

УДК 338.28:620.9

DOI: 10.28995/2782-2222-2022-1-87-111

Инновационно-инвестиционная модель управления энергосберегающими технологиями ТЭЦ

Лариса В. Наркевич

*Белорусско-российский университет, Могилев, Республика Беларусь
narkevich.larisa@yandex.ru, ORCID ID 0000-0001-9432-8119*

Андрей В. Казанский

*Белорусско-российский университет, Могилев, Республика Беларусь
kab@bru.by, ORCID ID 0000-0002-9984-2923*

Аннотация. В современных условиях позиционирование процессов энергосбережения и энергоэффективности является одной из приоритетных задач Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь.

В статье построена инновационно-инвестиционная модель управления энергосберегающими технологиями энергопредприятия по результатам аналитического исследования, обоснованных параметров и критериев, что позволяет создать каркас Индустрии 4.0 и базис отраслевой научно-технологической интеграции в рамках ЕАЭС. Объектом исследования рассмотрено управление энергосберегающими технологиями Филиала «Могилевская ТЭЦ-2» РУП «Могилевэнерго» в системе инновационного развития. Приведены организационно-экономические основы исследования инновационного подхода к управлению энергосберегающими технологиями энергопредприятия и концептуальные подходы к построению инновационно-инвестиционной модели в данном блоке управления. В сжатом виде приведены результаты ретроспективного и перспективного анализа энергоэффективности в формате использования основных средств филиала, по результатам которого выявлены потребность и объекты инновационно-инвестиционной деятельности.

К реализации рекомендованы малозатратные проекты, а также крупномасштабный проект энергосберегающих технологий на производственных площадках оборудования с высоким уровнем физического и морального износа, требующих повышения работоспособности и инновационности

реализуемых технологий выработки и гибкого отпуска энергии. В иерархии мероприятий приоритет отнесен на малозатратные технологии модернизации и реконструкции Могилевской ТЭЦ-2. Разработан инвестиционный проект внедрения малозатратных технологий модернизации Могилевской ТЭЦ-2 с высоким уровнем инновационности, обеспечивающий повышение мощности, маневренности и энергоэффективности организации. Обоснован эффект взаимного влияния энергосбережения, энергоэффективности и инновационного развития энергетического предприятия на достижение целей его устойчивого развития. Приведено развитие аналитического блока управления энергосбережением и повышением энергоэффективности в условиях инновационного развития на базе системного и комплексного подхода к взаимосвязям и взаимозависимостям между результативными и факторными показателями информационно-аналитической среды управления. Результатом практического использования инновационного подхода к управлению энергосберегающими технологиями рассмотрен инвестиционный проект, обеспечивающий эффект взаимного влияния энергосбережения, энергоэффективности и инновационного развития с целевым вектором устойчивого развития энергопредприятия.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, экономия, оборудование, технологии, инновации, инвестиции, анализ, фактор, условное топливо

Для цитирования: Наркевич Л.В., Казанский А.В. Инновационно-инвестиционная модель управления энергосберегающими технологиями ТЭЦ // Наука и искусство управления / Вестник Института экономики, управления и права Российского государственного гуманитарного университета. 2022. № 1. С. 87–111. DOI: 10.28995/2782-2222-2022-1-87-111

Innovation and investment management model energy-saving technologies of thermal power plants

Larisa V. Narkevich

*Belarusian-Russian University, Mogilev, Republic of Belarus
narkevich.larisa@yandex.ru, ORCID ID 0000-0001-9432-8119*

Andrei V. Kazanskii

*Belarusian-Russian University, Mogilev, Republic of Belarus
kab@bru.by, ORCID ID 0000-0002-9984-2923*

Abstract. In present-day conditions, the positioning of energy saving and energy efficiency processes is one of the priorities of the National Strategy for Sustainable Socio-Economic Development of the Republic of Belarus.

The article builds an innovation and investment model for managing energy-saving technologies of an energy enterprise based on the analytical research results, reasonable parameters and criteria, which makes it possible to create a framework for industry 4.0 and a basis for sectoral scientific and technological integration within the EAEU. The object of the study is the management of energy-saving technologies at the Mogilev CHP-2 Branch of RUE Mogileven-

ergo in the system of innovative development. The authors present the organizational and economic foundations for the research of an innovative approach to the management of energy-saving technologies at an energy enterprise and conceptual approaches to the construction of an innovation and investment model in the control unit. The results of a retrospective and prospective analysis of energy efficiency in the format of the use of fixed assets of the branch are summarized, which made it possible to identify the need and objects of the innovation and investment activity.

Low-cost projects are recommended for implementation, as well as a large-scale project of energy-saving technologies at production sites of equipment with a high level of physical and moral wear and tear, requiring increased efficiency and innovativeness of implemented technologies for generating the energy and providing its flexible release. In the hierarchy of measures, priority is assigned to low-cost technologies of modernization and reconstruction of Mogilev CHP-2. An investment project is developed for the introduction of low-cost technologies for the modernization of Mogilev CHP-2 with a high level of innovation, providing increased capacity, maneuverability and the energy efficiency of the organization. The effect of mutual influence of energy saving, energy efficiency and innovative development of an energy enterprise on achieving the goals of its sustainable development is substantiated.

The article treats of the development of the analytical control unit for the energy saving and efficiency improvement in the conditions of innovative development on the basis of a systematic and integrated approach to the interrelationships and interdependencies between the effective and factor indicators of the information and analytical management environment.

An investment project that provides the effect of mutual influence of energy saving, energy efficiency and innovative development with the target vector of sustainable development of the energy enterprise is considered as a result of the practical use of an innovative approach to the management of energy-saving technologies.

Keywords: energy saving, energy efficiency, economy, equipment, technology, innovation, investment, analysis, factor, conditional fuel

For citation: Narkevich, L.V. and Kazanskii, A.V. (2022), "Innovation and investment model of management of energy-saving technologies of thermal power plants", *Science and Art of Management / Bulletin of the Institute of Economics, Management and Law of the Russian State University for the Humanities*, no. 1, pp. 87-111, DOI: 10.28995/2782-2222-2022-1-87-111

Введение

Обеспечение устойчивого социально-экономического инновационного развития Республики Беларусь требует привлечения в экономику дополнительных объемов топливно-энергетических ресурсов; повышение эффективности производства и использования ТЭР позволяет уменьшить валовое потребление ТЭР при росте ва-

лового внутреннего продукта. Более трети валового потребления ТЭР используется для производства тепловой и электрической энергии в системе ГПО «Белэнерго»: актуальной становится разработка и экономическое обоснование эффекта взаимного влияния энергосбережения, энергоэффективности и инновационного развития энергопредприятия на достижение целей его устойчивого развития [Александрова, Ильясов 2017]. Инновационно-инвестиционная модель управления энергосберегающими технологиями энергопредприятий требует теоретико-методологических и практических разработок внедрения современных систем управления, модернизации производственных мощностей, вовлечения энергосберегающих технологий [Кузнецов, Ключин, Трибуналов 2016].

