внедрена в Республике Саха и Приморском крае.

В основе СУЭР используются методы оценки энергоэффективности на основе индивидуального анализа характеристик и теплопотребления отдельных зданий.

В настоящее время СУЭР включает сведения для 2 144 муниципальных и региональных учреждений Белгородской области, которые функционируют в 5 332 зданиях общей площадью 6,8 млн. м². Затраты на энергетические ресурсы и воду в 2023 г. в этих учреждениях составили 4,8 млрд. рублей, что составляет 3,5% консолидированного бюджета области. За пять лет функционирования СУЭР общие затраты на энергетические ресурсы и воду снизились 8% (в сопоставимых условиях), потребление тепловой энергии снизилось на 4%, горячей воды – на 12%, холодной воды – на 59%.



На основании данных СУЭР общий потенциал экономии, который может быть достигнут в региональных и муниципальных учреждениях Белгородской области составляет 14,3% от годовых затрат на энергетические ресурсы и воды, в том числе 0,8% от организационных мероприятий и 13,5% – от технических мероприятий со средним сроком окупаемости 6 лет.

В течение 2021–2024 г. в 9 российских регионах и одной организации были реализованы пилотные проекты по внедрению СУЭР. Общее число организаций, участвующих в проектах, составило 122, зданий – 465, суммарное потребление энергетических ресурсов и воды в них – 0,81 млрд. руб. Проекты показали наличие потенциала экономии в анализируемых учреждениях в размере от 4,4 до 29,5%.

Информация о финансировании

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.

Библиографический список

1. A study of city-level building energy efficiency benchmarking system for China / Z. Wei, W. Xu, D. Wang, et al. // *Energy and Buildings*. – 2018. – Vol. 179 (15). P. 1-14. DOI: [10.1016/j.enbuild.2018.08.038](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.038).
2. Accelerating the energy retrofit of commercial buildings using a database of energy efficiency performance / S.H. Lee, T. Hong, M.A. Piette et al. // *Energy*. – 2015. – Vol. 90(1). P. 738-747. DOI: [10.1016/j.energy.2015.07.107](https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.07.107).
3. Quantifying potential savings from sustainable energy projects at a large public university: An energy efficiency assessment for Texas State University / M. Mohammadalizadehkorde, R. Weaver // *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. – 2020. – Vol. 37. P. 100570. DOI: [10.1016/j.seta.2019.100570](https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.100570).
4. Understanding Sustainable Energy in the Context of Smart Cities: A PRISMA Review / T.T.P. Cortese, J.F.S. de Almeida, G.Q. Batista et al. // *Energies*. – Vol. 2022. – Vol. 15(7). – P. 2382. DOI: [10.3390/en15072382](https://doi.org/10.3390/en15072382).
5. Abdelaziz A., Santos V., Dias M.S. Machine learning techniques in the energy consumption of buildings: A systematic literature review using text mining and bibliometric analysis // *Energies*. – 2021. – Vol. 14. – P. 7810. DOI: [10.3390/en14227810](https://doi.org/10.3390/en14227810).
6. Barbetta G.P., Canino P., Cima S. The impact of energy audits on energy efficiency investment of public owners. Evidence from Italy // *Energy*. – 2015. – Vol. 93. – P. 1199-1209. DOI: [10.1016/j.energy.2015.09.117](https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.09.117).
7. Cooremans C., Schönenberger A. Energy management: A key driver of energy-efficiency investment? // *Journal of Cleaner Production*. – 2019. – Vol. 230. – P. 264-275. DOI: [10.1016/j.jclepro.2019.04.333](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.333).
8. Energy Management Systems and Strategies in Buildings Sector: A Scoping Review // A.M. Al-Ghaili, H. Kasim, N.M. Al-Hada, et al. // *IEEE Access*. – 2021. – Vol. 9. P. 63790-63813. DOI: [10.1109/ACCESS.2021.3075485](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3075485).
9. Zekić-Sušac M., Knežević M., Scitovski R. Deep Learning in Modeling Energy Cost of Buildings in the Public Sector // 14th Int. Conf. on Soft Computing Models in Industrial and Environmental Applications (SOCO 2019). – Cham: Springer, 2019. – P. 101-110. DOI: [10.1007/978-3-030-20055-8_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20055-8_10).
10. A data-driven methodology for enhanced measurement and verification of energy efficiency savings in commercial buildings / B. Grillone, G. Mor, S. Danov, et al. // *Applied Energy*. – 2021. – Vol. 301(1). P. 117502. DOI: [10.1016/j.apenergy.2021.117502](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117502).
11. Ding Y., Fan L., Liu X. Analysis of feature matrix in machine learning algorithms to predict energy consumption of public buildings // *Energy and Buildings*. – 2021. – Vol. 249(15). P. 111208. DOI: [10.1016/j.enbuild.2021.111208](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111208).
12. Zekić-Sušac M., Scitovski R., Has A. Cluster analysis and artificial neural networks in predicting energy efficiency of public buildings as a cost-saving approach // *Croatian Review of Economic, Business and Social Statistics*. – 2018. – Vol. 4(2). P. 57-66. DOI: [10.2478/crebss-2018-0013](https://doi.org/10.2478/crebss-2018-0013).



