

УДК 621.31

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ

В.С. Степаненко, И.Н. Малиновская, Н.А. Росляков

Юго-Западный государственный университет, Курск, email: vladimir2309step@mail.ru m.inna19@yandex.ru, roslyakovnik@mail.ru

Аннотация. Настоящее исследование описывает создание комплексной системы оценки эффективности энергетического менеджмента, адаптированной для внедрения на предприятиях. Система построена на последовательном подходе, охватывающем все этапы управления энергопотреблением, от целеполагания до операционного контроля. Ее ключевые особенности включают: интеграцию сбора данных в режиме реального времени (по оборудованию, энергоресурсам, технологическим параметрам и финансовым показателям); применение многофакторного анализа для оценки текущего состояния технической базы; разработку динамических моделей для прогнозирования трендов, моделирования сценариев и управления рисками; а также научно обоснованную методику выбора и ранжирования внутренних проектов, основанную на четких критериях. Система направлена на выявление как преимуществ, так и недостатков в работе энергосистемы предприятия. Ценность работы заключается в формировании унифицированных внутренних стандартов отчетности для руководства и заинтересованных сторон, разработке нормативной базы для внедрения и эксплуатации, а также создании методических рекомендаций для принятия обоснованных управленческих решений в сфере энергоэффективности. Эмпирические результаты подтверждают способность системы повышать эффективность энергопользования и снижать производственные затраты благодаря оптимизации использования ресурсов и режимов работы.

Ключевые слова: энергетический менеджмент, энергопотребление, энергетическая инфраструктура, инновации, энергетическое оборудование, энергоэффективность.

THE ELABORATION OF A SYSTEM FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF ENERGY MANAGEMENT AT AN ENTERPRISE

V.S. Stepanenco, I.N. Malinovskaya, N.A. Roslyakov

Southwest State University, Kursk, email: vladimir2309step@mail.ru, m.inna19@yandex.ru, roslyakovnik@mail.ru

Abstract. This study describes the creation of a comprehensive energy management performance assessment system adapted for implementation in enterprises. The system is based on a sequential approach covering all stages of energy consumption management, from goal setting to operational control. Its key features include: integration of real-time data collection (on equipment, energy resources, technological parameters, and financial indicators); application of multifactor analysis to assess the current state of the technical base; the development of dynamic models for forecasting trends, scenario modeling, and risk management; and a scientifically based methodology for selecting and ranking internal projects based on clear criteria. The system aims to identify both the advantages and disadvantages of the enterprise's energy system. The value of the work lies in the formation of unified internal reporting standards for management and stakeholders, the development of a regulatory framework for implementation and operation, and the creation of methodological recommendations for making informed management decisions in the field of energy efficiency. Empirical results confirm the system's ability to improve energy efficiency and reduce production costs by optimizing resource use and operating modes.

Keywords: energy management, energy consumption, energy infrastructure, innovation, energy equipment, energy efficiency.

Дата поступления статьи в редакцию: 30.10.2025

Дата принятия статьи в печать: 22.12.2025

Введение

В условиях значительного прогресса в промышленности и роста затрат на энергию одной из ключевых задач становится разработка технологий и инновационных решений, направленных на повышение эффективности использования энергетических ресурсов. Энергетическая система каждого предприятия играет важную роль в технологическом процессе, обеспечивая надежность и стабильность работы.

Энергетическая инфраструктура российских предприятий требует постоянной модернизации и совершенствования с использованием инновационных технологий. Развитие системы энергетического менеджмента позволяет компаниям снижать потребление электрической и тепловой энергии, уменьшать операционные расходы, а также повышать безопасность и надежность поставок энергетических ресурсов.

Актуальность изучения процессов разработки и внедрения инновационных решений возрастает на фоне увеличения требований к экономической и энергетической устойчивости предприятий. Высокие энергетические затраты непосредственно влияют на себестоимость продукции и конкурентоспособность компаний на внутреннем рынке. Внедрение современных технологий и высоких технологий в электроэнергетическом секторе российских предприятий обуславливается исчерпанием традиционных источников энергии и требованиями по минимизации экологического воздействия.