В исследовании поставлена цель разработать инновационно-инвестиционную модель управления энергосберегающими технологиями и экономически обосновать эффект взаимного влияния энергосбережения, энергоэффективности и инновационно-инвестиционного развития энергетического предприятия на достижение целей его устойчивого развития. Основой эффективных управленческих решений выступает информационно-аналитическая платформа, спроектированная на основе принципов системности, комплексности, целостности, объективности проводимых аналитических процедур. Процесс энергетического анализа является ключевым в системе управления энергосбережением, мониторинг основных параметров проводится регулярно. При использовании метода энергетического анализа достигается комплексный результат исследования экономических явлений и технологических процессов, основанный на использовании как финансово-экономических показателей, так и энергетических показателей [Елтышев, Хорощев 2014].

В проведенном исследовании изучен технический потенциал энергосбережения, который в расчетах определяется исходя из предположения о том, что все устаревшее и неэффективное оборудование и технологии заменяются на наиболее эффективные по статусу прогрессивных с учетом финансовых и управленческих возможностей энергопредприятия (для Могилевской ТЭЦ-2 это процедуры согласования на уровне вышестоящей организации РУП «Могилевэнерго»). Соответственно схема проведения энергетического анализа включает блок комплексного анализа основных средств и отдельных объектов их учета с позиций перспективных направлений повышения показателей энергетической эффективности на предприятии. Именно в данном блоке авторами построена информационно-аналитическая платформа управленческих решений по внедрению мероприятий энергосбережения.

В исследовании оценка потенциала энергосбережения произведена на основе системного и комплексного анализа основных средств и их взаимосвязи с параметрами энергосбережения и энергоэффективности в блоке характеристик производственного потенциала системы устойчивого развития энергопредприятия, в состав которого вошли: диагностика инновационной восприимчивости по критериям финансово-экономических параметров устойчивого развития предприятия; комплексный анализ, спроектированный на детализации и структурировании факторов использования основных средств МТЭЦ-2 по динамическим критериям технического состояния, интенсивности обновления и эффективности использования в системе управления энергосберегающими технологиями.

Управление развитием, эксплуатацией и обслуживанием основных средств энергопредприятия является сложной задачей, решить которую позволяют современные информационные системы управления основными средствами [Гафуров и др. 2015]. Улучшение использования основных средств означает ускорение их оборачиваемости, что в значительной мере способствует решению проблемы сокращения разрыва в сроках физического и морального износа оборудования, ускорения темпов обновления основных средств [Грязев и др. 2018]. Ряд ученых рассматривают технологическое обновление оборудования тепловых электростанций как фактор, сдерживающий рост цен на электроэнергию в долгосрочной перспективе [Veselov, Novikova, Khorshev 2015]. Рост эффективности использования основных средств тесно связан с повышением энергоэффективности энергопредприятия: внедрение энергосберегающих технологий с соответствующей реконструкцией, модернизацией объектов основных средств определяет целевую функцию снижения потребляемых ресурсов (экономии условного топлива) и критерий роста эффективности использования основных средств [Ерастов, Новикова 2017]. В процессе исследования изучена динамика результативных и факторных показателей, установлена взаимосвязь между ними с привязкой к мероприятиям по энергосбережению, выделением центров энергетического учета.

При проведении энергетического анализа придерживались методологии системного анализа, для получения наиболее полного представления об уровне качественного состояния основных средств по параметрам их обновления и эффективности использования и оценки эффективности расходования топливно-энергетических ресурсов по объектам основных средств с последующими рекомендациями по направлениям энергосбережения [Глухов, Сергеев 2008]. В исследовании выделены высокозатратные и малозатратные технологии энергосбережения. Высокозатратные, высо-

коэффициентные меры способствуют устранению основных причин низкой энергоэффективности, в большинстве случаев гарантируют более существенную экономию энергоресурсов, но требуют более высоких начальных затрат [Фатхутдинов и др. 2017]. К ним можно отнести масштабные организационные мероприятия (строительство, реконструкция энергопредприятия).

В проектном блоке построен инновационно-инвестиционный проект внедрения малозатратных энергосберегающих технологий, направленный на достижение наибольшей результативности энергосберегающей деятельности в условиях имеющихся финансовых и управленческих ограничений энергопредприятия. Рассмотрена возможность использования различных схем внешнего финансирования инвестиционного проекта внедрения энергосберегающих технологий, в частности инвестиционные затраты определены стоимостью оборудования в схеме финансового лизинга. Перспективный анализ построен на сравнении энергоэкономических показателей инновационно-инвестиционных проектов с выходом на параметры и критерии роста эффективности использования основных средств [Мельник, Ермолаев 2019]. Произведен сравнительный анализ по мероприятиям энергосбережения по критерию экономии условного топлива в соответствии с отраслевой методикой расчета. В оценке экономической эффективности мероприятий по энергосбережению исходили из комплекса показателей и критериев динамического метода оценки инвестиций [Глухов, Сергеев 2008].

При расчете эффективности инвестиционного проекта с учетом дисконтирования срок окупаемости определен в соответствии со сроками погашения лизинга.

Таким образом, инновационно-инвестиционная модель управления энергосбережением и повышением энергоэффективности энергопредприятия в условиях его инновационного развития предусматривает дифференцированные подходы к решению задач управления для различных вариантов энергосбережения в системе управленческих приоритетов предприятия с позиции реализации задач устойчивого развития системы.

Основная часть

Концепция управления энергосберегающими технологиями в исследовании построена на основе системного и комплексного изучения процедур энергосбережения энергетического предприятия с целевым вектором роста энергоэффективности в условиях инновационного развития. Объектом исследования выбран Филиал

«Могилевская ТЭЦ-2» РУП «Могилевэнерго», являющийся крупнейшим энергоисточником Могилевской энергосистемы, звеном производственно-хозяйственного комплекса по производству, передаче, распределению и реализации электрической и тепловой энергии. Эргоэффективность данного предприятия несет функции социально-экономической безопасности Могилевского региона. Произведенная оценка уровня устойчивого развития и инновационной восприимчивости позволила отнести Могилевскую ТЭЦ-2 к статусу финансово-устойчивого предприятия с собственными источниками финансирования инновационно-инвестиционных проектов.

