

Ars Administrandi (Искусство управления). 2026. Т. 18, № 3. С. 427–457.

Ars Administrandi. 2026. Vol. 18, no. 3, pp. 427–457.



Эта работа © 2026 Измоленовой С. И., Цуркан М. В. распространяется под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 International. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

This work © 2026 by Izmodenova, K. S. and Tsurkan, M. V. is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Научная статья

УДК 658, 338.312, 338.465.2

<https://doi.org/10.17072/2218-9173-2026-3-427-457>

МЕХАНИЗМ ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ КОМПАНИЙ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ БЕРЕЖЛИВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Ксения Сергеевна Измоленова¹✉, Марина Валериевна Цуркан²

¹ Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия, kseniia.izmodenova@yandex.ru,
<https://orcid.org/0009-0001-4477-9699>

² Тверской государственный университет, Тверь, Россия, Tsurkan.MV@tversu.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-5951-8969>

Аннотация. Введение: несмотря на сформированные методические подходы, лучшие отечественные и зарубежные практики бережливого управления в части оптимизации бизнес-процессов предприятий, возникает проблема определения наиболее эффективного и адаптивного механизма по совершенствованию обеспечивающих бизнес-процессов: если основные потоки создания ценности крупных предприятий похожи, то протекание поддерживающих процессов во многом отличается. Исследование имеет важное значение для системы государственного и муниципального управления, поскольку способствует повышению эффективности деятельности предприятий энергетической отрасли, находящихся в собственности соответствующих субъектов, улучшению качества услуг для населения и реализации государственных приоритетов в области повышения производительности труда. **Цель работы:** сформировать и описать гибкий механизм оптимизации обеспечивающих бизнес-процессов с учетом PDCA-циклов и специфики деятельности предприятий энергетического сектора для повышения конкурентоспособности отечественных компаний, внедряющих методологию бережливого производства. **Методы:** методы интервьюирования держателей бизнес-процесса предприятия-заказчика для проведения прикладных оптимизационных мероприятий, а также анализа, сравнения, индукции и моделирования операционных процессов в рамках цикла Деминга. **Результаты:** предложены модели, описывающие место обеспечивающих бизнес-процессов в рамках процессного управления предприятием, а также представлена процессная модель энергетической компании Северного экономического региона с точки зрения бережливого управления; описан механизм оптимизации потоков создания ценности, обоснованы гибкие инструменты по его совершенствованию; представлены предпочтительные формулы для оценки результативности; описана связь процесса оптимизации с привлечением дополнительных инвестиций предприятиями в сфере энергетики посредством учета логики экспертной оценки RADAR Премии Правительства Российской Федерации в области качества. **Выводы:** представленные подходы к внедрению инструментов оптимизации апробированы и будут интересны руководителям электросетевых компаний, экспертам по оптимизации и бережливому производству, менеджерам по операционной эффективности, специалистам в области государственного и муниципального управления, по-

скольку обеспечение бесперебойной работы стратегических объектов является одной из ключевых задач в условиях санкционного давления и поддержания суверенитета страны. Предложенный механизм и опыт применения инструментов бережливого производства может тиражироваться, что позволит значительно повысить уровень развития российских компаний энергетической отрасли.

Ключевые слова: механизм оптимизации, бережливое управление, качество, карта потока создания ценности, производительность труда

Для цитирования: Измоленова К. С., Цуркан М. В. Механизм оптимизации бизнес-процессов компаний в рамках концепции бережливого управления // *Ars Administrandi* (Искусство управления). 2026. Т. 18, № 3. С. 427–457. <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2026-3-427-457>.

Original article

THE MECHANISM FOR OPTIMIZING BUSINESS PROCESSES IN COMPANIES WITHIN THE FRAMEWORK OF THE LEAN MANAGEMENT CONCEPT

Ksenia S. Izmodenova¹✉, Marina V. Tsurkan²

¹ Ugra State University Khanty-Mansiysk, Russia, kseniia.izmodenova@yandex.ru,
<https://orcid.org/0009-0001-4477-9699>

² Tver State University, Tver, Russia, Tsurkan.MV@tversu.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-5951-8969>

Abstract. Introduction: despite the established methodological frameworks and the best domestic and foreign practices of lean management regarding the optimization of business processes at energy enterprises, the problem of identifying the most efficient and adaptive mechanism for improving supporting business processes remains relevant. This is because the main value-creation streams are largely similar across large enterprises; however, supporting processes vary considerably from one organization to another. The study holds considerable relevance for the system of public administration (at both the state and municipal levels), as it contributes to enhancing the efficiency of energy sector enterprises owned by the relevant entities, improving the quality of services provided to the population, and implementing state priorities aimed at increasing labour productivity. **Objectives:** to formulate and describe a flexible mechanism for optimizing supporting business processes, considering PDCA cycles and the specific activities of enterprises in the energy sector, in order to enhance the competitiveness of domestic companies that implement lean manufacturing methodologies. **Methods:** interviewing the process owners of the client enterprise to conduct applied optimization activities; analysis, comparison, and modeling of operational processes within the framework of the “Deming Cycle”; and induction. **Results:** based on the results of the study, models are proposed that describe the place of supporting business processes within the process management system of an enterprise, as well as a process model of an energy company in the Northern region viewed through the lens of lean management; a mechanism for optimizing value streams is described, and flexible improvement tools are substantiated; the most preferable performance evaluation formulas are presented; the relationship between the optimization process and the attraction of additional investment to energy enterprises is described, taking into account the logic of the RADAR expert assessment used in the Russian Government Quality Award. **Conclusions:** the proposed approaches to implementing optimisation tools have been tested and will be relevant to managers

of electric grid companies, specialists in optimisation and lean production, operational efficiency managers, and professionals in public (state and municipal) administration. Ensuring the uninterrupted operation of strategic facilities is a key task amid sanctions pressure and for maintaining national sovereignty. The proposed mechanism and the experience of applying lean production tools can be scaled up, which will significantly enhance the development of Russian energy sector companies.