13. A meta-learning classification model for supporting decisions on energy efficiency investments / E. Sarma, E. Spiliotis, V. Marinakis, et al. // *Energy and Buildings*. – 2022. – Vol. 258(1). P. 111836. DOI: [10.1016/j.enbuild.2022.111836](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111836)
14. Economic appraisal of energy efficiency in buildings using cost-effectiveness assessment / P. Tuominen, F. Reda, W. Dawoud et al. // *Procedia Economics and Finance*. – 2015. – Vol. 21. – P. 422–430. DOI: [10.1016/S2212-5671\(15\)00195-1](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00195-1).
15. Афанасьева А.П. Оптимальное планирование инвестиций в энергосберегающие мероприятия для большого количества объектов // *Энергетические системы*. – 2021. – № 1. – С. 59-69. EDN: [OKFMNC](https://edn.org/OKFMNC). DOI: [10.34031/es.2021.1.006](https://doi.org/10.34031/es.2021.1.006).
16. Гуцин С.В., Семенов А.С., Шень Ч. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. – 2020. – № 5. – С. 31-43. EDN: [AKLUPC](https://edn.org/AKLUPC). DOI: [10.34031/2071-7318-2020-5-5-31-43](https://doi.org/10.34031/2071-7318-2020-5-5-31-43)
17. Zekić-Sušac M., Mitrović S., Has A. Machine learning based system for managing energy efficiency of public sector as an approach towards smart cities // *International Journal of Information Management*. – 2021. – Vol. 58. – P. 102074. DOI: [10.1016/j.ijinfomgt.2020.102074](https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102074).
18. Tomšić Ž., Gašić I., Čačić G. Energy management in the public building sector –ISGE/ISEMIC model // *Journal of Energy*. – 2015. – Vol. 64(1-4). – P. 78-89. DOI: [10.37798/2015641-4145](https://doi.org/10.37798/2015641-4145).
19. Додонов А.Н. Методология построения системы городского энергоменеджмента на объектах городского управления [Электронный ресурс]: UNECE. URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/eneff/6th_IFESD_Yerevan_Oct.15/EE_S.Cit/Baaker.Andrei.Dodonov_r.pdf (дата обращения 01.03.2024 г.)
20. Система ведения топливно-энергетического баланса как среда для поддержки принятия решений по управлению топливно-энергетическим комплексом региона / С.Д. Коровкин, И.Д. Ратманова, Л.В. Щавелев, И.А. Левенец // *Вестник ИГЭУ*. – 2005. – № 4. – С. 60–63. EDN: [ZPXNIA](https://edn.org/ZPXNIA)
21. Ратманова И.Д., Травников Е.Р. Автоматизация процесса нормирования и лимитирования энергопотребления в бюджетной сфере региона // *Вестник ИГЭУ*. – 2012. – № 4. – С. 64–69. EDN: [PMFECL](https://edn.org/PMFECL)
22. Ратманова И.Д., Железняк Н.В. Подход к организации информационной поддержки государственной политики в сфере управления топливно-энергетическим комплексом региона // *Вестник ИГЭУ*. – 2006. – № 4. – С. 57–61.
23. Карпушев С.А., Харитонов А.Ю. Автоматизированная система мониторинга энергоэффективности муниципальных объектов г. Донецка // *Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист*. – 2020. – № 1. – С. 55-67. EDN: [TJGPNR](https://edn.org/TJGPNR).
24. Харитонов А.Ю. Использование оперативного анализа для повышения энергоэффективности отопления общественных зданий: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.03. – Донецк: ДНТУ, 2017. – 23 с. URL: http://donnasa.ru/upload/files/avtoreferat_kharitonov_a.yu.pdf.
25. Bulgaria [Сайт]: SPP Regions. URL: <https://sppregions.eu/our-regions/bulgaria/> (дата обращения 01.03.2024).
26. Gynther L. Energy Efficiency and the Public Sector [Электронный ресурс]. – Odyssee-Mure database, 2016. – 4 p. URL: <https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/public-sector-building-energy-efficiency.pdf>.
27. Гашо Е.Г., Чехранова О.А. Энергетическая стратегия предприятия // *Энергетические системы*. – 2021. – № 1. – С. 9-18. EDN: [IKXSHK](https://edn.org/IKXSHK). DOI: [10.34031/es.2021.1.001](https://doi.org/10.34031/es.2021.1.001)