Инновационно-инвестиционная модель управления энергосберегающими технологиями построена на основе эффективного использования факторов производства и выступает связующим звеном между позиционированием энергосбережения и реализацией инвестиционных проектов с целевым ориентиром экономии условного топлива, повышения мощности, маневренности и энергоэффективности МТЭЦ-2. Информационно-аналитический блок исследования показал старение оборудования Могилевской ТЭЦ-2, также и тепловых сетей: значения ниже пороговых параметров обновления, выбытия, ликвидации, прироста активной части основных средств и их отрицательная динамика по критериям износа и годности. Техническое состояние активной части средств (в значительной мере представленной силовыми машинами и оборудованием) ухудшилось, что обосновывается замедлением интенсивности обновления активной части основных средств (базисный индекс снижения коэффициента обновления составил 0,502; 0,407 пунктов при соответствующем росте коэффициента выбытия по ликвидированным объектам основных средств (0,571; 5,836 пунктов)). Потенциал роста в данном случае представлен: снижением потерь энергоресурсов; сокращением разрыва между фактическим потреблением энергоресурсов и прогрессивными нормами их потребления. В связи с этим одним из актуальных направлений управления энергосберегающими технологиями рассмотрена комплексная модель реконструкции и модернизации Могилевской ТЭЦ-2, обеспечивающая повышение мощности, маневренности и экономичности объекта и, соответственно, повышение эффективности использования производственного потенциала в целом. В соответствии с информационно-аналитическим обеспечением процедур управления энергосбережением рекомендованы инновационные технологии производства и реализации энергии на базе реконструкции и модернизации Могилевской ТЭЦ-2:

- 1) совершенствование тепловых схем и конструкций большой мощности: реконструкция турбины Т-50-130 ст. № 3 Могилевской

ТЭЦ-2 в результате ее замены на новую приключенную противоаварийную турбину типа «ТР»;

2) внедрение малозатратных технологий модернизации и реконструкции МТЭЦ-2:

- замена трансформатора ТДНГУ-63000/110 на силовой трансформатор ТДН-80000/110 – У1;
- дооснащение оборудования МТЭЦ-2 двумя промышленными тепловыми аккумуляторами марки «Heatleader MB215 10000», позволяющего разрешить проблему выравнивания энергетической нагрузки ТЭЦ в течение суток;
- установка программно-технического комплекса регистратора аварийных ситуаций котлоагрегата БКЗ-210-140 ст. № 5 в здании главного корпуса по проспекту Шмидта, 106/20 в г. Могилеве;
- установка ЧРЭП (частотно-регулируемого электропривода) на насос ЧОВ (частично обессоленной воды) ст. № 3 химического цеха МТЭЦ-2.

Приведенный комплекс мероприятий ориентирован на повышение электрической мощности, маневренности ТЭЦ с дополнительной выработкой электроэнергии и теплоты, а также разгрузкой оборудования станции в ночные часы, в результате – на повышение энергоэффективности производства, эффективности использования основных средств. В исследовании произведен расчет экономии энергоресурсов в соответствии с действующими отраслевыми рекомендациями по предложенным направлениям модернизации оборудования МТЭЦ-2.

Расчет экономического эффекта от мероприятия по реконструкции турбины Т-50-130 ст. № 3 Могилевской ТЭЦ-2

Турбина Т-50/60-130 ст. № 3 введена в эксплуатацию в августе 1971 г.; наработка турбины на 01.05.2020 составила 257 418 часов, что требует ее замены или продления ресурса работоспособности турбины (решением экспертно-технической комиссии РУП «Могилевэнерго», утвержденным 13.08.2016 ГПО «Белэнерго», суммарная наработка турбины ст. № 3 продлена до 260 000 часов). Рекомендована реконструкция турбины Т-50-130 ст. № 3 в результате ее замены на турбину «мятого» пара типа ТР-18/24-2,1/0,25. Турбина ТР приведенного класса – одноцилиндровая, противоаварийная, активного типа с полным подводом пара. Проточная часть турбины состоит из 8 ступеней давления. Конструкция турбины

предусматривает два нерегулируемых отбора пара на подогреватели низкого давления. Ротор турбины – цельнокованный, жесткий с 8 дисками, с центральным каналом, диски имеют пароразгрузочные отверстия. Парораспределение турбины – дроссельное: дроссельные клапаны парораспределения размещены в двух клапанных коробках, расположенных по обе стороны нижней части корпуса турбины. Роторы турбины и генератора соединяются жесткой муфтой и опираются на четыре подшипника. Управление турбиной осуществляется с помощью микропроцессорной электрогидравлической системы автоматического регулирования. Реконструкция турбины Т-50-130 в приключенную турбину с ее заменой позволит обеспечить: дозагрузку производственных отборов ($P_p = 2,1$ МПа) установленных турбин с целью повышения экономичности их работы и максимального использования установленной мощности П-отборов; снизить установленную мощность станции (с 347 МВт до 315 МВт) и увеличить степень использования ее установленной мощности; повысить маневренность работы станции (минимум на 17 МВт). Результаты технико-экономических расчетов по критериям годовой экономии замены турбины Т-50-130 ст. № 3 на турбину «мятого» пара типа ТР-18/24-2,1/0,25 внесены в табл. 1.

Таблица 1

Экономический эффект по проекту замены турбины

Параметр	Базовый вариант	После замены
Выработка электроэнергии, млн кВт·ч	581,250	568,05
Отпуск электроэнергии, млн кВт·ч	497,094	489,644
Удельный расход условного топлива на отпуск электроэнергии, т.у.т./кВт·ч	204,7	195,2
Экономия топлива по отношению к базовому варианту, тыс. т.у.т.	–	9,0
Стоимость топлива, руб./т.у.т.	294,2429	
Годовая экономия затрат на топливо, тыс. руб.	–	2 648,186
Примечание: за базовый вариант принят 2021 г. после установки электрокотлов		

Годовая экономия топлива составит 9 тыс. т.у.т., что соответствует экономическому эффекту в размере 2 648,186 тыс. руб. Стоимость оборудования определена в рамках бюджетирования реконструкции в соответствии с общей сметной стоимостью строительства в размере 24 359,746 тыс. руб.

Расчет экономического эффекта от мероприятия
по замене трансформатора ТС-2
Могилевской ТЭЦ-2

С учетом физического и морального износа трансформаторов в филиале рекомендована замена трансформаторов, которая позволит избежать выхода из строя действующего оборудования, создания аварийных ситуаций, снизить нерациональный расход электроэнергии. Произведен расчет экономического эффекта замены старого трансформатора ТДНГУ-63000/110 на силовой трансформатор ТДН-80000/110 – У1 Могилевской ТЭЦ-2. Экономический эффект определен по следующему регламенту: расчет снижения потерь электроэнергии холостого хода при замене трансформатора ТДНГУ-63000/110 на силовой трансформатор ТДН-80000/110 У1; расчет экономии условного топлива за месяц по исходным данным июля 2021 г. в натуральном и стоимостном выражении. По данным табл. 2 установлена текущая экономия условного топлива за месяц в размере 5,8 тыс. руб., что в пересчете на год составляет при заданных условиях 75,61 тыс. руб.

Таблица 2

Экономический эффект проекта замены трансформатора ТС-2

Показатель	Экономический эффект
Снижение потерь электроэнергии холостого хода при замене трансформатора ТДНГУ-63000/110 на силовой трансформатор ТДН-80000/110 У1 за месяц, кВт·ч	50921,18
Экономия условного топлива за месяц, т.у.т.	16
Экономия условного топлива в стоимостном выражении за месяц, тыс. руб.	5,8
Годовой эффект, тыс. руб.	75,61

Стоимость трансформатора ТДН-80000/110 – У1 (поставщик: Howden Turbo GmbH, Германия) – 256 374 тыс. руб.