Keywords: optimization mechanism, lean management, quality, value stream mapping, labor productivity

For citation: Izmodenona, K. S. and Tsurkan, M. V. (2026), "The mechanism for optimizing business processes in companies within the framework of the lean management concept", *Ars Administrandi*, vol. 18, no. 3, pp. 427–457, <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2026-3-427-457>.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, привлечение инвестиций в стратегически важные секторы экономики – это один из государственных приоритетов, в котором заинтересованы бизнес-структуры. Эффективная оптимизация обеспечивающих бизнес-процессов на предприятиях энергетического сектора, в том числе государственных и муниципальных, напрямую влияет на качество публичных услуг, устойчивость региональной инфраструктуры и реализацию задач системы государственного и муниципального управления в области социально-экономического развития территорий. В международной практике ведущий менеджмент компаний проводит оптимизацию промышленных предприятий через внедрение конкретных инструментов бережливого производства вне зависимости от специфики бизнес-процессов, адаптируя лучший опыт, чтобы соответствовать определенным рейтингам и тем самым стать более привлекательными для потенциальных вложений. Сегодня акционеры и инвесторы обращают особое внимание на выполнение предприятиями международных стандартов качества и следование трендам, что упрощает взаимодействие между странами, стандартизируя сотрудничество. Как отмечают итальянские исследователи, бережливое производство остается одним из наиболее эффективных подходов для развития концепции устойчивого развития, так как сохранение благоприятного экологического следа для промышленных энергетических компаний – одна из первоочередных задач (Ferrazzi et al., 2025).

В России вопросы синергии методологии бережливого производства, инструментов Роскачества, автоматизации, цифровизации и искусственного интеллекта в большей степени разработаны практиками, чем описаны в научной литературе, что не позволяет руководству предприятий самостоятельно адаптировать передовые управленческие решения по совершенствованию бизнес-процессов. В связи с этим исследовательские работы, направленные на поиск гибких механизмов оптимизации и повышения производительности труда с учётом специфики деятельности энергетических предприятий, представляются актуальными.

Например, практикоориентированный подход внедрения бережливого производства на базе энергетических компаний в своих трудах описывает О.Ю. Мясникова – бизнес-тренер, курирующий оптимизацию филиала «Саратовский» ПАО «Т Плюс» (Мясникова, 2023).

Специалист по бережливому производству из Западной Бенгалии Г. Сенгупта отмечает неоспоримые преимущества такого подхода при управлении бизнес-процессами в кризисных ситуациях (Sengupta, 2020). Отметим, что в настоящее время данный подход распространен и среди отечественных компаний энергетической сферы: наибольшие сложности в данном случае связаны с взаимодействием организаций с поставщиками по вопросам своевременной транспортировки аналогов запасных частей и комплектующих, что отрицательно влияет на время цикла реагирования и удовлетворения запроса потребителя.

В Румынии также эффективно внедряют методологию «лин» в обеспечивающих процессах энергетических компаний. В частности, М. Блой и его коллеги показывают, как инструмент «шесть сигм», внедренный в рамках цикла PDCA (Plan-Do-Check-Act¹) в одном из описанных ими кейсов, способствовал увеличению скорости обработки колл-центром заявок клиентов, что позволило высвободить человеческий ресурс в лице операторов и увеличить ценность для клиентов (Bloj et al., 2020).

Несмотря на актуальность тематики и описание лучших зарубежных практик, в России не разработан механизм оптимизации обеспечивающих бизнес-процессов электроэнергетических компаний в контексте бережливого управления, что является существенным пробелом в отечественной фундаментальной и прикладной базе (в большинстве исследований рассматриваются лишь основные виды деятельности энергетики, исключая поддерживающие потоки). В связи с этим цель настоящей работы – сформировать и описать гибкий механизм оптимизации обеспечивающих бизнес-процессов с учетом циклов PDCA и специфики деятельности предприятия энергетического сектора для повышения конкурентоспособности отечественных компаний, внедряющих методологию бережливого производства.

Прежде чем представить разработанный авторами адаптивный механизм, следует определить содержание данного понятия. Специалисты из разных областей знаний дают отличные друг от друга трактовки понятия «механизм» (и, соответственно, «адаптивный механизм»). В рамках настоящей статьи авторы ориентировались на определение из теории управления. При этом, как пишет Ю. В. Горбунов, до середины XX века рассматриваемое понятие определялось лишь в технических науках, а еще ранее понятия «машина» и «механизм» считались синонимами (Горбунов, 2018). В таблице 1 представлен путь формирования и трактовки понятия «механизм».

В XXI веке ученые рассматривают «механизм» в рамках управления организацией как совокупность правил и процедур, принимаемых руководством и влияющих на поведение активных экономических агентов – в частности, сообщаемую ими информацию и выбираемые ими действия

¹ Планируй. Делай. Проверяй. Действуй (англ.).