Таким образом, оптимизация энергетического менеджмента в российских предприятиях является важной задачей для достижения стабильного экономического результата. Инновационные решения, реализуемые на предприятиях, должны соответствовать современным стандартам и требованиям рынка.

Цель исследования

Исследование направлено на создание практической системы оценки эффективности энергетического менеджмента для отечественных предприятий, опираясь на теоретический анализ управления энергетическими системами.

Материал и методы исследования

Методологической основой данного исследования стал набор научных подходов, ориентированных на всесторонний анализ проблемы. В частности, были использованы методы системного анализа и синтеза для определения взаимозависимостей, статистические методы для обработки собранных данных, аналитические и сравнительно-правовые подходы для изучения законодательства, многоуровневая оценка для целостного анализа, а также моделирование и проектирование для разработки рекомендуемых решений и выбор оптимальных и альтернативных вариантов.

Информационной основой исследования послужили нормативные акты Российской Федерации, среди которых федеральные законы, президентские указы, постановления правительства, а также стратегические документы, касающиеся развития энергетического сектора в стране.

В процессе работы была установлена система критериев для отбора законодательных актов и материалов, обеспечены их правовая и временная привязка, а также проведена проверка источников на предмет их актуальности и законности. Особое внимание в рамках исследования уделялось учету международного правового контекста, а также влиянию международных соглашений и стандартов на развитие управления в энергетической отрасли.

Результаты исследования

Оценка эффективности управления электроэнергией на российских предприятиях представляет собой комплексный, систематически организованный и многоуровневый подход к анализу производственных процессов и ключевых стратегий управления энергетическими ресурсами. Приоритетные цели данного анализа включают в себя следующие аспекты:

- увеличение энергетической эффективности компании;
- обеспечение высокого уровня надежности и устойчивости энергетических систем;
- обоснование инвестиций в практической плоскости;
- разработка мероприятий в рамках стратегического планирования;
- оптимизация расходования энергетических ресурсов.

С учетом поставленных целей, основные задачи анализа эффективности управления электроэнергией, который можно проводить на предприятиях энергетического сектора, заключаются в следующем:

- оценка текущего уровня энергетического потребления;
- анализ расходов на электричество и изучение их изменения с течением времени;
- выявление неэффективных участков;
- анализ качества электроэнергии, поступающей в компанию;
- исследование аспектов стратегического планирования в энергетическом менеджменте;
- оценка основных проблем энергетических систем предприятия;
- разработка мероприятий по улучшению и оптимизации действующих энергетических систем [2].

В соответствии с поставленными задачами, анализ эффективности управления электроэнергией включает семь этапов, которые отражают текущее состояние энергетической системы и предложения по устранению её недостатков.

Для определения текущего состояния энергетического оборудования на предприятиях необходимо провести всесторонний анализ. В рамках этого анализа предлагается использовать разработанную нами модель многоуровневой экспресс-оценки.

Эта модель представляет собой специализированный инструмент, позволяющий быстро и эффективно оценить техническое состояние энергетических систем на разных уровнях сложности. Она включает в себя различные способы сбора и анализа технических данных, что помогает выявить проблемные зоны, определить приоритеты развития и сформировать рекомендации по обслуживанию и модернизации энергетического оборудования.

Основная задача использования этой модели – обеспечить оперативное и обоснованное принятие решений для поддержания надежности, безопасности и эффективности энергетической системы, а также снизить риски, связанные с неисправностями оборудования.

Оценка проводится квалифицированными специалистами, обладающими опытом в области энергетики. В процессе оценки участвуют технические аналитики, инженеры предприятия и представители службы технического надзора.

Оценка осуществляется в рамках рейтинговой системы с баллами от 1 до 5, при этом рассматриваются десять основных критериев, включая:

- полноту и качество выполненного анализа;
- надежность используемых данных;
- выявление уязвимостей и слабых мест;
- степень автоматизации процессов;
- наличие системы контроля и обработки эксплуатационных данных;
- обновленность оборудования;
- наличие плана модернизации;
- соответствие нормам и стандартам;
- устойчивость к сбоям;
- уровень безопасности.