Расчет экономического эффекта от мероприятия по дооснащению оборудования Могилевской ТЭЦ-2 двумя промышленными тепловыми аккумуляторами марки «Heatleader MB215 10000»

Применение тепловых аккумуляторов позволит разрешить проблему выравнивания энергетической нагрузки МТЭЦ-2. Предлагаемый способ регулирования мощности в сравнении с традиционными имеет определенные преимущества и энергосберегающий эффект. Инновационность проекта внедрения тепловых аккумуляторов определяет совершенствование технологических процессов распределения электрической и тепловых нагрузок в течение суток, что позволяет оптимизировать график нагрузки оборудования ТЭЦ. Цикл работы тепловых аккумуляторов марки «Heatleader MB215 10000» – непрерывный; объемом по 10 т каждый; период зарядки тепловых аккумуляторов – ночной (характеризуется наименьшей стоимостью электроэнергии; избыточным количеством между производством тепла и его потреблением). Энергоэффективность внедрения тепловых аккумуляторов марки «Heatleader MB215 10000» (2 аккумулятора) на технологическом участке выравнивания нагрузки МТЭЦ-2 включает: снижение энергоемкости за счет хранения в ночное время избыточного количества энергии между производством тепла и его потреблением, отпуском в дневное время по соответствующим тарифам; трудоемкости. В расчетах исходили из технических характеристик аккумулятора: нагрев за 409 минут при дельте 70°С. Уровень экономии затрат в результате модернизации технологического процесса выравнивания энергонагрузки ТЭЦ установлен в размере 68,21 тыс. руб. (табл. 3).

Таблица 3

Экономический эффект проекта внедрения тепловых аккумуляторов

Показатель	Экономический эффект
Снижение потерь электроэнергии за месяц, кВт·ч	45409,05
Экономия условного топлива за месяц, т.у.т.	14,35
Экономия условного топлива в стоимостном выражении за месяц, тыс. руб.	5,23
Годовой эффект, тыс. руб.	68,21

Стоимость установки двух промышленных тепловых аккумуляторов марки «Heatleader MB215 10000» на Могилевской ТЭЦ-2 с учетом подготовительных, монтажных работ в рамках разрабатываемого комплексного проекта составляет 41 882,4 руб. (поставщик: ARIONEX LT UAB, Литва).

Расчет экономического эффекта от установки
программно-технического комплекса регистратора
аварийных ситуаций котлоагрегата БКЗ-210-140 ст. № 5
в здании главного корпуса по проспекту Шмидта, 106/20 в г. Могилеве

В условиях цифровизации производственного процесса МТЭЦ-2 актуальным направлением рассмотрена установка АСУ технологического процесса (ТП) котлоагрегата БКЗ-210-140 ст. № 5. Энергоэффективность внедрения оценивается по следующим направлениям: обеспечение возможности оперативного и достоверного выявления источников аварийных ситуаций, причин их появления и развития, обеспечение возможности объективной оценки эффективности использования котлоагрегата БКЗ-210-140 ст. № 5 и действий персонала, эксплуатирующего котлоагрегат в аварийных ситуациях для последующего анализа и принятия оперативных решений по ликвидации аварийных ситуаций, разработки корректирующих и предупреждающих действий, направленных на повышение надежности и безопасности работы котла. Системы автоматического регулирования, защит и блокировок котлоагрегата БКЗ-210-140 ст. № 5 выполняются на базе современных программируемых логических контроллеров. Существующий ПТК котлоагрегата № 5 на базе контроллера Omron серии CS доукомплектовывается необходимыми модулями для реализации следующих задач и функций: автоматическое регулирование; сбор и первичная обработка входной информации; контроль состояния связи с датчиками; контроль достоверизации входных сигналов системы; контроль работы системы электропитания (отказа одного из источников питания, сигнализация перехода питания на резервный канал и т. д.). Дополнительно устанавливается шкаф технологических защит и блокировок на базе промышленного контроллера Omron серии CS с дублированием ЦПУ, резервированием блока питания и сетевого модуля.

Реализация автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) котлоагрегата БКЗ-210-140 ст. № 5 позволит снизить коэффициент избытка воздуха в режиме сечения на котле, что в свою очередь обеспечит снижение температуры уходящих газов. Основными целями модернизации существующей системы автоматического регулирования, защит и блокировок котлоагрегата БКЗ-210-140 ст. № 5 являются: автоматизация процесса управления котлоагрегатом в различных режимах работы; обеспечение оптимального протекания технологического процесса; повышение надежности работы технологического оборудования; повышение уровня безопасности работы оборудова-

ния и обслуживающего персонала; уменьшение риска ошибочных действий персонала; улучшение условий труда эксплуатационного персонала; информационное обеспечение производственно-технической деятельности эксплуатационного персонала; снижение уровня эксплуатационных затрат; реализация основных информационных, управляющих и вспомогательных функций.

Экономический эффект от реализации АСУ ТП котлоагрегата БКЗ-210-140 ст. № 5 в 2021 г. определен в натуральном и стоимостном выражении и представлен в табл. 4. Стоимость автоматизированной системы управления технологическими процессами котлоагрегата БКЗ-210-140 ст. № 5 составляет 8973 руб. (поставщик АО «Завод энергозащитных устройств», Санкт-Петербург, Россия).

Таблица 4

Экономический эффект проекта установки программно-технического комплекса регистратора аварийных ситуаций котлоагрегата

Показатель	Экономический эффект
Экономия условного топлива за месяц, т.ут.	10
Экономия условного топлива в стоимостном выражении, тыс. руб.	3,6
Годовой эффект, тыс. руб.	46,93

Прирост КПД котлоагрегата в результате снижения коэффициента избытка воздуха в режимном сечении и температуры уходящих газов в соответствии с отраслевой шкалой, в пересчете на объем количество условного топлива, которое сжег котлоагрегат БКЗ-210-140 ст. № 5 за месяц определил сумму экономического эффекта от установки программно-технического комплекса регистратора аварийных ситуаций котлоагрегата БКЗ-210-140 ст. № 5 в размере 3,6 тыс. руб. за месяц.

Расчет экономического эффекта от установки частотно-регулируемого электропривода (ЧРЭП) на насос частично обессоленной воды (ЧОВ) ст. № 3 химического цеха МТЭЦ-2

Произведен расчет, показывающий целесообразность применения ЧРЭП на насос ЧОВ в направлении энергоэффективности на оперативных данных предприятия. Расчет выполнен согласно СТП 33240.09.300-20 п. 6.4 «Установка регулируемого электропривода на насосы тепловых схем энергообъектов».

Энергоэффективность определена по следующему регламенту: расчет мощности электродвигателя насоса при работе с заданным расходом G (кг/ч) и фактическим давлением на напоре и всасе механизма без установленного ЧРЭП и после установки ЧРЭП; расчет расхода электроэнергии при работе насоса с постоянной скоростью и при работе насоса с регулируемым электроприводом; расчет экономии электроэнергии при работе насоса с регулируемым электроприводом по сравнению с насосом с обычным электроприводом; расчет экономии условного топлива от внедрения регулируемого электропривода с учетом потерь на транспорт электроэнергии в электросетях в натуральном и стоимостном выражении.