Таблица 1 / Table 1

**Эволюция трактовки понятия «механизм» в различных областях знаний /
The evolution of the “mechanism” concept in various fields of knowledge**

Понятие	Область знания	Годы	Определение	Авторы
«Машина»	Технические науки	I век до нашей эры	Сочетание соединенных вместе частей, которые наделены силой для приведения в действие тяжестей (Григорян, 1974)	М. Витрувий
«Механизм»		Конец XIX века	Совокупность тел, которая ограничивает свободу действия друг друга взаимным сопротивлением и трением, преобразующихся в движение (Чешев, 1981,)	В. В. Чешев
		Начало XX века	Сочетание тел, в котором положение составных элементов четко определено и направлено на бесперебойное функционирование системы ²	Ф. А. Брокгауз, И. А. Ефрон
		Естественные науки	Середина XX века	Совокупность процессов, которые формируют новые соединения и состояния ³
	Социально-гуманитарные науки	Начало XIX века	Рассматривается с философской точки зрения: как часть чего-то целого и большего (в анализе причин и целей) (Гегель, 2023)	Г. Гегель

Источник: составлено авторами на основе (Мартюшов, 2015).

(Бурков и др., 2011). Говоря иными словами «механизм» – это то, что приводит систему в движение и направляет на достижение стратегических целей организации.

² Энциклопедический словарь Русского библиографического института «Гранат»: в 58 т. / Под ред. проф. В. Я. Железнова, проф. М. М. Ковалевского [и др.]. Т. 28. Майкопский отдел – Минералогия. М.: Т-во «Бр. А. и И. Гранат и К^о», 1915. 704 с.

³ Словарь русского языка: в 4 т. / Под ред. Е. Н. Гороховникова, Ц. Г. Гурвиц, Л. И. Рахманова. Т. II. М.: Гос. изд-во иностр. и нац. словарей, 1958. 1015 с.

При этом поиск адаптивного механизма оптимизации бизнес-процессов организации является актуальной проблемой для предприятий смежных отраслей. Как отмечает исследователь Г. М. Куимова, ошибка этих предприятий заключается в том, что они сосредоточены на поиске оптимального механизма управления, то есть пытаются с максимальной точностью рассчитать и спрогнозировать ход тех или иных процессов, тогда как из-за постоянно изменяющейся внешней среды это невозможно (Куимова, 2010). Разумным решением в этом случае является переход к использованию приближенных решений задач и кейсов, которые возможно адаптировать к потребностям конкретного предприятия.

Следовательно, возникает необходимость уточнить понятие «адаптивный механизм». В этом вопросе ученые, изучающие теорию управления, предлагают множество трактовок. Остановимся на определении Б. А. Эфендиева, понимающего под адаптивным механизмом совокупность последовательных установок и алгоритмов, которые способствуют адаптации системы к текущим реалиям и изменениям внутренней и внешней среды (Эфендиев, 2008).

Следует также сказать о значимости цикла PDCA для отечественной энергетики. Как отмечает Н. М. Лункевич, этот цикл, известный еще как цикл Деминга, представляет собой итеративную модель управления процессами, направленную на непрерывное улучшение деятельности (Лункевич и Шагинян, 2013). Разработанный У. Э. Демингом, он включает четыре этапа:

1. Plan: определение целей, разработка плана действий, выявление проблем и путей их решения.
2. Do: реализация запланированных мероприятий в контролируемых условиях, часто в пилотном режиме.
3. Check: анализ результатов, сравнение фактических показателей с плановыми, выявление отклонений.
4. Act: внедрение успешных решений в практику, корректировка процессов или возвращение к планированию для устранения недостатков.

Для энергетических предприятий России в условиях сложной рыночной среды, технологических вызовов и регуляторных требований цикл PDCA имеет ключевое значение. Его важность обусловлена следующим:

1) *повышает операционную эффективность*. Энергетический сектор России сталкивается с необходимостью оптимизации затрат на фоне высокой конкуренции и роста цен на ресурсы, и цикл PDCA позволяет систематически выявлять узкие места в производственных процессах (например, потери энергии при передаче или неэффективное использование оборудования) и внедрять улучшения. Так, применение PDCA на электростанциях для оптимизации режимов работы турбин может снизить расход топлива на 3–5 % (по данным отраслевых исследований)⁴;

2) *обеспечивает надежность и безопасность*. Энергетические предприятия работают с критически важной инфраструктурой, где сбои могут приве-

⁴ Свыше 50 % промышленных компаний в России внедрили бережливое производство [Электронный ресурс] // Портал национальныепроекты.рф. 2025. 11 авг. URL: <https://национальныепроекты.рф/news/svyshe-50-promyshlennyykh-kompaniy-v-rossii-vnedrili-berezhlivoe-proizvodstvo/> (дата обращения: 10.09.2025).

сти к значительным экономическим и социальным последствиям, и использование PDCA помогает принимать превентивные меры, такие как регулярная диагностика оборудования и модернизация систем управления, снижая риск аварий;

3) *соответствует экологическим стандартам*. В условиях глобального перехода к «зеленой» энергетике и ESG-повестке в России⁵ цикл PDCA помогает предприятиям разрабатывать и внедрять экологически устойчивые решения. Это включает оптимизацию процессов для снижения выбросов CO₂, переход на возобновляемые источники энергии, минимизацию отходов;

4) *адаптирует к цифровизации*. Цифровая трансформация энергетического сектора (например, внедрение «умных» сетей) требует системного подхода к управлению изменениями, и цикл PDCA позволяет тестировать новые технологии в пилотных проектах, оценивать их эффективность и масштабировать успешные решения, минимизируя риски. Так, ПАО «Газпром» использует PDCA для внедрения цифровых систем мониторинга газопроводов, что повысило точность диагностики на 20 % (Барсуков и Гамова, 2023).