References

1. Wei, Z., Xu, W., Wang, D., Li, L., Niu, L., Wang, W., Wang, B., & Song, Y. (2018). A study of city-level building energy efficiency benchmarking system for China. *Energy and Buildings*, 179 (15), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.038>.
2. Lee, S. H., Hong, T., Piette, M. A., Sawaya, G., Chen, Y., & Taylor-Lange, S. C. (2015). Accelerating the energy retrofit of commercial buildings using a database of energy efficiency performance. *Energy*, 90(1), 738-747. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.07.107>.
3. Mohammadalizadehkorde, M., & Weaver, R. (2020). Quantifying potential savings from sustainable energy projects at a large public university. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 37, 100570. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.100570>.



4. Cortese, T. T. P., de Almeida, J. F. S., Batista, G. Q., Storopoli, J. E., Liu, A., & Yigitcanlar, T. Understanding Sustainable Energy in the Context of Smart Cities: A PRISMA Review. *Energies*, 15(7), 2382. <https://doi.org/10.3390/en15072382>.
5. Abdelaziz, A., Santos, V., & Dias, M.S. (2015). Machine learning techniques in the energy consumption of buildings: A systematic literature review using text mining and bibliometric analysis. *Energies*, 14, 7810. <https://doi.org/10.3390/en14227810>.
6. Barbeta, G.P., Canino, P., & Cima, S. (2015). The impact of energy audits on energy efficiency investment of public owners. Evidence from Italy. *Energy*, 93, 1199-1209. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.09.117>.
7. Cooremans, C., & Schöenberger, A. (2019). Energy management: A key driver of energy-efficiency investment?. *Journal of Cleaner Production*, 230: 264-275. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.333>.
8. Al-Ghaili, A. M., Kasim, H., Al-Hada, N. M., Jorgensen, B. N., Othman, M., & Wang, J. (2021). Energy Management Systems and Strategies in Buildings Sector: A Scoping Review. *IEEE Access*, 9, 63790-63813. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3075485>.
9. Zekić-Sušac, M., Knežević, M., & Scitovski, R. (2019). Deep Learning in Modeling Energy Cost of Buildings in the Public Sector. In: *Proc 14th Int. Conf. on Soft Computing Models in Industrial and Environmental Applications (SOCO 2019, Seville, Spain, May 13-15)* (pp. 101-110). Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20055-8_10.
10. Grillone, B., Mor, G., Danov, S., Cipriano, J., & Sumper, A. (2021). A data-driven methodology for enhanced measurement and verification of energy efficiency savings in commercial buildings. *Applied Energy*, 301(1), 117502. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117502>.
11. Ding, Y., Fan, L., & Liu, X. (2021). Analysis of feature matrix in machine learning algorithms to predict energy consumption of public buildings. *Energy and Buildings*, 249(15), 111208. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111208>.
