

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА/REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.109>

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В СТРЕМЛЕНИИ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ЛИДЕРСТВУ

Научная статья

Мещерякова Т.С.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0001-5610-6179;¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (meshcheryakovats[at]mgsu.ru)

Аннотация

В исследовании раскрыты базовые аспекты теоретической основы управления энергоэффективностью как стратегическим активом для достижения технологического лидерства промышленными предприятиями. Анализируется системный подход к энергоменеджменту, раскрывается ограниченность формального внедрения стандартов ISO/ГОСТ Р ИСО 50001 без оценки реальной зрелости системы. Ключевым научным результатом является интеграция концепции уровней зрелости системы энергетического менеджмента (СЭнМ) (например, модели Haensch Group) в процесс стратегического планирования. На основе синтеза отечественного и международного опыта сформулированы восемь универсальных принципов и четыре группы методов (технологические, организационные, экономические, информационно-аналитические) обеспечения энергоэффективного развития. Работа доказывает, что синергия управленческой диагностики на основе оценки зрелости СЭнМ и технического энергоаудита формирует траекторию перехода от операционной экономии к устойчивому конкурентному преимуществу, что имеет практическую ценность для руководства предприятий и отраслевых регуляторов.

Ключевые слова: энергоэффективность, промышленные предприятия, энергоменеджмент, зрелость системы энергоменеджмента, энергетическое обследование, технологическое лидерство.

THEORETICAL PRINCIPLES OF ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT IN INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE PURSUIT OF TECHNOLOGICAL LEADERSHIP

Research article

Meshcheryakova T.S.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0001-5610-6179;¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (meshcheryakovats[at]mgsu.ru)

Abstract

The study discloses the basic aspects of the theoretical framework for managing energy efficiency as a strategic asset for industrial enterprises to achieve technological leadership. A systematic approach to energy management is analysed, and the limitations of the formal implementation of ISO/GOST R ISO 50001 standards without assessing the actual maturity of the system are identified. The key scientific result is the integration of the concept of energy management system (EMS) maturity levels (e.g., the Haensch Group model) into the strategic planning process. Based on a synthesis of domestic and international experience, eight universal principles and four groups of methods (technological, organisational, economic, information and analytical) for ensuring energy-efficient development have been formulated. The work proves that the synergy of management diagnostics based on the assessment of EMS maturity and technical energy audits forms a trajectory of transition from operational savings to sustainable competitive advantage, which is of practical value for enterprise management and industry regulators.

Keywords: energy efficiency, industrial enterprises, energy management, energy management system maturity, energy audit, technological leadership.

Введение

Проблематика управления энергоэффективностью в промышленности имеет различные масштабы, но схожа по своему содержанию во многих промышленно-развитых странах. Научно-практическая значимость и потенциал развития научных изысканий по теме исследования подтверждается данными международных организаций, в том числе Международного энергетического агентства (IEA) [1], Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA) [2], исследованиями множества ученых и научных школ. В научных исследованиях преобладает два основных подхода к формулированию предметной области исследования: оптимизация работы технических систем конкретного предприятия или подотрасли за счет энергосберегающих мероприятий и систем управления энергоресурсами EMS (Energy Management System) [3], [4], а также подход к управлению энергоэффективностью с точки зрения стандартизации процессов по ISO 50001/ГОСТ Р ИСО 50001 [5], [6]. Ю.В. Шацких, Ю.А. Геллер, А.В. Осипов рассматривает комплексный подход к энергосбережению предприятий, в том числе с применением наилучших доступных технологий [7], [8]. А.С. Кошелев, А.Г. Паламарчук предлагают организационные механизмы повышения энергоэффективности промышленности с применением государственно-

частного партнерства для существующих предприятий и теории кластеризации для планируемых к возведению [9], [10]. Е.Е. Крыленко систематизирует вопросы организации управления энергоэффективностью в электрогенерирующем комплексе промышленности [11]. Приведенные исследования развивают классическую теорию пространственного развития, теорию бережливого производства на основе цифровизации производственных процессов, решают проблемы оптимизации работы отдельных категорий технологического оборудования. При этом важным аспектом, который не находит отражения в работах, является оценка зрелости системы энергоменеджмента (СЭнМ) предприятия, позволяющая выявить потенциал повышения энергоэффективности и сформировать перспективные траектории своего развития в стремлении к технологическому лидерству.