МЕТОДОЛОГИЯ (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ) ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект настоящего исследования – обеспечивающие бизнес-процессы энергетических компаний России в рамках PDCA-цикла процессного управления предприятием.

Научная новизна работы состоит в предложении усовершенствованного механизма оптимизации обеспечивающих бизнес-процессов, значительно влияющего на удобство определения потерь посредством картирования потока создания ценности с учетом требований Роскачества и бережливого управления. В предлагаемом механизме оптимизации, помимо традиционных инструментов визуализации потоков ценности, включены матрица ответственности сотрудников (кто какую роль выполняет на каждом шаге работ), матрица рисков (какие проблемы могут возникнуть в процессе работ), план мероприятий по внедрению улучшений (если установлено, что есть перспективы для минимизации затрат и увеличения прибыли). Для удобства восприятия информации данные нововведения интегрированы в карты потока создания ценности (КПСЦ), которые будут подробно описаны ниже (см. рис. 4–7).

Методологией, лежащей в основе исследования, является система знаний в области бережливого производства – в частности, рассматривается PDCA-цикл деятельности компании. Такие американские производственники, как М. Реслан, М. Дж. Трайбе и другие, констатируют: «Бережливое производство приобрело популярность в последние несколько десятилетий как ресурсосберегающий подход к производству» (Reslan et al., 2025, p. 455).

Для усиления эффекта от внедрения представленной методологии необходимо работать в симбиозе с актуальными трендами, которые могут существенно повлиять на инвестиционную привлекательность фирмы. В настоящей статье

⁵ См.: *Об ограничении выбросов парниковых газов* [Электронный ресурс]: Федер. закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ. URL: <https://base.garant.ru/401420454/> (дата обращения: 10.09.2025).

инструменты и принципы лин-технологий описываются в синергии двух моделей: процессного управления энергетическим предприятием и Премии Правительства Российской Федерации в области качества (Акылбек, 2023; Бирюкова и Быкова, 2019). Для визуализации предлагаемого механизма оптимизации и моделей авторы рекомендуют использовать бесплатную платформу Draw.io.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что оно вносит вклад в развитие фундаментальных основ процессного управления, уточняя применение цикла PDCA и критериев Роскачества к обеспечивающим бизнес-процессам в энергетической отрасли. Практическая значимость – в том, что результаты данного исследования могут быть использованы для разработки методических рекомендаций и практических инструментов (чек-листы, шаблоны, ключевые показатели эффективности (KPI)), которые помогут разноотраслевым компаниям внедрять оптимизационные мероприятия в рамках цикла PDCA для повышения производительности труда и конкурентоспособности. Кроме того, результаты работы будут полезны органам государственного и муниципального управления при разработке и реализации программ повышения эффективности подведомственных предприятий энергетической отрасли и улучшения качества предоставляемых населению услуг.

Описание предлагаемых моделей следует начать с определения роли и места обеспечивающих бизнес-процессов компании. Во-первых, они поддерживают основные процессы (например, управление персоналом, IT-поддержка, закупки, юридическое сопровождение и бухгалтерский учет создают условия для бесперебойного осуществления ключевых операций); во-вторых, оптимизируют ресурсы, то есть способствуют снижению затрат, повышению эффективности и соблюдению нормативных требований. На рисунке 1 представлена модель предприятия энергетической отрасли, приобретающего электрическую энергию извне, при процессном управлении.

Проанализировав представленные данные, можно сделать вывод о том, что обеспечивающие процессы в деятельности энергетического предприятия имеют стратегически важное значение: именно они формируют ресурсную базу для осуществления капитального строительства, технологического присоединения объектов и распределения электрической энергии. Кроме того, рассматриваемые бизнес-процессы:

- подчинены основным и управленческим процессам и при этом интегрированы во все уровни деятельности;
- обеспечивают устойчивость и конкурентоспособность предприятия, так как для каждого этапа основной деятельности существует своя комбинация обеспечивающих процессов, без которых итоговый продукт не будет иметь необходимый уровень ценности.

В современных условиях обеспечивающие процессы становятся все более значимыми из-за роста цифровизации, регуляторных требований и перехода к возобновляемым источникам энергии. Без эффективной организации этих процессов энергетическое предприятие рискует столкнуться с перебоями в работе и финансовыми потерями (Аладко и Хайдукова, 2024). Следовательно, электросетевые компании смогут оставаться конкурентоспособными в быстро развивающемся секторе и предоставлять своим клиентам качественные услуги, применяя инструменты оптимизации, в частности бережливого