По данным табл. 5 установлена экономия условного топлива от внедрения регулируемого электропривода с учетом потерь на транспорт электроэнергии в электросетях в размере 3,2 т.у.т., что соответствует ежемесячной экономии 1,1 тыс. руб.; за год – 14,34 тыс. руб.

Таблица 5

Экономический эффект проекта установки ЧРЭП
на насос ЧОВ ст. № 3 химического цеха

Показатель	До установлен- ного ЧРЭП	После установки ЧРЭП	Экономиче- ский эффект
Мощность электродвигателя насоса при работе с заданным расходом G (кг/ч) и фактическим давлением на напоре и всасе механизма, кВт	$\frac{115785,7 \cdot (46-6)}{3600 \cdot 102 \cdot 0,76 \cdot 0,93} = 17,8$	$\frac{115785,7 \cdot (12-6)}{3600 \cdot 102 \cdot 0,76 \cdot 0,93} = 2,7$	15,1
Расход электроэнергии при работе насоса с постоянной скоростью, кВт·ч	$17,8 \cdot 672 \cdot 1 = 11961,6$	$2,7 \cdot 672 \cdot 1 = 1814,4$	$11961,6 - 1814,4 = 10147,2$
Экономия условного топлива от внедрения регулируемого электропривода с учетом потерь на транспорт электроэнергии в электросетях, т.у.т.			$10147,2 \cdot 292,1 \times \times (1 + 8,16/100) \times \times 10^{-6} \approx 3,2 = 3,0$
Экономия условного топлива в стоимостном выражении, тыс. руб.			$3,0 \cdot 364,71 / 1000 = 1,1$
Годовой эффект, тыс. руб.			$1,1 \cdot 8760 / 672 = 14,34$
= 8,16 % – доля потерь электроэнергии в электросетях (передающих, распределительных) ГПО «Белэнерго» за 2021 г. 364,71 руб. – стоимость 1 т.у.т. за февраль 2021 г. (по данным РУП «Могилевэнерго»)			

Стоимость установки ЧРЭП в рассматриваемом технологическом процессе определена в размере 2983,57 руб. (поставщик: ООО ТД ЗИМ, г. Чебоксары, Россия).

Суммарный годовой эффект от реализации рекомендуемых малозатратных технологий определен в размере 205,09 тыс. руб. (табл. 6).

Таблица 6

Структура годовой экономии
по видам малозатратных технологий МТЭЦ-2

Экономия условного топлива	Замена трансформатора	Дооснащение оборудования тепловыми аккумуляторами	Установка АСУ ТП котлоагрегата	Установка ЧРЭП на насос ЧОВ	Суммарный эффект
Экономия условного топлива за месяц, т.ут.	16	14,35	10	3	43,35
Экономия условного топлива за месяц в стоимостном выражении, тыс. руб.	5,8	5,23	3,6	1,1	15,73
Годовой эффект, тыс. руб.	75,61	68,21	46,93	14,34	205,09
Структура годового эффекта по видам малозатратных технологий, %	36,87	33,26	22,88	6,99	100,00

По расчетам за месяц общее снижение расхода условного топлива составило 43,35 т.ут., что соответствует 15,73 тыс. руб. В структуре годового экономического эффекта по видам малозатратных технологий наибольший удельный вес отнесен на замену трансформатора ТДНГУ-63000/110 на силовой трансформатор ТДН-80000/110 – У1 (36,87%) и на дооснащение оборудования тепловыми аккумуляторами (33,26%); на установку АСУ ТП котлоагрегата БКЗ-210-140 ст. № 5 и установку ЧРЭП на насос ЧОВ ст. № 3 химического цеха соответственно приходится 22,88 и 6,99%.

Наиболее значимый эффект обеспечен заменой трансформатора в обозначенных вариантах модернизации.

Экономический эффект предложенного комплекса мероприятий по реконструкции и модернизации Могилевской ТЭЦ-2 в значительной мере определен заменой трансформатора и дооснаще-

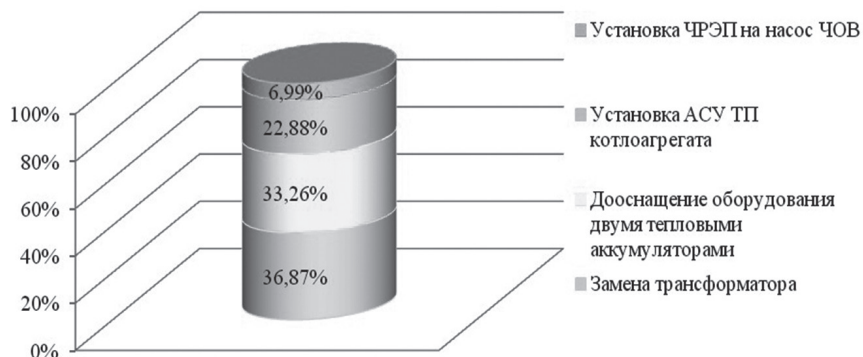


Рис. 1. Структура годового экономического эффекта внедрения малозатратных технологий повышения маневренности Могилевской ТЭЦ-2

нием оборудования тепловыми аккумуляторами: суммарная доля составила 70,13% (рис. 1).

Повышение эффективности и маневренности ТЭЦ с дополнительной выработкой электроэнергии и теплоты, а также разгрузкой оборудования станции в ночные часы возможно за счет реализации инвестиционного проекта по рекомендованным мероприятиям.

Аналитическая платформа технико-экономического обоснования дифференцирована по масштабности рекомендованных мероприятий:

1) крупномасштабный инвестиционный проект реконструкции турбины в формате совершенствования тепловых схем и конструкций большой мощности: реконструкция турбины Т-50-130 ст. № 3 Могилевской ТЭЦ-2 в результате ее замены на новую приключенную противоаварийную турбину типа «ТР»;

2) инвестиционный проект внедрения малозатратных технологий модернизации и реконструкции Могилевской ТЭЦ-2 по направлениям: замена трансформатора ТДНГУ-63000/110 на силовой трансформатор ТДН-80000/110 – У1; дооснащение оборудования МТЭЦ-2 двумя промышленными тепловыми аккумуляторами марки «Heatleader MB215 10000», позволяющего решить проблему выравнивания энергетической нагрузки ТЭЦ; установка программно-технического комплекса регистратора аварийных ситуаций котлоагрегата БКЗ-210-140 ст. № 5 в здании главного корпуса; установка ЧРЭП на насос ЧОВ ст. № 3 химического цеха МТЭЦ-2.

Приоритетным направлением в управлении энергосберегающими технологиями выбран инвестиционный проект внедрения малозатратных технологий модернизации МТЭЦ-2 с инновационным вектором развития, и разработано его организационно-экономическое подкрепление. Разработан инвестиционный проект внедрения малозатратных технологий модернизации МТЭЦ-2 с высоким уровнем инновационности, обеспечивающий эффект энергосбережения и рост энергоэффективности станции.