12. Zekić-Sušac, M., Scitovski, R., & Has, A. (2018). Cluster analysis and artificial neural networks in predicting energy efficiency of public buildings as a cost-saving approach. *Croatian Review of Economic, Business and Social Statistics*, 4(2), 57-66. <https://doi.org/10.2478/crebss-2018-0013>.
13. Sarmas, E., Spiliotis, E., Marinakis, V., Koutselis, T., & Doukas, H. (2022). A meta-learning classification model for supporting decisions on energy efficiency investments. *Energy and Buildings*, 258(1), 111836. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111836>.
14. Tuominen, P., Reda, F., Dawoud, W., Elboshy, B., Elshafei, G., & Negm A. (2015). Economic appraisal of energy efficiency in buildings using cost-effectiveness assessment. *Procedia Economics and Finance*, 21, 422-430. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00195-1](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00195-1).
15. Afanasyeva, A. (2021). Optimal planning of investments in energy saving measures for a large number of objects. *Energy Systems*, 1, 59-69. <http://dx.doi.org/10.34031/es.2021.1.006>. [In Russian]
16. Gushchin, S., Seminenko, A., & Shen Ch. (2020). Global trends in the development of energy-saving technologies. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*, 5, 31-43. <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2020-5-5-31-43>. [In Russian]
17. Zekić-Sušac, M., Mitrović, S., & Has, A. (2021). Machine learning based system for managing energy efficiency of public sector as an approach towards smart cities. *International Journal of Information Management*, 58, 102074. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102074>.
18. Tomšić, Ž., Gašić, I., & Čačić, G. (2015). Energy management in the public building sector – ISGE/ISEMIC model. *Journal of Energy*, 64(1-4), 78-89. <https://doi.org/10.37798/2015641-4145>.
19. Dodonov, A. N. (2015.) *Metodologiya postroeniya sistemy` gorodskogo e`nergomenedzhmenta na ob`ektax gorodskogo upravleniya [Methodology for building a city energy management system at city government facilities]*. Retrieved March 1, 2024, from <https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/eneff/6th IFESD Yerevan Oct.15/EE S.Cit/Bakker.Andrei.Dodonov r.pdf>. [In Russian]
20. Korovkin, S. D., Ratmanova, I. D., Shchhavelev, L. V., & Levenets I. A. (2005). Sistema vedeniya toplivno-e`nergeticheskogo balansa kak sreda dlya podderzhki prinyatiya reshenij po upravleniyu toplivno-e`nergeticheskim kompleksom regiona [The system for maintaining the fuel and energy balance as a environment for supporting decision-making in managing the fuel and energy complex of the region]. *Vestnik IGEU*, 4, 60-63. [In Russian]