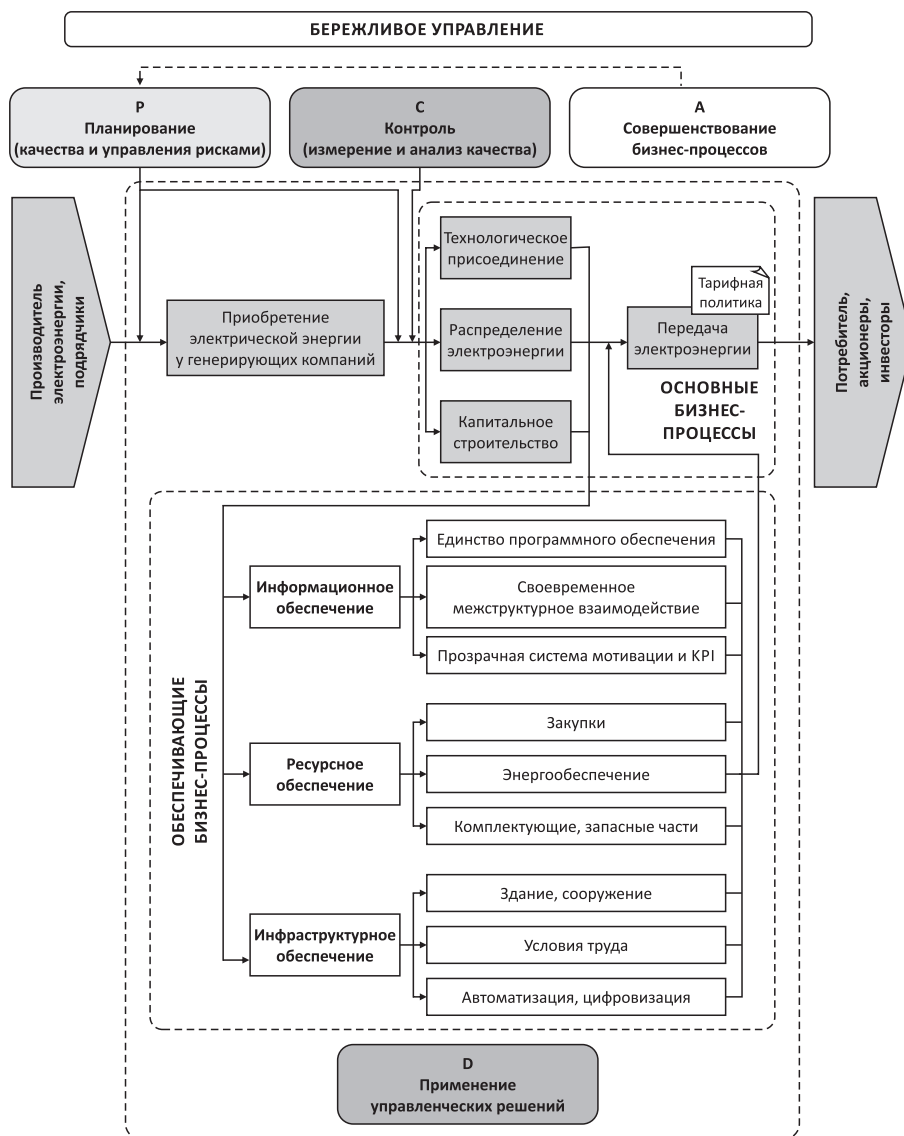


Рис. 1. Модель электроэнергетического предприятия с точки зрения процессного управления в рамках цикла PDCA / Fig. 1. The process model of an electric power enterprise from the perspective of process management within the framework of the PDCA cycle

Источник: рис. 1, 4–7 составлены авторами.

производства, которые способствуют повышению эффективности и производительности труда.

После того как определены пилотные бизнес-процессы для оптимизации, необходимо корректно визуализировать операционные потоки. Согласно методологии бережливого производства наиболее эффективны такие инстру-

менты, как карта потока создания ценности (КПСЦ), которая лучше воспринимается в синтезе с системой Business Process Model and Notation (BPMN) (Cimino et al., 2025).

Для удобства определения сильных сторон анализируемых инструментов в таблице 2 представлена сравнительная характеристика КПСЦ и системы BPMN как подходов к картированию и дальнейшей оптимизации бизнес-процессов предприятия.

Таблица 2 / Table 2

**Сравнительная характеристика КПСЦ и системы BPMN /
Comparative characteristics of the VSM and BPMN systems**

Критерий	КПСЦ	BPMN
Уровень детализации	Низкий, высокоуровневый	Высокий
Сложность освоения	Простая, интуитивная	Требует обучения
Стоимость внедрения	Низкая (как в бумажной форме, так и на бесплатных платформах)	Высокая (покупка лицензий, интеграция)
Автоматизация	Ограниченная	Полная (интеграция с BPMS)
Фокус	Ориентация на потребителя и поиск потерь, узких мест	Логика и структура процесса
Интеграция с IT	Слабая	Сильная (CRM-системы, ERP)
Применение	Процессы любых уровней	Процессы любых уровней

Источник: табл. 2–5 составлены авторами.

Исходя из вышесказанного, карта потока создания ценности и нотация моделирования бизнес-процессов являются эффективными инструментами для описания и оптимизации бизнес-процессов электроэнергетических компаний России. Их использование способствует повышению эффективности, снижению затрат и улучшению качества обслуживания. Выбор инструмента зависит от специфики задач и процессов компании. Внедрение КПСЦ и BPMN в практику управления может стать важным фактором конкурентоспособности на современном рынке.

Но чтобы соответствовать международным стандартам и привлекать новых инвесторов, которые обращают особое внимание на политику предприятия в области устойчивого развития, необходимо иметь определенный вес на рынке. Последнее могут подтвердить разного рода награды, среди которых наиболее значимой считается премия Правительства Российской Федерации в области качества. Поэтому при совершенствовании бизнес-процессов и картировании необходимо не только использовать инструменты анализа текущей ситуации для определения проблемных зон (хронометраж, интервьюирование, КПСЦ, BPMN), но и учитывать характеристики деловой активности предприятия, его результативность.

Так, К. С. Измоленова, один из авторов настоящей статьи, совместно с исследователями Е. С. Хайдуковой и А. Н. Ибраковой отмечают, что оптимизация компании имеет смысл и перспективы пролонгации только в случае учета трех компонентов бережливого управления, которые представлены на рисунке 2 (Хайдукова и др., 2025).



Рис. 2. Трехкомпонентная система бережливого управления в организации /
Fig. 2. The three-component system of lean management in the organization

Источник: составлено на основе (Хайдукова и др., 2025, с. 63).