Целью исследования является определение теоретической основы управления энергоэффективностью промышленных предприятий в условиях их стремления к технологическому лидерству. Под технологическим лидерством промышленного предприятия в контексте предметной области исследования понимается достижение и удержание превосходства в разработке и/или применении передовых, энергоэффективных производственных технологий и систем управления, соответствующих уровню лучших мировых практик и обеспечивающих долгосрочную конкурентоспособность на отраслевом рынке.

Для достижения поставленной цели в ходе исследования решаются следующие задачи: проводится анализ уровня стандартизации процессов управления энергоресурсами промышленного предприятия на основе внедрения СЭнМ; систематизируются теоретические подходы к определению уровня зрелости СЭнМ промышленного предприятия; формулируются универсальные принципы обеспечения высокого уровня энергоэффективности промышленного предприятия в условиях достижения технологического лидерства; характеризуются методы обеспечения энергоэффективного развития промышленного предприятия.

Методы и принципы исследования

В ходе исследования применялись две группы методов исследования: теоретические и аналитические методы; методы сбора эмпирических данных.

Первая группа методов — теоретические и аналитические методы, которые включают: системный анализ (ключевой метод); сравнительный (компаративный) анализ; структуризация и классификация; контент-анализ и анализ документов.

Системный анализ применяется для рассмотрения энергоэффективности промышленности в контексте сложной системы, определяющей декомпозицию и взаимосвязи на микроуровне (предприятие), мезоуровне (отрасль, регион), макроуровне (промышленный комплекс экономики). Сравнительный (компаративный) анализ характеризует сопоставление подходов российских и зарубежных ученых к предметной области исследования, различных моделей зрелости СЭнМ (модели Н. Финнерти, Е.А. Кириковой, стартап-компания Verdigris (Verdigris Technologies), консалтинговой группы компаний Haensch Group) [12], [13], [14], [15]. Альтернативная «модели зрелости» дефиниция представлена в четвертом разделе ГОСТ Р ИСО 50005, где описана структура четырехуровневой «модели развития» СЭнМ [16]. Структуризация и классификация позволила: выделить и систематизировать восемь универсальных принципов обеспечения энергоэффективности; классифицировать группы методов обеспечения методов энергоэффективного развития промышленного предприятия; разработать классификацию видов потенциала энергоэффективности с детализацией участников оценки для каждого; предложить классификацию предприятий по уровню зрелости СЭнМ. Контент-анализ и анализ документов применялся в ходе изучения научных публикаций, методических изданий, законодательных и нормативных актов: ФЗ № 261 «Об энергосбережении» [17], ГОСТ Р ИСО 50005 [16], Постановление Правительства [18], отраслевые справочники НДТ [19], Стратегия экономической безопасности [20].

Вторая группа методов — методы сбора эмпирических данных, которые включают: вторичный анализ статистических данных; анализ практических кейсов и существующих моделей. Вторичный анализ статистических данных соответствует использованию официальных данных Минэкономразвития РФ (результатов опроса 139 предприятий [21]). Анализ практических кейсов и существующих моделей характеризует изучение и адаптацию практических инструментов и моделей оценки уровней зрелости СЭнМ.

Основные результаты

Несмотря на фокус внимание научного сообщества и руководителей предприятий к теме управления энергоэффективностью, согласно данным Минэкономразвития РФ к 2023 г. по результатам опроса 139 крупных отечественных предприятий менее половины из них стандартизировали процессы, связанные с энергосистемами предприятий (см. рис. 1).



Рисунок 1 - Уровень стандартизации ЭнМ российских предприятий
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.109.1>

Наличие у предприятия СЭнМ, сформированных даже по международным стандартам ISO, не говорит о ее практической эффективности. Важно также учитывать организационный уровень управления энергоэффективностью, определяемый термином показателем «уровень зрелости СЭнМ». Очевидным является отсутствие возможности применения универсальных положений для промышленных предприятий, которые имеют различный уровень зрелости СЭнМ, а также различный потенциал повышения энергоэффективности, определяемый на основании технической диагностики, осуществляемой в составе комплекса мероприятий в ходе энергетического обследования.

Модель зрелости СЭнМ описывает способность менеджмента организации предприятия осуществлять управление его энергоэффективностью в эволюционном направлении, проходя через ряд определенных уровней (как правило, от 3 до 5 уровней). Каждый уровень характеризуется организацией процессов и результатами. Одна из типовых моделей самодиагностики уровня зрелости СЭнМ предприятия, предлагаемая Naensch Group, проводится на основе теста по шести аспектам: политика; организационная структура; мотивация; информационная система; маркетинг и инвестиции. Результаты анализа текущей ситуации и прогноз (например, через 3 года) заносятся в шаблонную таблицу, на основании которой строится лепестковая диаграмма (см. рис. 2).