Цель инвестиционного проекта – реализация инновационно-инвестиционной модели малозатратных технологий реконструкции и модернизации производственных операций с энергосберегающим эффектом, построенном на экономии условного топлива. Способ достижения цели – обеспечение роста маневренности и энергоэффективности за счет регулирования нагрузки объединенной энергосистемы паротурбинной МТЭЦ-2, сокращения потерь, экономии энергоресурсов. Стоимость приобретения и установки технологического оборудования с учетом подготовительных, монтажных и пуско-наладочных работ в рамках разрабатываемого инвестиционного проекта составляет 310 212,97 руб.

Внедрение оборудования позволит значительно повысить маневренность МТЭЦ-2, повысить качество отпуска энергии потребителям за счет использования инновационных технологий производства и круглосуточного отпуска энергии с эффектом энергосбережения. Выбор оборудования, поставщиков в рассматриваемых мероприятиях определены исходя из перечня постоянных поставщиков оборудования, средств автоматизации, контроля и регулирования, предусмотренные торговой площадкой ГПО «Белэнерго». Для контроля за ходом реализации инвестиционного проекта составлен календарный график проведения работ, сроков и этапов реализации проекта. Выбрана схема приобретения оборудования в лизинг; в качестве внешнего источника финансирования рассмотрена лизинговая компания ООО «АСБ Лизинг».

Перспективный анализ лизинговых платежей произведен с учетом уменьшения налогов в связи с предоставлением льгот по лизингу в части налогообложения. В расчетах исходили из налоговой льготы на амортизацию (18% от суммы амортизационных отчислений).

Стоимость лизинговых платежей составила 368 913,060 руб., что соответствует удорожанию объекта лизинга за срок лизинга на 18,92%, удорожание в среднем за год – 9,46%, удорожание в среднем за месяц – 0,79% (табл. 7).

Таблица 7

Прогноз лизинговых платежей по инвестиционному проекту

Показатель	01.07.22 – 31.12.22	01.01.23 – 31.12.23	01.01.24 – 01.07.24	Итого
Лизинговый платеж, руб.	101 817,68	182 905,39	84 189,99	368 913,06
Налоговая льгота по лизингу, руб.	18 327,18	32 922,97	15 154,20	66 404,35
Посленалоговая стоимость лизинга, руб.	83 490,50	149 982,42	69 035,79	302 508,71
Коэффициент дисконтирования при ставке дисконта 15%, доли единицы	0,87	0,756	0,658	–
Дисконтированная стоимость лизинговых платежей, руб.	72 600,43	113 408,26	45 392,15	231 400,84

Дисконтированная стоимость лизинговых платежей с учетом налоговых льгот по лизингу по результатам расчетов определена в размере 231 400,84 руб., что ниже суммы лизинговых платежей на 137 512,22 руб. в соответствии со стоимостью приобретения оборудования. Соответственно дисконтированная стоимость лизинга ниже первоначальной стоимости объекта лизинга, как отмечалось ранее, на 37,27%, то есть обеспечены экономические выгоды приобретения заявленного оборудования.

Разработано экономическое обоснование инвестиций, с учетом которого сделан вывод о целесообразности капитальных вложений в малозатратные технологии модернизации процессов генерирования и распределения энергии Могилевской ТЭЦ-2. Реализация инвестиционного проекта внедрения малозатратных технологий модернизации Могилевской ТЭЦ-2 обеспечит внедрение гибких технологий генерирования и отпуска энергии на производственных площадках анализируемого предприятия с положительным годовым эффектом снижения себестоимости отпуска энергии в размере 205,09 тыс. руб. Произведен перспективный анализ прироста валовой прибыли по гибкому бюджету по результатам внедрения инвестиционного проекта (экономия связана с переменными затратами); учтен график и срок ввода оборудования в первом полугодии 2022 г. (табл. 8). По результатам расчетов установлен прирост прибыли за счет экономии условного топлива, роста объемов выработки и отпуска энергии: в 2022–2024 гг. прирост выработки и отпуска энергии МТЭЦ-2 установлен в размере 4,55% (по среднегодовому приросту за предыдущие 5 лет); снижение затрат на рубль отпущенной энергии – 0,001 руб.

Таблица 8

Перспективный анализ валовой прибыли
от реализации инвестиционного проекта

Показатель	2021 г. (базис)	Второе полугодие 2022 г.	2023 г.	2024 г.
Объем выработки и отпуска энергии, тыс. руб.	186 230,802	97 351,594	203 561,016	212 821,823
Затраты на рубль выработанной и отпущенной энергии, руб./руб.	0,878	0,878	0,878	0,878
Затраты на производство до внедрения инвестпроекта по гибкому бюджету, тыс. руб.	163 510,644	85 474,699	178 726,572	186 857,560
Экономия условного топлива по проекту, тыс. руб.	0,000	102,545	214,420	224,175
Затраты на производство после внедрения инвестпроекта, тыс. руб.	163 510,644	85 372,154	178 512,152	186 633,385
Затраты на рубль выработанной и отпущенной энергии после внедрения инвестпроекта, руб./руб.	0,878	0,877	0,877	0,877
Валовая прибыль, тыс. руб.	22 720,158	11 979,439	25 048,864	26 188,438
Прирост прибыли после внедрения инвестпроекта относительно базового периода, тыс. руб.	–	–	2 328,706	3 468,280
Относительный прирост прибыли (базисные темпы), %	100,00	–	10,250	15,265

На рис. 2 наглядно представлен прогноз валовой прибыли в системе гибкого бюджета по результатам реализации инвестиционного проекта внедрения малозатратных технологий модернизации Могилевской ТЭЦ-2.

Среднегодовой темп роста затрат на выработку и отпуск энергии после внедрения инвестпроекта составит 104,5%, что ниже прироста объемов отпуска и соответствует среднегодовому темпу прироста валовой прибыли в размере 4,85%.

Произведен расчет параметров оценки эффективности и целесообразности инвестиционного проекта внедрения малозатратных технологий модернизации Могилевской ТЭЦ-2 в динамике с

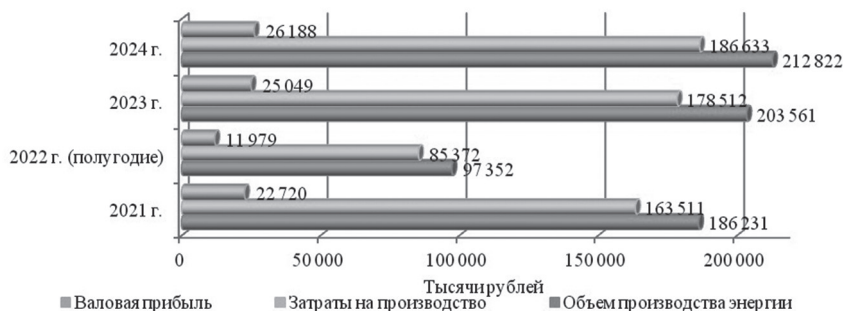


Рис. 2. Перспективный анализ валовой прибыли с учетом графика реализации инвестиционного проекта, тысячи рублей

учетом годового экономического эффекта в ближайшие 3 года и ставки дисконта в размере 15%. Использована классическая методика расчета показателей, приведенная в списке литературы [Глухов, Сергеев 2008, с. 177–179]; результаты расчета внесены в табл. 9.