В частности, организаторы Премии Правительства Российской Федерации в области качества придерживаются модели, содержащей в себе девять критериев оценки возможностей развития компании, ее финансовых и нефинансовых показателей отчетности. По каждой из категорий баллы определяются в соответствии с логикой RADAR, суть которой состоит в комплексном подходе к оценке эффективности управления качеством, позволяющем не только измерять результаты, но и анализировать, как эти результаты достигаются, с акцентом на системность и непрерывное улучшение.

Логика экспертной оценки RADAR включает пять элементов:

1. *Results* (результаты) – определение результативности компании, то есть тех финансовых и нефинансовых ориентиров, какие она перед собой ставит. В дальнейшем эксперты рассматривают, не занижены ли плановые показатели или, наоборот, не завышены ли итоги.

2. *Approaches* (подходы) – определение подходов, при помощи которых компания добивается результатов, то есть выявление того, какие концепции и повестки реализует компания в рамках совершенствования бизнес-процессов. Например, объект настоящего исследования – АО «ЮТЭК-РС» официально реализует концепцию бережливого производства и ESG-повестку.

3. *Deployment* (развертывание) – подразумевает, каким образом компания развертывает подходы, то есть в каких официальных документах она формализует их реализацию: как выбранные подходы интегрированы в стратегию развития, инвестиционные программы, договоры между поставщиками и подрядчиками, корпоративную культуру и т. д.

4. *Assessment* (оценка подходов) – осуществляется как организациями для самоконтроля, так и экспертами в области методологии Премии Правительства Российской Федерации в области качества. Оценка производится с использованием двух групп критериев – «возможности» и «результаты» компании.

5. *Refine* (улучшение подходов) – подразумевает, что после оценки подходов организации проводят «работу над ошибками», совершенствуя свои бизнес-процессы и подходы для повышения качества производимых товаров и услуг.

– логика RADAR гармонизирована с международными стандартами и базируется на критериях EFQM, однако адаптирована с учетом национальной специфики (Chomiak-Orsa and Martusewicz, 2023). Так, в российской модели акцент смещен в сторону группы критериев «Возможности» (как организация достигает результатов), что подчеркивает значимость потенциала компании в условиях отечественной экономики;

– активно используется для самооценки организаций. RADAR позволяет выявить сильные стороны и зоны для улучшения. Это не только подготовка к конкурсу, но и стратегический инструмент для совершенствования бизнес-процессов;

– требует, чтобы подходы были системными, воспроизводимыми и устойчивыми, а результаты – измеряемыми и сопоставимыми с лучшими практиками. Это стимулирует организации к долгосрочным улучшениям;

– адаптирована для разных организаций, что позволяет объективно оценивать малые предприятия, в отношении которых применяются упрощенные критерии. Это делает логику доступной для компаний разного масштаба.

На рисунке 3 представлены составляющие модели Роскачества⁶ в соответствии с логикой RADAR.

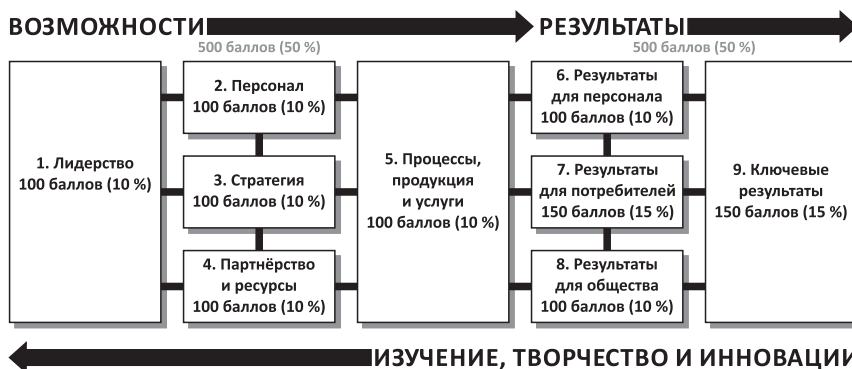


Рис. 3. Модель конкурса на соискание премий Правительства Российской Федерации в области качества / Fig. 3. The model of the competition for the Russian Federation Government Quality Awards

Источник: ГОСТ Р 59916-2021. Премии Правительства Российской Федерации в области качества. Модель конкурса и принципы проведения оценки.

⁶ ГОСТ Р 59916-2021. Премии Правительства Российской Федерации в области качества. Модель конкурса и принципы проведения оценки. Введ. 2022–04–01. М.: Рос. ин-т стандартизации, 2022. 16 с.

В рамках исследования были учтены все вышеперечисленные факторы, что позволило создать единый механизм оптимизации обеспечивающих бизнес-процессов, нацеленный на совмещение инструментов КПСЦ и BPMN, логики RADAR и показателей результативности внедряемых решений. Для удобства данный механизм визуализирован в таблице 3, чтобы в производственной среде оперативно и своевременно фиксировать промежуточные итоги.