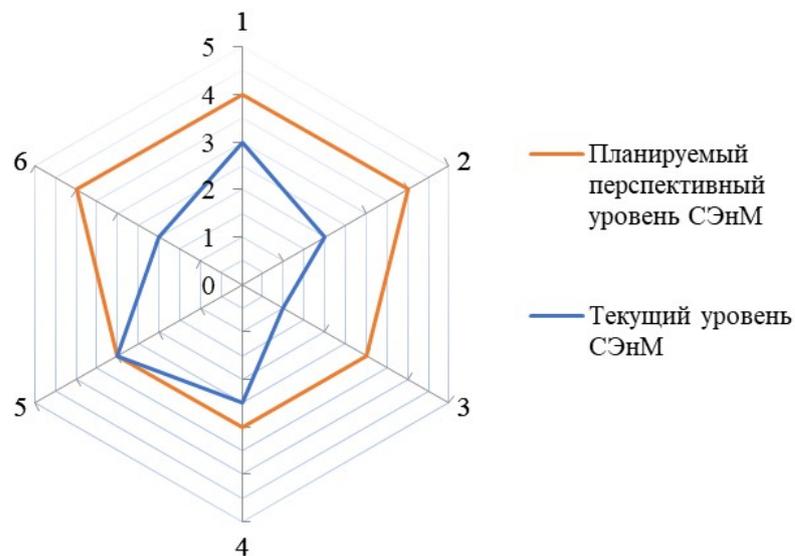


Рисунок 2 - Диаграмма зрелости СЭнМ
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.109.2>

Примечание: для оценки используется пятибалльная шкала 0 до 4 (с использованием десятичных знаков)

Значительные разрывы в текущем и планируемом (перспективном) уровнях зрелости СЭнМ определяются в качестве зон приложения наибольших усилий со стороны руководства менеджмента предприятия.

Альтернативные модели оценки зрелости СЭнМ приведены в ряде исследований российских и зарубежных ученых, а также в стандарте ГОСТ Р ИСО 50005-2025 «Системы энергетического менеджмента. Руководящие указания по поэтапному внедрению» (ГОСТ Р ИСО 50005-2025), методологии стартап-компании Verdigris, реализующей проекты автоматизации и управления энергоэффективностью коммерческими и промышленными

зданиями на базе ИИ [12], [13], [14]. Оценка уровня зрелости системы СЭнМ служит концептуальным вопросом управленческой диагностики, ориентированной на обеспечение энергоэффективного развития промышленного предприятия в контексте достижения технологического лидерства. Ключевым элементом технической диагностики и действенного управления СЭнМ выступает энергетическое обследование (энергоаудит). Данная процедура представляет собой комплексный системный анализ всех процессов потребления энергетических ресурсов (электроэнергия, тепло, топливо, вода и пр.) и преследует цели, непосредственно способствующие формированию траектории технологического лидерства: получение объективной картины структуры, объемов и эффективности энергопотребления; выявление потенциала экономии за счет локализации нерациональных потерь и неэффективного оборудования; разработку технико-экономически обоснованного плана мероприятий (программы энергосбережения) с расчетом ожидаемой экономии и сроков окупаемости [17]. С 2019 года в Российской Федерации энергообследование утратило обязательный характер для большинства предприятий, будучи замещенным декларированием потребления энергоресурсов для ограниченного круга субъектов (государственные и муниципальные учреждения, естественные монополии и др.). Данное изменение привело к фрагментации системы мониторинга, вследствие чего статистические данные перестают быть репрезентативными для анализа отраслевых тенденций в сфере энергоэффективности. Введенный позднее государственный энергетический надзор для организаций ТЭК, будучи иной по процедурам формой контроля, не компенсирует утраты системной технической диагностики на уровне промышленного комплекса.

Несмотря на отмену обязательности, добровольное энергообследование сохраняет статус критически важного инструмента энергоэффективного развития в силу следующих причин:

- 1) прямая экономическая целесообразность, когда затраты на аудит многократно ниже потенциальной экономии от выявленных мероприятий;
- 2) инвестиционное обоснование, поскольку результаты обследования формируют готовое технико-экономическое обоснование, упрощающее привлечение финансирования;
- 3) подготовка отчетности — данные обследования служат первичной информационной базой для корректного декларирования;
- 4) соответствие корпоративным стандартам, требующим внедрения практик энергоменеджмента, включая первичную диагностику, в рамках цепочек поставок и холдингов.