Итоговая оценка состояния энергетической системы формируется на основе суммы баллов по всем критериям. Система начисления баллов в рамках экспресс-оценки представлена в таблице 1.

В таблице 2 отражена система рейтинга для оценки состояния энергетических систем.

Таблица 1

Ключевые аспекты многоуровневой экспресс-оценки

Критерий	5 баллов	4 балла	3 балла	2 балла	1 балл
Полнота и охват анализа	Анализ охватывает все ключевые компоненты системы	Охвачены важные аспекты, мелкие аспекты упущены	Некоторые важные элементы упущены	Ограниченная область анализа, покрывающая часть системы	Неполный анализ, охватывает минимум аспектов
Точность данных	Все данные актуальны и подтверждены	Имеются устаревшие сведения	Явные неточности	Значительная часть данных устарела	Данные полностью устарели
Слабые места и степень уязвимости	Минимальное количество	Выявлено несколько форм уязвимости	Многие слабые места	Высокий риск уязвимости	Система полностью уязвима
Степень автоматизации	Тотальная автоматизация	Большая часть систем автоматизирована	Управление системами вручную	Минимальная автоматизация	Полное отсутствие
Уровень отслеживания и анализа данных	Сбор и анализ данных автоматизирован	Данные собраны автоматически, но нужны доработки	В основном ручные механизмы сбора	Ограниченные данные, отсутствует автоматизация	Нет систем сбора и анализа данных
Инновационность и современность оборудования	Современные системы и компоненты	Современное оборудование, с устаревшими элементами	Большая часть требует замены	Большая часть систем полностью устарела	Вся система устарела

продолжение табл. 1

окончание табл. 1

Наличие плана мероприятий по модернизации	Четкий план с графиками и расчетами	Реалистичный план с неточностями	Есть шаги, но без сроков	Есть идея, но нет планов и ресурсов	Нет плана
Соответствие нормативам и стандартам	Полное соответствие ГОСТ и СП	Мелкие несоответствия	Есть нарушения, недостатки	Значительные расхождения	Грубые нарушения
Уровень устойчивости	Высокий уровень	Средний уровень	Базовый уровень	Низкий уровень	Крайне низкий уровень
Уровень безопасности	Высокий уровень	Средний уровень	Базовый уровень	Низкий уровень	Крайне низкий уровень

Таблица 2

Градации полученного результата в рамках модели многоуровневой экспресс-оценки технического состояния энергосистем

Сумма баллов	Оценка энергосистемы
45-50	Отличное состояние энергосистемы
40-44	Очень хорошее состояние энергосистемы
35-39	Хорошее состояние энергосистемы
30-34	Удовлетворительное состояние энергосистемы
25-29	Приемлемое состояние энергосистемы
20-24	Недостаточное состояние энергосистемы
15-19	Критическое состояние энергосистемы
10-14	Крайне опасное состояние энергосистемы

Оценка энергетической системы российских предприятий, основанная на сумме баллов, определяет стратегию повышения энергоэффективности. Эта стратегия включает в себя приоритеты планирования, распределение ресурсов (финансовых и технических) и сроки реализации проектов.

2. Комплексная оценка энергопотребления позволяет предприятию добиться значительных преимуществ. Во-первых, она обеспечивает соответствие законодательным нормам и открывает доступ к льготам и финансированию для проектов по энергосбережению.

Во-вторых, точный анализ помогает сосредоточить ресурсы на наиболее эффективных решениях, избегая нереалистичных проектов. В-третьих, оценка снижает риски, связанные с колебаниями цен на энергоресурсы и возможными перебоями в поставках, а также повышает общую надежность работы предприятия [7].

Наконец, оценка энергопотребления способствует формированию культуры энергосбережения и является основой для эффективного управления ресурсами, снижения затрат, повышения устойчивости и соответствия требованиям устойчивого развития.