Таблица 3 / Table 3

Механизм оптимизации обеспечивающих бизнес-процессов в рамках PDCA-цикла процессного управления предприятием / The mechanism for optimizing support business processes within the PDCA cycle of process management in the enterprise

Этап	Мероприятие	Результат	Принадлежность к трехкомпонентной системе бережливого управления
0	Обучение руководства и сотрудников организации	Все сотрудники получили удостоверения установленного образца о повышении квалификации в области методологии бережливого производства	Качество (компонент 3)
1	Интервьюирование руководства и держателей бизнес-процесса на предмет наличия проблемных бизнес-процессов	Справка об интервью с перечислением структурных подразделений и выбранных процессов для оптимизации	Оптимизация (компонент 1). Результативность (компонент 2)
1.1	Подбор первичных инструментов бережливого производства по оптимизации бизнес-процессов	Определение наименее затратных инструментов бережливого производства для осуществления первичного анализа производственной системы и определения потерь	Оптимизация (компонент 1)
2	Картирование выбранных бизнес-процессов совместно с держателями бизнес-процессов и выявление проблемных зон	Построенные и оцифрованные бизнес-процессы посредством использования КПСЦ и системы BPMN на платформе Draw.io	
2.1	Посещение производственных площадей, проведение дополнительных встреч с держателями бизнес-процессов	Согласование перечня рекомендаций и инструментов, утвержденных к внедрению	

Этап	Мероприятие	Результат	Принадлежность к трехкомпонентной системе бережливого управления
2.2	Оформление надстроек к карте потока создания ценности по критериям методологии Премии Правительства Российской Федерации в области качества	Оформление надстроек, содержащих информацию, в соответствии с логикой RADAR	Качество (компонент 3)
2.3	Расчет потенциальной эффективности от оптимизации	Предполагаемый положительный экономический эффект от оптимизации бизнес-процесса	Результативность (компонент 2)
3	Внедрение утвержденных мероприятий по оптимизации бизнес-процессов	Внедрение установленных мер по совершенствованию в производственные/офисные процессы с параллельным внесением изменений в регламенты работ подразделений	Оптимизация (компонент 1)
3.1	Расчет реальной эффективности от оптимизации	Фактический положительный экономический эффект от внедрения улучшений	Результативность (компонент 2)
4	Оценка влияния внедренных изменений на показатели и достижение стратегических целей компании	Проверка на соответствие требованиям рейтингов, требованиям ведущих повесток и подходов, разворачиваемых в компании (внутренний/внешний аудит)	Результативность (компонент 2). Качество (компонент 3)
5	Совершенствование бизнес-процессов	Обновление политики компании, регламентов, стандартов, KPI и т. д.	Оптимизация (компонент 1). Качество (компонент 3)

Данные таблицы 3 в части определения принадлежности к трехкомпонентной системе бережливого управления необходимо понимать следующим образом:

Оптимизация (компонент 1) – совершенствование бизнес-процессов компании посредством использования инструментов бережливого производства, таких как карта потока создания ценности, канбан, хронометраж и т. д. Выбор комплекса инструментов зависит от специфики деятельности предприятия, текущего состояния бизнес-процессов и других сопутствующих критериев.

Результативность (компонент 2) представляет собой перечень основных показателей, объективно описывающих состояние потока. Например, по методике Федерального центра компетенций в сфере производительности труда такими показателями могут являться «время протекания бизнес-процесса», «производительность труда», «незавершенное производство», «выработка».

Качество (компонент 3) – это совмещение логики RADAR, выстроенной Роскачеством, и критериев Премии Правительства Российской Федерации в области качества.

В рамках настоящего исследования были реализованы все вышеперечисленные этапы, однако шаги 2.3, 3.1, 4 и 5 будут представлены в обобщенном виде с демонстрацией формул, так как все данные, полученные в результате научно-исследовательской работы на базе электроэнергетической компании г. Ханты-Мансийска, не подлежат распространению и имеют статус конфиденциальной информации в соответствии с договором о неразглашении.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Этап 0 механизма по оптимизации – это подготовительный этап, своего рода фундамент для успешной оптимизации. Если пропустить подготовку кадров, наглядно не продемонстрировать эффекты от внедрения бережливого управления, которые положительно скажутся и на основных показателях компании, за которыми следит руководство, и на уровне условий труда, что имеет значение для рядовых сотрудников, то велика вероятность возникновения сопротивления и демотивации. О. В. Пучка и его коллеги отмечают, насколько важно перед оптимизацией проводить обучение, повышение квалификации или переподготовку как для управляющего, так и для рабочего звена (Пучка и др., 2021).

Этап 1 – интервьюирование держателей бизнес-процесса, то есть непосредственно тех сотрудников, которые участвуют в цепочке создания ценности. Заполненный в итоге чек-лист с перечисленными потерями необходим для того, чтобы выбрать самый проблемный процесс и начать оптимизацию с него, постепенно распространяя опыт лучшей практики на остальные бизнес-процессы.

Результаты интервьюирования становятся фундаментом для комплексной оптимизации производства. Они позволяют не только выявить текущие проблемы, но и разработать реалистичные и эффективные решения, учитывающие специфику предприятия, мнение сотрудников и ограничения. Это способствует снижению затрат времени, материалов и энергии, повышению производительности и качества продукции, улучшению взаимодействия между отделами. Отрывок заполненного чек-листа представлен в таблице 4.

Таблица 4 / Table 4

Шаблон чек-листа проблемных зон бизнес-процессов, заполняемый по результатам интервьюирования сотрудников структурных подразделений организации /
A template for a business processes problems checklist, filled out based on the results of interviewing employees from the organization's structural departments

Цель операции	Описание риска	Влияние риска	Вероятность риска	Меры по предупреждению	Корректирующие действия
Описание шага в рамках бизнес-процесса	Подробное повествование о возможных рисках в рамках анализируемого шага	Высокое/среднее/низкое	Высокая/средняя/низкая	То, что можно в будущем предпринять для полного или частичного устранения потери	То, что можно предпринять уже сейчас, располагая ограниченными ресурсами
Интервьюирование					
Вопрос	Ответ		НПА	Потеря	
Описание вопросов относительно анализируемого бизнес-процесса (подводка к имеющимся потерям)	Описание ситуации «как есть»		Какими внутренними документами на данный момент регламентируется процесс	Перечисление выявленных потерь по методологии бережливого производства	

Этап 1.1. На данном этапе необходимо сформировать комплекс инструментов, с помощью которых анализируются бизнес-процессы для дальнейшего их совершенствования. Для успешной оптимизации бизнес-процессов комплекс инструментов бережливого производства может быть следующим:

- 1) интервьюирование/анкетирование;
- 2) карта потока создания ценности (КПСЦ);
- 3) хронометраж (для фиксации временных затрат по каждой операции);
- 4) система BPMN (комплекс блок-схем для визуализации коммуникаций между участниками бизнес-процессов).