На основе синтеза исследований сформулированы универсальные принципы обеспечения энергоэффективности промышленного предприятия, направленные на технологическое лидерство:

- *Принцип системности и стратегической интеграции:* энергоэффективность должна быть интегрирована в корпоративную стратегию и систему менеджмента, что реализуется через внедрение СЭнМ по ГОСТ Р ИСО 50001 и увязку соответствующих ключевых показателей эффективности (KPI) с целями высшего руководства.
- *Принцип приоритетности и непрерывности цикла PDCA:* управление энергоэффективностью должно представлять собой перманентный цикл «планирование — выполнение — проверка — действие», поддерживаемый регулярным мониторингом и аудитом.
- *Принцип технологической и организационной инновационности:* качественный рост эффективности невозможен без внедрения наилучших доступных технологий (НДТ), решений в области цифровизации (Индустрия 4.0, ИИ) и новых бизнес-моделей (энергосервисные контракты).
- *Принцип экономической обоснованности:* каждое мероприятие требует строгой финансовой оценки (ROI, NPV, IRR, срок окупаемости) и выбора оптимальной модели финансирования (собственные средства, ЭСКО, ГЧП, льготное кредитование).
- *Принцип мотивации и вовлеченности персонала:* успех политики энергосбережения обусловлен созданием системы материальных и нематериальных стимулов, а также постоянным повышением компетенций и осведомленности сотрудников.
- *Принцип адаптивности и учета внешних факторов:* стратегия энергоэффективности предприятия должна быть гибкой и учитывать динамику цен на энергоносители, ужесточение экологических норм, появление новых технологий и изменение нормативной базы.

• *Принцип баланса между глубиной модернизации и операционными рисками:* необходимо оптимизировать соотношение между капиталоемкими проектами полного цикла и быстро окупаемыми локальными решениями, минимизируя производственные риски.

• *Принцип информационной открытости и отчетности:* публичная демонстрация достижений (ESG-отчетность, энергетические паспорта, участие в рейтингах) повышает инвестиционную привлекательность и репутацию в глазах стейкхолдеров.

В соответствии с данными принципами можно выделить четыре взаимосвязанные группы методов обеспечения энергоэффективного развития:

- *Технологические:* внедрение НДТ, модернизация основных производственных фондов, цифровая трансформация процессов.
- *Организационные:* внедрение и развитие СЭнМ, оптимизация организационной структуры, обучение и мотивация персонала.
- *Экономические:* инвестиционный анализ, применение механизмов энергосервиса и государственно-частного партнерства, разработка KPI.
- *Информационно-аналитические:* мониторинг уровня зрелости СЭнМ, проведение энергообследований, формирование нефинансовой отчетности.

Таким образом, общая концепция энергоэффективного развития промышленного предприятия представляет собой не набор разрозненных мероприятий, а целостную систему управления изменениями на основе выбора траектории

роста зрелости СЭнМ, где технологическая модернизация подкрепляется научно обоснованным менеджментом, экономическими расчетами и активным вовлечением человеческого капитала.

Обсуждение

Определение теоретической основы управления—достигается через синтез и развитие идей, представленных в трудах российских (Ю.В. Шацких, С.Ю. Колесников, Е.Е. Крыленко) и зарубежных исследователей. Если классические подходы зачастую рассматривают энергосбережение как технико-экономическую задачу или элемент операционных издержек, настоящее исследование предлагает более высокий уровень абстракции на основе моделей зрелости, которые в последствии могут быть адаптированы для конкретной отрасли промышленности. Энергоэффективность позиционируется как стратегический компетенционный актив, интеграция которого в корпоративную стратегию является не следствием, а предпосылкой технологического лидерства. Это перекликается концепцией ресурсной базы, где уникальные организационные способности к рациональному энергопользованию становятся источником устойчивого конкурентного преимущества. Диалектика стандартизации ЭнМ рассматривается через модель зрелости как эволюционный инструмент, что порождает дискуссионный вопрос о балансе между унификацией и гибкостью. С одной стороны, стандарты (ISO 50001, ГОСТ Р ИСО 50005) и типовые модели (например, модель Naensch Group) необходимы для создания общего языка, бенчмаркинга и интеграции в глобальные цепочки создания стоимости. С другой стороны, как показал проведенный анализ, механическое внедрение формальной СЭнМ без учета специфики предприятия не гарантирует результата. Предложенная модель, вводящая уровни от «реактивного» до «оптимизируемого», является попыткой разрешить это противоречие. Она задает не жесткий регламент, а эволюционную траекторию, позволяющую предприятиям с разным стартовым уровнем выстраивать индивидуальный путь развития. Дискуссионным остается вопрос о драйверах перехода между уровнями, особенно с 1–2 (операционная экономия) на 3–5 (стратегическая интеграция и инновации), где требуются не только инвестиции, но и трансформация управленческой культуры.