21. Ratmanova, I. D., & Travnikov E. R. (2012). Avtomatizaciya processa normirovaniya i limitirovaniya e`nergopotrebleniya v byudzhetnoj sfere regiona [Automation of the process of rationing and limiting energy consumption in the budget sector of the region]. *Vestnik IGEU*, 4, 64–69. [In Russian]
22. Ratmanova, I. D., & Zhelezniak, N. V. (2006). Podxod k organizacii informacionnoj podderzhki gosudarstvennoj politiki v sfere upravleniya toplivno-e`nergeticheskim kompleksom regiona [An approach to organizing information support for state policy in the field of managing the fuel and energy complex of the region]. *Vestnik IGEU*, 4, 57–61. [In Russian]
23. Karpushev S.A., Haritonov A.Yu. (2010). Avtomatizirovannaya sistema monitoringa e`nergoe`ffektivnosti municipal`ny`x ob`ektov g. Doneczka [Automated monitoring system for energy efficiency of municipal facilities in Donetsk]. *Tekhnogenno-ekologichna bezpeka ta civil'nij zahist*, 1, 55-67. [In Russian]
24. Haritonov, A. Yu. (2017) Ispol'zovanie operativnogo analiza dlya povysheniya energoeffektivnosti otopleniya obshchestvennyh zdaniy [Using Operational Analysis to Improve the Energy Efficiency of Heating Public Buildings] [Thesis of Doctoral dissertation, Donetsk national technical university]. URL: http://donnasa.ru/upload/files/avtoreferat_kharitonov_a.yu.pdf. [In Russian]
25. SPP Regions (n.d.) Bulgaria. Retrieved March 1, 2024, from <https://sppregions.eu/our-regions/bulgaria/>.
26. Gynther, L. (2016). *Energy Efficiency and the Public Sector*. Odyssee-Mure database. <https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/public-sector-building-energy-efficiency.pdf>
27. Gasho E., Chekhranova O. Energy strategy of the enterprise. *Energy Systems* 2021; 6(1): 9–18. <http://dx.doi.org/10.34031/es.2021.1.001>.

Сведения об авторах

Кошлич Юрий Алексевич, канд. техн. наук, доцент кафедры Электроэнергетики и автоматики, начальник отдела стратегических проектов Управление информатизации и коммуникаций БГТУ им. В.Г. Шухова. SPIN-код: [3672-6251](https://orcid.org/0000-0002-6905-5275). E-mail: koshlich@yandex.ru.

Трубаев Павел Алексеевич, д-р техн. наук, профессор кафедры Энергетики теплотехнологии БГТУ им. В.Г. Шухова. SPIN-код: [5743-7260](https://orcid.org/0000-0003-1710-1599). E-mail: trubaev@gmail.com.

Буланин Алексей Владимирович, директор ОГБУ «Центр энергосбережения Белгородской области». E-mail: alex-bulanin@yandex.ru.

Буханов Дмитрий Геннадьевич, канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, ведущий инженер стратегических проектов Управление информатизации и коммуникаций БГТУ им. В.Г. Шухова. SPIN-код: [3778-1387](https://orcid.org/0000-0001-6045-220X). E-mail: dgbukh@gmail.com.

Authors about

Yurij Koshlich, PhD of Tech. Sciences, Associate Professor of the Department of Electric Power and Automation, Head of the Strategic Projects Department, Department of Informatization and Communications of BSTU named after. V.G. Shukhova. ORCID: [0000-0002-6905-5275](https://orcid.org/0000-0002-6905-5275). E-mail: koshlich@yandex.ru.

Pavel Trubaev, Dr. of Tech. Sciences, Professor of Department of Energy Engineering of Heat Technologie, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia. ORCID: [0000-0003-1710-1599](https://orcid.org/0000-0003-1710-1599). E-mail: trubaev@gmail.com.

Aleksei Bulanin, Director of the Energy Saving Center of the Belgorod Region. E-mail: alex-bulanin@yandex.ru.

Dmitriy Bukhanov, PhD of Tech. Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Software and Automated Systems, Lead Engineer of the Strategic Projects Department, Department of Informatization and Communications of BSTU named after. V.G. Shukhova. ORCID: [0000-0001-6045-220X](https://orcid.org/0000-0001-6045-220X). E-mail: dgbukh@gmail.com.