3. Анализ затрат на электрическую энергию и изучение динамики их изменения. Анализ энергозатрат является ключевым инструментом для определения энергетических издержек предприятия. Изучение динамики расходов на электроэнергию позволяет оценить эффективность энергопотребляющих процессов. По итогам анализа выявляются возможности для оптимизации затрат на электроэнергию.

4. Анализ распределения потребления энергии по различным категориям оборудования имеет большое значение, так как он помогает превратить общее количество потребляемой энергии в конкретные факторы, на которые можно непосредственно воздействовать. Такой подход позволяет определить, какие группы оборудования тратят больше всего энергии и в каких местах происходят потери, что дает возможность целенаправленно предпринимать меры.

Подобный анализ предоставляет четкое представление о зонах с низкой эффективностью, позволяет проводить сравнения между похожими устройствами в различные смены и на разных участках, а также отслеживать последствия изменений после модернизации или настройки режимов. Использование представленного подхода помогает лучше понять, какие инвестиции принесут наибольшую экономию, а также каким образом перераспределение нагрузки или корректировка режимов работы повлияют на расход энергии.

Систематический подход к анализу потребления энергии также способствует выявлению потенциальных областей для улучшения. Например, можно использовать данные для оптимизации графиков

работы оборудования, чтобы минимизировать пиковые нагрузки и снизить затраты на электроэнергию в периоды максимального потребления. Анализ эффективности позволяет не только выявлять слабые места, но и определять лучшие практики, которые могут быть применены для повышения общей энергетической эффективности [5].

На рисунке 1 представлены данные о среднем значении энергетического потребления по отдельным группам оборудования на российских предприятиях в сфере услуг в 2024 году.



Рис. 1. Распределение электроэнергии по элементам энергопотребления на российских предприятиях в 2024 году

Анализ потребления электроэнергии в российских организациях сферы услуг показывает, что значительная часть энергии расходуется на освещение и работу торгового оборудования. Данный факт указывает на большой потенциал для повышения энергоэффективности. Внедрение автоматизированных систем и энергосберегающих технологий может существенно снизить энергопотребление. Главная цель таких мер – оптимизировать использование электроэнергии, уменьшить энергоёмкость и, как следствие, сократить расходы на электроснабжение [4].

5. Исследование параметров электроэнергии, потребляемой предприятием. Постоянный мониторинг качества электроснабжения является критически важным для обнаружения проблем в сети и предотвращения аварийного выхода из строя электрического оборудования. Низкое качество поставляемой электроэнергии может привести к снижению производительности и преждевременному износу промышленного оборудования. Анализ характеристик электроэнергии позволяет идентифицировать уязвимые участки электрической сети, способные нарушить нормальное функционирование предприятия.

В соответствии с ГОСТ 33073-2014 «Электрическая энергия. Контроль и мониторинг качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», главными показателями качества электроэнергии считаются отклонения напряжения и частоты, а также коэффициент неравномерности фазных напряжений. Нормативы устанавливают предельное отклонение напряжения в 5% от номинального значения, но допускают временные колебания до 10%. Диапазон допустимых отклонений частоты сетевого напряжения составляет 0,2-0,4 Гц.

6. Оценка энергетической системы предприятия позволяет выявить ее сильные и слабые стороны. Понимание, какие элементы работают оптимально, а какие нуждаются в улучшении, служит основой для расстановки приоритетов в проектах модернизации, инвестициях и оптимизации работы. Это, в свою очередь, ведет к снижению энергозатрат и себестоимости продукции, а также к уменьшению уязвимости перед скачками цен на энергоносители и перебоями в поставках, благодаря более эффективному резервированию и управлению пиковыми нагрузками.

Анализ проблемных зон помогает обнаружить области с наибольшим потенциалом экономии, неэффективное распределение энергии, ненадежную инфраструктуру и недостатки в учете потребления, которые препятствуют принятию обоснованных решений. В то же время, выявление сильных сторон позволяет использовать их как основу для распространения передовых практик, внедрения автоматизации, улучшения мониторинга и оперативного управления энергией [3].