Базисом энергоэффективного развития промышленного предприятия является управленческая и техническая диагностика. В исследовании обоснованно разделяется управленческая (оценка зрелости СЭнМ) и техническая (энергообследование) диагностики, при этом подчеркивается значимость обеих, несмотря на разрыв, характерный в современной практике. Энергообследование, будучи классическим инструментом, зачастую фокусируется на поиске точечных потерь и оценке энергосберегающих мероприятий с быстрой окупаемостью. Управленческая диагностика через модель зрелости ориентирована на системные процессы и долгосрочные цели. Ключевая теоретическая позиция заключается в том, что лишь синергия этих двух видов диагностики позволяет выявить не только места экономии, но пути институционализации процессов постоянного улучшения, трансформировав энергоэффективность из проекта в рутинную практику. Особую актуальность это приобретает в свете отмены обязательного энергообследования в РФ, что сузило поле для технической диагностики и повысило значимость внутренних управленческих инструментов для самодиагностики.

Сформулированные восемь универсальных принципов представляют собой не просто перечень, а систему с внутренними связями и возможными противоречиями. Например, принцип экономической обоснованности на ранних стадиях может конфликтовать с принципом технологической инновационности (внедрение ИИ, цифровых двойников), венчурные инвестиции в которые имеют длительный горизонт окупаемости. Разрешение этого противоречия лежит в плоскости принципа баланса между глубиной модернизации и операционными рисками. Теоретическая ценность предложенной системы принципов заключается в том, что она задает не идеальную, а реалистичную модель управления, признающую существование таких дилемм и предлагающую инструменты (например, сценарное планирование, сочетание быстрых мер и долгосрочных программ) для их решения. Это отличает данный подход от нормативных перечней лучших практик и применения НДТ, часто игнорирующих ресурсные ограничения и контекст развития современного предприятия.

Определение технологического лидерства, данное в исследовании, смещает акцент с технического превосходства на превосходство в системах управления, обеспечивающих внедрение и развитие энергоэффективных технологий. Это согласуется с современным пониманием процесса управления инновациями в стремлении к технологическому лидерству. В данном контексте разработанная классификация методов (технологические, организационные, экономические, информационные) подчеркивает, что путь к лидерству требует параллельного развития данных направлений. Организационные и информационные методы обеспечения энергоэффективного развития промышленного предприятия создают необходимую инфраструктуру для успешного усвоения и генерации технологических и экономических методов.

Заключение

Теоретические положения, представленные в исследовании, формируют многоуровневый концептуальный каркас для переосмысления роли энергоэффективности в промышленности.

Основным научным результатом исследования является разработка комплексной теоретической конструкции, устанавливающей причинно-следственную связь между зрелым, системным управлением энергоресурсами и достижением устойчивых конкурентных преимуществ на отраслевом рынке. Энергоэффективность трансформируется из сугубо операционной, затратной функции в стратегический компетенционный актив, формирующий основу для технологического лидерства.

Практическая ценность результатов состоит в том, что модели зрелости СЭнМ, принципы и греппы методов обеспечения энергоэффективного развития предприятия предоставляют руководству промышленных предприятий, отраслевым ассоциациям и органам государственного управления структурированный аналитический инструментарий для диагностики, планирования и реализации политики в области энергоэффективности, ориентированной на достижение технологического лидерства.