Таблица 9

Динамические параметры инвестиционного проекта малозатратных технологий модернизации МТЭЦ-2, тыс. руб.

Годы	Капитальные вложения	Доходы	Коэффициент дисконтирования (ставка дисконта 15%)	Дисконтированные капитальные вложения	Дисконтированные доходы	Чистая дисконтированная стоимость (NPV)
2022 г. (полугодие)	101,818	102,545	0,893	90,909	91,558	0,649
2023 г.	182,905	205,090	0,797	145,811	163,496	18,335
2024 г.	84,190	102,545	0,712	59,925	72,990	31,400
Итого	368,913	410,180	–	296,644	328,044	31,400
Индекс рентабельности инвестиций (PI) определен в размере 1,106. Динамический срок окупаемости проекта (DPP) установлен в размере 21,7 месяцев. Модифицированная внутренняя норма доходности установлена в размере 16,19%.						

Приведенные параметры и критерии указывают на высокий уровень доходности предлагаемого проекта внедрения малозатратных технологий модернизации Могилевской ТЭЦ-2.

В табл. 10 произведен расчет прогноза показателей эффективности использования основных фондов с учетом проведенных ранее расчетов. Отмечен положительный прогноз роста эффективности использования основных средств по показателям фондоотдачи и рентабельности основных средств Могилевской ТЭЦ-2, что является элементом интегрального параметра свертки технико-экономических показателей энергоэффективности станции. В 2024 г. прогнозный показатель фондоотдачи машин и оборудования составит 3,06 руб. и вырастет относительно базисного периода на 0,37 руб., что соответствует приросту рентабельности машин и оборудования на 4,82 процентных пункта (полученные темпы роста прибыли выше темпов роста стоимости машин и оборудования).

Таблица 10

Перспективный анализ отдельных параметров энергоэффективности
в блоке использования основных средств

Показатель	2021 г. (базис)	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Средне- годовой темпы роста, %
Объем выработки и отпуска энергии, тыс. руб.	186 230,80	194 703,19	203 561,02	212 821,82	104,55
Валовая прибыль, тыс. руб.	22 720,16	23 958,88	25 048,86	26 188,44	104,85
Среднегодовая стоимость основных средств, тыс. руб.	195 564,44	195 564,44	195 564,44	195 933,35	100,06
Среднегодовая стоимость машин и оборудования, тыс. руб.	69 126,59	69 126,59	69 126,59	69 495,50	100,18
Фондоотдача основных средств, руб./руб.	0,95	1,00	1,04	1,09	104,48
Фондоотдача машин и оборудования, руб./руб.	2,69	2,82	2,94	3,06	104,36
Рентабельность основных средств, %	11,62	12,25	12,81	13,37	104,78
Рентабельность машин и оборудования, %	32,87	34,66	36,24	37,68	104,66

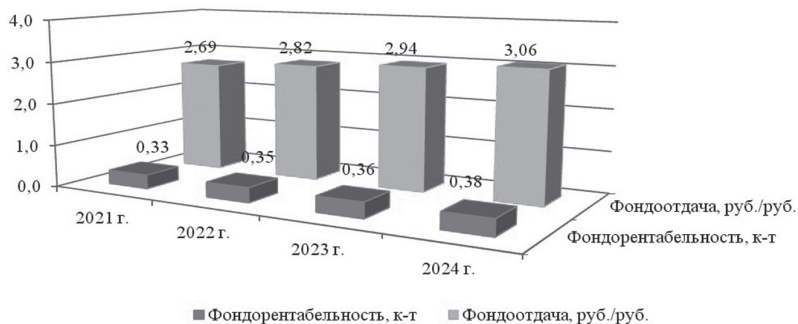


Рис. 3. Проект роста эффективности использования основных средств МТЭЦ-2

Среднегодовой прирост фондоотдачи основных средств за 2021–2024 гг. в соответствии со сроком жизни проекта установлен в размере 4,48%.

Отмечен положительный прогноз роста эффективности использования основных средств по показателям фондоотдачи и рентабельности основных средств Могилевской ТЭЦ-2, что отмечено на рис. 3.

Абсолютный прирост рентабельности основных средств в 2024 г. относительно базисного периода составит 1,75 процентных пунктов; рентабельности машин и оборудования – 4,82 процентных пункта. По аналитическим данным установлен прирост фондоотдачи и рентабельности машин и оборудования в среднем соответственно на 4,36 и 4,66%.

Заключение

В системе управления энергосберегающими технологиями Могилевской ТЭЦ-2 сформирована информационно-аналитическая среда, по объективным данным которой рекомендованы 4 малозатратных проекта и 1 крупномасштабный проект с инновационным вектором развития. Местом локаций выбраны объекты основных средств на производственных площадках оборудования с высоким уровнем физического и морального износа, требующих повышения работоспособности и инновационности реализуемых технологий энергосбережения. Экономический эффект предложенного комплекса мероприятий в значительной мере определен заменой трансформатора и дооснащением оборудования МТЭЦ-2 тепловыми аккумуляторами (суммарная доля составила 70,13%).

Реализация рекомендованных технологий модернизации и реконструкции Могилевской ТЭЦ-2, в комплексе охватывающих наиболее актуальные драйверы повышения маневренности и эффективности МТЭЦ-2, обеспечит экономию условного топлива в размере 9 565,098 т.у.т., что соответствует экономическому эффекту – 2 853,276 тыс. руб., в том числе внедрение малозатратных технологий модернизации и реконструкции Могилевской ТЭЦ-2 обозначит экономию условного топлива в размере 565,098 т.у.т., что соответствует экономическому эффекту – 205,09 тыс. руб.