Данный подход способствует формированию культуры энергосбережения внутри компании, упрощает разработку долгосрочной стратегии модернизации, помогает установить ключевые показатели эффективности (KPI) и более точно оценивать рентабельность инвестиционных проектов.

Среди основных преимуществ энергетических систем предприятий в России в современном контексте можно выделить следующее:

- повышение энергоэффективности и снижение затрат;
- надёжность в обеспечении энергией и наличие резервов;

- внедрение цифровых технологий;
- развитие поддерживающих программ, включая льготы, гранты и субсидии;
- гибкость в реагировании на рынок и перераспределение нагрузки;
- уменьшение выбросов загрязняющих веществ;
- активное участие сотрудников и формирование культуры энергосбережения;
- интеграция возобновляемых источников энергии;
- увеличение конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности.

С другой стороны, среди общих проблем энергетических систем российских предприятий можно отметить:

- высокие капитальные затраты и длительные сроки возврата инвестиций на модернизацию оборудования;
- отсутствие полного контроля за потреблением энергии;
- медленная реакция на изменения тарифов и рынка;
- устаревшая инфраструктура;
- недостаточная степень автоматизации;
- неэффективное управление пиковыми нагрузками;
- потери энергии в распределительных сетях [1].

7. Создание мероприятий по улучшению системы управления энергетическими ресурсами. Повышение эффективности системы управления энергией напрямую связано с оптимизацией работы энергетических систем компаний, которые можно условно разделить на три категории:

а) мероприятия с низкими затратами. Эти инициативы позволяют предприятию достичь определенных результатов без значительных финансовых вложений. Реализация мероприятий с низкими затратами является первым шагом в многоуровневом процессе повышения энергетической эффективности компании. В современных условиях такие решения могут заложить основу для будущих стратегических направлений развития и выполнения более масштабных проектов. К числу таких мероприятий относятся:

- документальное подтверждение эффективной энергетической политики компании;
- установление ключевых показателей энергоэффективности для различных категорий используемого электрического оборудования;
- назначение менеджера по мониторингу состояния энергетической системы на предприятии;
- разработка и внедрение режима рационального использования технологического оборудования;
- составление и реализация планов по мониторингу состояния эксплуатационных энергетических систем;
- регулярный контроль и анализ энергетических показателей деятельности компании;
- внедрение внутренних и внешних программ повышения квалификации сотрудников в области энергоэффективности.

В итоге, реализация мероприятий с низкими затратами может способствовать формированию у сотрудников понимания значимости управления электроэнергией. Внедрение таких решений поможет стандартизировать работу персонала, одновременно повышая энергоэффективность и снижая потребление энергии с минимальным финансовым воздействием;

б) мероприятия с умеренными затратами. Группа мероприятий по повышению энергетической эффективности с умеренными затратами включает в себя значительные, но оправданные инвестиции. Решения из этой категории балансируют между финансовыми вложениями и ожидаемыми показателями повышения энергоэффективности. Эти мероприятия требуют более сложных и трудоемких решений по сравнению с низкозатратными, но не ведут к высоким расходам на модернизацию.

В рамках мероприятий с умеренными затратами для повышения энергетической эффективности в российских предприятиях можно рассмотреть следующие направления:

- замена традиционных типов освещения на более экономичные (например, переход с галогенных, люминесцентных и ламп накаливания на светодиоды);
- установка датчиков движения в помещениях (автоматическое включение и выключение света в зависимости от наличия или отсутствия движения позволяет сократить расходы на электричество в неиспользуемых зонах);
- установка высокоточных счетчиков электроэнергии для различных групп оборудования (это позволяет точно контролировать потребление электроэнергии и реагировать на потери и перерасходы);
- внедрение современных систем кондиционирования и вентиляции (системы обогрева и охлаждения с регулировкой и рекуперацией тепла);
- установка тепловых завес (устройства, которые предотвращают попадание наружного воздуха в помещение).