Перспективы дальнейших исследований лежат в плоскости эмпирической верификации предложенной теоретической конструкции, количественной оценки эффективности различных траекторий повышения уровня зрелости СЭнМ на основе методов статистического анализа при форматировании отраслевых нормативов, эконометрического метода оценки потенциала повышения энергоэффективности и метода нахождения условного экстремума функции для выбора оптимального сценария реализации потенциала энергоэффективности предприятия.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Energy efficiency 2025 : market report. — Paris : International Energy Agency, 2025. — URL: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2025> (accessed: 01.11.2025).
2. Digitalisation and AI for power system transformation: Perspectives for the G7. — Abu Dhabi : International Renewable Energy Agency. — 2025. — URL: <https://www.irena.org/Publications/2025/Oct/Digitalisation-and-AI-for-power-system-transformation-Perspectives-for-the-G7> (accessed: 01.11.2025).
3. Krämer S. Operator and Management Support for Improving Energy and Material Efficiency in the Chemical Industry / S. Krämer, K. Rahimi-Adl, U. Enste [et al.] // Chemie Ingenieur Technik. — 2025. — Vol. 97. — № 3. — P. 931–952. — DOI: 10.1002/cite.70014.
4. Arana G. The Contribution of Lean Management—Industry 4.0 Technologies to Improving Energy Efficiency / G. Arana, N. Uriarte-Gallastegi, B. Landeta [et al.] // Energies. — 2023. — Vol. 16. — № 5. — Art. 2124. — DOI: 10.3390/en16052124.
5. ГОСТ Р ИСО 50001-2023. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению. — Введ. 2023-06-01. — Москва : Стандартинформ, 2023. — 36 с. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200195836> (дата обращения: 01.11.2025).
6. Международный стандарт ISO 50001:2018. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по их применению / пер. и науч.-тех. ред. В.А. Качалова. — 2018. — 2-е изд. — 59 с. — URL: <https://certgroup.org/wp-content/uploads/2021/10/iso-50001-2018-perevod-ot-29-08-2018-1.pdf> (дата обращения: 01.11.2025).
7. Шацких Ю.В. Энергоэффективность промышленных предприятий : учебное пособие для слушателей, обучающихся по программе дополнительного профессионального образования «Энергосбережение и энергетическая эффективность предприятий и организаций» / Ю.В. Шацких, Ю.А. Геллер. — Москва : Издательство «МЭИ», 2020. — 49 с.
8. Осипов А.В. Совершенствование организационно-экономического механизма управления энергоэффективностью промышленности : на примере машиностроительных предприятий Приморского края : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / А.В. Осипов. — Владивосток, 2021. — 185 с.
9. Кошелев А.С. Разработка метода формирования интегрированной системы энергосбережения на высокотехнологичном промышленном предприятии : дис. ... канд. экон. наук : 5.2.3 / А.С. Кошелев. — Москва, 2023. — 210 с.
10. Паламарчук А.Г. Механизм формирования энергоэффективных промышленных кластеров в цифровой экономике : дис. ... канд. экон. наук : 5.2.3. : защищена 2023-12-27 / А.Г. Паламарчук. — Москва, 2023. — 242 с.
11. Крыленко Е.Е. Механизм устойчивого развития электрогенерирующего комплекса с учетом изменения бизнес-уклада : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Е.Е. Крыленко. — Москва, 2020. — 126 с.
12. Finnerty N. An energy management maturity model for multi-site industrial organisations with a global presence / N. Finnerty, R. Sterling, D. Coakley [et al.] // Journal of Cleaner Production. — 2017. — Vol. 167. — P. 1232–1250. — DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.07.192
13. Кирикова Е.А. Интеллектуальный энергетический менеджмент на промышленном предприятии : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Е.А. Кирикова. — Екатеринбург, 2018. — 201 с.
14. New white paper : the energy management maturity model // The Verdigris Project. — 2024. — URL: <https://www.verdigris.co/blog/new-white-paper-the-energy-management-maturity-model> (accessed: 01.11.2025).
15. Европейская модель зрелости (ISO 50001) // Haensch Group. — 2025. — URL: <https://haensch-qe.ru/tests/iso-50001/self-evaluation-iso-50001/#levels> (дата обращения: 01.11.2025).
16. ГОСТ Р ИСО 50005-2025. Системы энергетического менеджмента. Руководящие указания по поэтапному внедрению. — Введ. 2025-10-01. — Москва : Стандартинформ, 2025. — 36 с. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1313373072> (дата обращения: 01.11.2025).
17. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» : [принят Государственной Думой 11 ноября 2009 г. : одобрен Советом Федерации 18 ноября 2009 г.] // Гарант : справочно-правовая система. — Москва, 2009. — URL: <https://base.garant.ru/12171109/> (дата обращения: 01.11.2025).