В качестве источника финансирования определен и обоснован лизинговый поток. Общая стоимость лизинговых платежей на приобретение оборудования составляет 368,913 тыс. руб. с оплатой в течение 24 месяцев с момента заключения договора лизинга. Анализ параметров и критериев оценки инвестиционного проекта определил высокий уровень его эффективности: чистая дисконтированная стоимость на перспективу двух лет жизни проекта определена в размере 31,40 тыс. р.; индекс рентабельности инвестиций – 1,106; динамический срок окупаемости проекта – 21,7 месяцев. Результаты перспективного анализа инвестиционного проекта внедрения малозатратных технологий модернизации Могилевской ТЭЦ-2 показали, что инновационные технологии обеспечат значительный рост эффективности использования основных средств и увеличат потенциал маневренности ТЭЦ. Среднегодовой прирост фондоотдачи основных средств за 2021–2024 гг. в соответствии со сроком жизни проекта установлен в размере 4,48%. В 2024 г. прогнозный показатель фондоотдачи машин и оборудования составит 3,06 руб. и вырастет относительно базисного периода на 0,37 руб., что соответствует приросту рентабельности машин и оборудования на 4,82 процентных пункта. Крупномасштабный проект замены турбины Т-50-130 ст. № 3 на турбину «мятого» пара типа ТР-18/24-2,1/0,25 по расчетам специалистов РУП «Могилевэнерго» требует капитальных вложений в размере общей сметной стоимости строительства с учетом прогнозных индексов 44 749,45 тыс. руб., в том числе оборудования – 24 359, 75 тыс. руб. Установка паровой турбины на Могилевской ТЭЦ-2 в рамках поэтапной программы реконструкции и модернизации теплоэлектростанции предусматривает более полную и эффективную загрузку генерирующих мощностей и снижение затрат на производство тепловой и электрической энергии. Финансирование планируется с привлечением средств Международного банка реконструкции и развития (80% стоимости контракта). Планируемый годовой эффект от реализации проекта составит 9 тыс. тут и годовая экономия 2 648,186 тыс. руб. Динамический срок окупаемости проекта составляет 16,9 лет.

Благодарности

Работа выполнена в рамках реализации проекта «Учебно-методическое обеспечение деятельности Славянских университетов» (государственное задание, паспорт № 2881-21).

Acknowledgements

The work was carried out within the framework of the project “Educational and methodological support for the activities of Slavic universities” (state task, passport No. 2881-21).

Литература

- Александрова, Ильясов 2017 – Александрова Э.П., Ильясов И.И. Специфика предприятий энергетической отрасли как объекта инвестиций // Символ науки. 2017. № 8–1. С. 68–70.
- Гафуров и др. 2015 – Гафуров А.М., Осипов Б.М., Титов А.В., Гафуров Н.М. Программная среда для проведения энергоаудита газотурбинных установок // Энергетика Татарстана. 2015. № 3 (39). С. 20–25.
- Глухов, Сергеев 2019 – Глухов В.В., Сергеев А.И. Анализ показателей эффективности инвестиционных проектов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. «Экономические науки». 2008. № 4 (61). С. 176–182.
- Грязев и др. 2018 – Грязев М.В., Сабина А.Л., Хлунин Э.В., Сорвина О.В. Разработка концепции инновационного обновления основных средств промышленного предприятия // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2018. № 4. С. 370–392.
- Елтышев, Хорошев 2014 – Елтышев Д.К., Хорошев Н.И. Системный подход к формированию и реализации программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности // Фундаментальные исследования. 2014. № 5–4. С. 697–701.
- Ерастов, Новикова 2017 – Ерастов А.Е., Новикова О.В. Инновационное энергосбережение: интегральный метод оценки мотивационной среды // Вестник ИГЭУ. 2017. Вып. 2. С. 75–86.
- Кузнецов, Клюкин, Трибуналов 2016 – Кузнецов Н.М., Клюкин А.М., Трибуналов С.Н. Управление энергоэффективностью и энергосбережением // Вестник Кольского научного центра РАН. 2016. № 2 (25). С. 97–102.
- Мельник, Ермолаев 2019 – Мельник А.Н., Ермолаев К.А. Концептуальные основы управления энергосбережением и повышением энергоэффективности на промышленном предприятии в условиях его инновационного развития // Экономический анализ: теория и практика. 2019. Т. 18. Вып. 1. С. 22–39.
- Фатхутдинов и др. 2017 – Фатхутдинов Р.И., Аюпова А.З., Баимова Д.И., Галиева Г.Ф. Экономические аспекты энергосбережения // Вопросы экономики и права. 2017. № 2. С. 64–69.
- Veselov, Novikova, Khorshev 2015 – Veselov F., Novikova T.V., Khorshev A.A. Technological Renovation of Thermal Power Plants as a Long Term Check Factor of Electricity Price Growth // Thermal Engineering. 2015. Vol. 62. № 12. P. 843–852.

References

- Aleksandrova, E.P. and Il'yasov, I.I. (2017), "The specifics of the energy industry enterprises as an object of investment", *Symbol of Science*, no. 8–1, pp. 68–70.
- Gafurov, A.M., Osipov, B.M., Titov, A.V. and Gafurov, N.M. (2015), "Software environment for an energy audit of gas turbine units", *Energetika Tatarstana*, no. 3 (39), pp. 20–25.
- Gluhov, V.V. and Sergeev, A.I. (2008), "Analysis of performance indicators of investment projects", *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, no. 4 (61), pp. 176–182.
- Eltyshev, D.K. and Khoroshev, N.I. (2014), "A systematic approach to the formation and realization of energy saving and energy efficiency improvement programs", *Fundamental'nye issledovaniya*, no. 5–4, pp. 697–701.
- Erastov, A.E. and Novikova, O.V. (2017), "Innovative energy saving. The integral method of estimating the motivational environment", *Vestnik IGEU*, no. 2, pp. 75–86.
- Fatkhutdinov, R.I., Ayupova, A.Z., Baimova, D.I. and Galieva, G.F. (2017), "Economic aspects of energy saving", *Economic and Law Issues*, no. 2, pp. 64–69.
- Gryazev, M.V., Sabinina, A.L., Khlunin, E.V. and Sorvina, O.V. (2018), "Development of concept for innovative renewing the fixed assets at an industrial enterprise", *Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle*, no. 4, pp. 370–392.
- Kuznecov, N.M., Klyukin, A.M. and Tribunalov, S.N. (2016), "Management of the energy efficiency and saving", *Vestnik Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN*, no. 2 (25), pp. 97–102.
- Mel'nik, A.N. and Ermolaev, K.A. (2019), "Conceptual framework for managing the energy saving and improving the energy efficiency at an industrial enterprise in the context of its innovative development", *Regional Economics: Theory and Practice*, vol. 18, no. 1, pp. 22–39.
- Veselo, F., Novikova, T.V. and Khorshev, A.A. (2015), "Technological Renovation of Thermal Power Plants as a Long Term Check Factor of Electricity Price Growth", *Thermal Engineering*, vol. 62, no. 12, pp. 843–852.

Информация об авторах

Лариса В. Наркевич, кандидат экономических наук, доцент, Белорусско-Российский университет, Могилев, Республика Беларусь; 212000, Республика Беларусь, Могилев, пр. Мира, д. 43; narkevich.larisa@yandex.ru

Андрей В. Казанский, кандидат экономических наук, доцент, Белорусско-Российский университет, Могилев, Республика Беларусь; 212000, Республика Беларусь, Могилев, пр. Мира, д. 43; kab@bru.by

Information about the author

Larisa V. Narkevich, Cand. of Sci. (Economics), associate professor, Belarusian-Russian University, Mogilev, Belarus; bld. 43, Mira Avenue, Mogilev, Belarus, 212000; narkevich.larisa@yandex.ru

Andrei V. Kazanskii, Cand. of Sci. (Economics), associate professor, Belarusian-Russian University, Mogilev, Belarus; bld. 43, Mira Avenue, Mogilev, Belarus, 212000; kab@bru.by