Мероприятия с умеренными затратами характеризуются коротким сроком окупаемости (до двух лет), что делает их наиболее популярными среди отечественных предприятий. Потенциал экономии энергии с использованием подобных решений весьма значителен, особенно в области модернизации освещения;

в) мероприятия, требующие значительных финансовых вложений. В категорию мероприятий с высокими затратами на повышение энергоэффективности предприятия входят специализированные технические решения, которые требуют тщательной оценки и долгосрочного планирования в сфере электроэнергетического менеджмента. Инвестирование в такие технологии может привести к значительному снижению расходов на энергетическое обеспечение. Основные мероприятия, которые нуждаются в крупных инвестициях, включают в себя:

- полную замену вентиляционных и отопительных систем с применением новаторских решений;
- глубокую и комплексную модернизацию электрической инфраструктуры (установка новых электрических проводов, замена трансформаторных установок, внедрение современных распределительных щитов);
- капитальный ремонт помещений с учетом повышенных стандартов теплоизоляции (замена окон и дверей, утепление стен с использованием теплоизоляционных материалов);
- установку альтернативных источников энергии (например, ветряных турбин и солнечных панелей);
- внедрение интеллектуальных систем управления потреблением энергии [6].

Каждая из вышеперечисленных групп мероприятий является критически важной при реализации стратегий по улучшению, так как они могут существенно повысить эффективность работы энергетических систем. Комплексный подход к усовершенствованию энергоэффективного менеджмента, охватывающий все эти аспекты, способствует значительному повышению устойчивости, надежности и безопасности современных энергетических систем.

Выводы

Акцент на управлении энергетическими ресурсами становится важным аспектом стратегического развития российских компаний. В условиях, когда затраты на энергоресурсы растут, а традиционные источники их почти исчерпаны, эффективное управление энергопотреблением переходит от отдельного хозяйственного метода к целостной методологии, охватывающей планирование, учет и оперативное управление ресурсами. Эти процессы не только способствуют снижению затрат на производство, но и увеличивают устойчивость производственных процессов, надежность поставок и конкурентоспособность на рынке.

Современные цифровые технологии и инновационные подходы в области энергетического менеджмента позволяют внедрять точный мониторинг энергопотребления, прогнозирование спроса и автоматизированные режимы управления энергоресурсами. В результате компании могут быстро реагировать на изменения цен, операционные риски и требования экологической устойчивости, что, в конечном итоге, приводит к стабильному экономическому эффекту и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду.

Литература

1. Аннаев И., Халбаева Д., Уссаева А. Умные сети и системы управления энергией: будущее энергетики // Символ науки: международный научный журнал. 2024. № 9. С. 25-26.
2. Бирюлин В.И., Ларин О.М., Хорошилов Н.В. Особенности и методологические принципы разработки человеко-машинных систем энергетического менеджмента на промышленных предприятиях // Электрика. 2023. № 3. С. 45-48.
3. Локтионов В.И. Методологическое обоснование разработки системы мероприятий, направленных на повышение адаптивности национальной энергетической системы // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2022. Т. 15. № 7(376). С. 1305-1323.
4. Муругов И.К. Внедрение и развитие системы энергетического менеджмента в целях повышения энергетической эффективности компаний // Экономика и управление: проблемы, решения. 2022. Т. 2. № 11 (131). С. 68-73.
5. Фаворский О.Н., Батенин В.М., Филиппов С.П. Развитие энергетики: выбор стратегических решений и их реализация // Вестник Российской академии наук. 2020. № 5. С. 415-424. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2022.11.02.010 EDN: HHONES.
6. Чудаев А.В. Энергетика, как триггер для повышения темпов благосостояния общества и государства // Экономика строительства. 2023. № 9. С. 72-75.
7. Штиль А.И. К вопросу об эффективности внедрения системы энергетического менеджмента на сетевом предприятии // Студенческий форум. 2021. № 14-1(150). С. 76-78.