18. Постановление Правительства Российской Федерации от 9 сентября 2023 г. № 1473 «Об утверждении комплексной государственной программы Российской Федерации "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности"» // Гарант : справочно-правовая система. — Москва, 2023. — URL: <https://base.garant.ru/407632842/> (дата обращения: 01.11.2025).

19. Информационно-технические справочники по наилучшим доступным технологиям // Бюро НДТ. — 2025. — URL: <https://burondt.ru/itc> (дата обращения: 01.11.2025).

20. Стратегия экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года : утверждена Указом Президента Российской Федерации от 13 мая 2017 г. № 208 // Техэксперт : информационно-справочная система. — Москва, 2017. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/420398070> (дата обращения: 01.11.2025).

21. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации за 2023 год // Министерство экономического развития Российской Федерации. — 2025. — URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/download/cf41490cdfb6bfbc81eb74f7c8e1fed/gosudarstvennyu_doklad_o_sostoyanii_energoberezheniya_v_rf_za_2023_god.pdf (дата обращения: 01.11.25).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Energy efficiency 2025 : market report. — Paris : International Energy Agency, 2025. — URL: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2025> (accessed: 01.11.2025).

2. Digitalisation and AI for power system transformation: Perspectives for the G7. — Abu Dhabi : International Renewable Energy Agency. — 2025. — URL: <https://www.irena.org/Publications/2025/Oct/Digitalisation-and-AI-for-power-system-transformation-Perspectives-for-the-G7> (accessed: 01.11.2025).

3. Krämer S. Operator and Management Support for Improving Energy and Material Efficiency in the Chemical Industry / S. Krämer, K. Rahimi-Adl, U. Enste [et al.] // Chemie Ingenieur Technik. — 2025. — Vol. 97. — № 3. — P. 931–952. — DOI: 10.1002/cite.70014.

4. Arana G. The Contribution of Lean Management—Industry 4.0 Technologies to Improving Energy Efficiency / G. Arana, N. Uriarte-Gallastegi, B. Landeta [et al.] // Energies. — 2023. — Vol. 16. — № 5. — Art. 2124. — DOI: 10.3390/en16052124.

5. GOST R ISO 50001-2023 Sistemi energeticheskogo menedzhmenta. Trebovaniya i rukovodstvo po primeniyu [Energy management systems. Requirements with guidance for use] — Introd. 2023-06-01. — Moscow : Standartinform, 2023. — 36 p. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200195836> (accessed: 01.11.2025). [in Russian]

6. Mezhdunarodnyj standart ISO 50001:2018. Sistemy energeticheskogo menedzhmenta. Trebovaniya i rukovodstvo po ih primeniyu [Energy management systems — Requirements with guidance for use] / translated and scientific-technical edited by V.A. Kachalov. — 2018. — 2nd edition. — 59 p. — URL: <https://certgroup.org/wp-content/uploads/2021/10/iso-50001-2018-perevod-ot-29-08-2018-1.pdf> (accessed: 01.11.2025). [in Russian]

7. Shatskikh Yu.V. Energoeffektivnost promishlennikh predpriyatii [Energy Efficiency of Industrial Enterprises]: textbook for students studying in the continuing professional education program "Energy saving and energy efficiency of enterprises and organizations" / Yu.V. Shatskikh, Yu.A. Geller. — Moscow : Publishing House "MEI", 2020. — 49 p. [in Russian]

8. Osipov A.V. Sovershenstvovanie organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma upravleniya energoeffektivnostyu promishlennosti : na primere mashinostroitelnikh predpriyatii Primorskogo kraja [Improving the organizational and economic mechanism for managing industrial energy efficiency : the example of machine-building enterprises in Primorsky Krai] : dis. ... of PhD in Economics : 08.00.05 / A.V. Osipov. — Vladivostok, 2021. — 185 p. [in Russian]

9. Koshelev A.S. Razrabotka metoda formirovaniya integrirovannoi sistemi energosberezheniya na vysokotekhnologichnom promishlennom predpriyatii [Development of a method for forming an integrated energy saving system at a high-tech industrial enterprise] : dis. ... of PhD in Economics : 5.2.3 / A.S. Koshelev. — Moscow, 2023. — 210 p. [in Russian]

10. Palamarchuk A.G. Mekhanizm formirovaniya energoeffektivnykh promishlennikh klasterov v tsifrovoi ekonomike [A mechanism for the formation of energy-efficient industrial clusters in the digital economy] : dis. ... of PhD in Economics : 5.2.3. / A.G. Palamarchuk. — Moscow, 2023. — 242 p. [in Russian]

11. Krylenko E.E. Mekhanizm ustoychivogo razvitiya elektrogeneriruyushchego kompleksa s uchetom izmeneniya biznes-uklada [A mechanism for sustainable development of the power generating complex, taking into account the changing business environment] : dis. ... of PhD in Economics : 08.00.05 / E.E. Krylenko. — Moscow, 2020. — 126 p. [in Russian]

12. Finnerty N. An energy management maturity model for multi-site industrial organisations with a global presence / N. Finnerty, R. Sterling, D. Coakley [et al.] // Journal of Cleaner Production. — 2017. — Vol. 167. — P. 1232–1250. — DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.07.192

13. Kirikova E.A. Intellektualnii energeticheskii menedzhment na promishlennom predpriyatii [Intelligent energy management in an industrial enterprise] : dis. ... of PhD in Economics : 08.00.05 / E.A. Kirikova. — Yekaterinburg, 2018. — 201 p. [in Russian]

14. New white paper : the energy management maturity model // The Verdigris Project. — 2024. — URL: <https://www.verdigris.co/blog/new-white-paper-the-energy-management-maturity-model> (accessed: 01.11.2025).

15. Yevropeiskaya model zrelosti (ISO 50001) [European Maturity Model (ISO 50001)] // Haensch Group. — 2025. — URL: <https://haensch-qe.ru/tests/iso-50001/self-evaluation-iso-50001/#levels> (accessed: 01.11.2025). [in Russian]

16. GOST R ISO 50005-2025. Sistemi energeticheskogo menedzhmenta. Rukovodyashchie ukazaniya po poetapnomu vnedreniyu [Energy management systems. Guidelines for a phased implementation] — Introd. 2025-10-01. — Moscow : Standartinform, 2025. — 36 p. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1313373072> (accessed: 01.11.2025). [in Russian]



17. Federal'nyj zakon ot 23 noyabrya 2009 g. № 261-FZ "Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti i o vnesenii izmenenij v otдел'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii" [Federal Law of November 23, 2009 No. 261-FZ "On Energy Saving and on Increasing Energy Efficiency and on Amending Certain Legislative Acts of the Russian Federation"] : [adopted by the State Duma on November 11, 2009 : approved by the Federation Council on November 18, 2009] // Garant : reference legal system. — Moscow, 2009. — URL: <https://base.garant.ru/12171109/> (accessed: 03.03.2026). [in Russian]
18. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 9 sentyabrya 2023 g. № 1473 "Ob utverzhdenii kompleksnoj gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federacii "Energosberezhenie i povyshenie energeticheskoy effektivnosti" [Decree of the Government of the Russian Federation of September 9, 2023 No. 1473 "On Approval of the Comprehensive State Program of the Russian Federation 'Energy Saving and Increasing Energy Efficiency'"] // Garant : reference legal system. — Moscow, 2023. — URL: <https://base.garant.ru/407632842/> (accessed: 03.03.2026). [in Russian]
19. Informatsionno-tekhnicheskie spravochniki po nailuchshim dostupnim tekhnologiyam [Information technology reference books on best available technologies] // Byuro NDT [NDT Bureau]. — 2025. — URL: <https://burondt.ru/itc> (accessed: 01.11.2025). [in Russian]
20. Strategiya ekonomicheskoy bezopasnosti Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda [Economic Security Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2030] : utverzhdena Ukazom Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 13 maya 2017 g. № 208 [approved by Decree of the President of the Russian Federation of May 13, 2017 No. 208] // Tekhekspert : informacionno-spravochnaya sistema [Tekhekspert : information and reference system]. — Moscow, 2017. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/420398070> (accessed: 01.11.2025). [in Russian]
21. Gosudarstvennii doklad o sostoyanii energosberezheniya i povishenii energeticheskoi effektivnosti v Rossiiskoi Federatsii za 2023 god [State report on the state of energy conservation and energy efficiency in the Russian Federation for 2023] // Ministerstvo ekonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii [Ministry of Economic Development of the Russian Federation]. — 2025. — URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/download/cf41490cdfb6bfbcd81eb74f7c8e1fed/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_energoberezheniya_v_rf_za_2023_god.pdf (accessed: 01.11.25). [in Russian]