Этапы 2–2.1. В процессе повторного интервьюирования и анкетирования используется инструмент визуализации цепочки создания ценности для потребителя (Ермилина и Кузьмина, 2024). Посредством карты потока создания ценности подробно прописываются действия участников потока, что в дальнейшем способствует формированию четких регламентов взаимодействия между ними. Затем следует оцифровка КПСЦ для предприятий, у которых бережливое управление не встроено в стратегию развития или находится на начальном этапе. Пример того, как может выглядеть шаблон карты потока создания ценности с элементами BPMN (при синергетическом эффекте их совместного использования) для отслеживания информационных потоков в структурном подразделении, представлен на рисунке 4.

Для того чтобы обеспечить единое понимание системы опознавательных знаков, под картой потока создания ценности необходимо указывать легенду, пример которой приведен на рисунке 5.

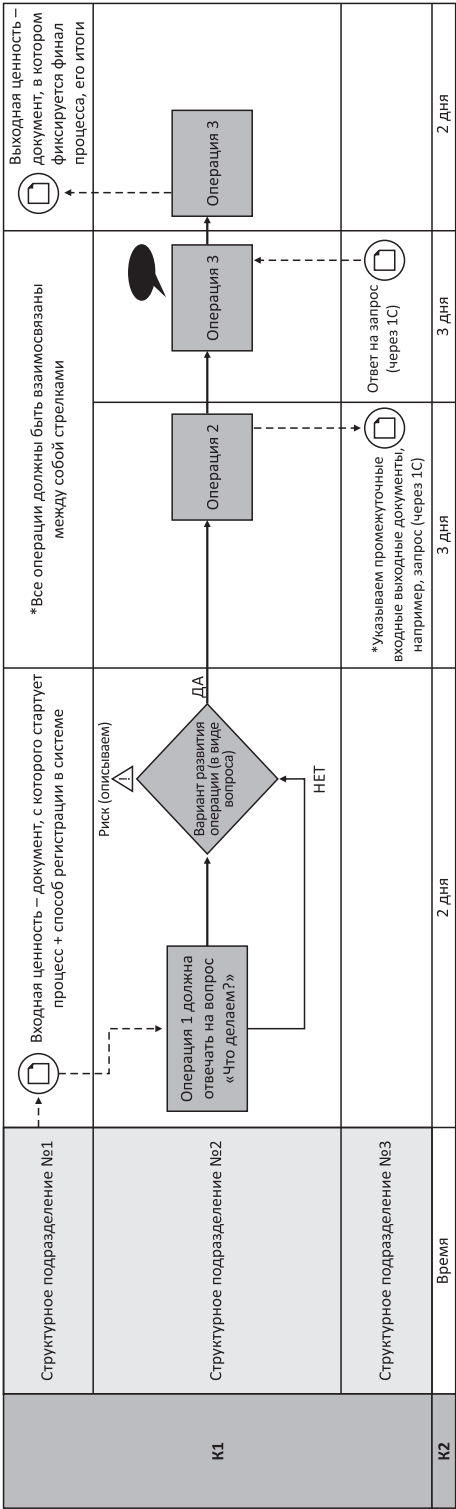


Рис. 4. Пример карты потока создания ценности и системы BPMN при анализе бизнес-процесса и проблемных зон структурного подразделения организации с сопоставлением компонентов бережливого управления / Fig. 4. An example of a value stream map and BPMN system for analyzing a business process and problem areas within an organizational unit compared with of lean management components

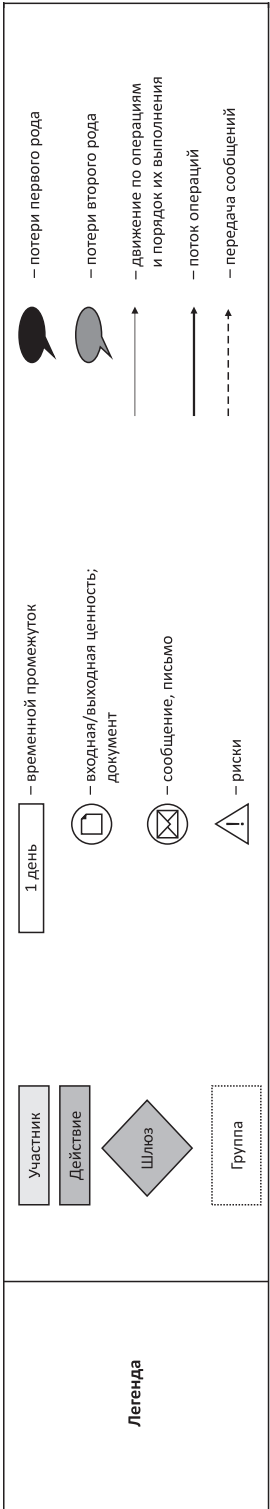


Рис. 5. Пример легенды в рамках построения карты потока создания ценности бизнес-процесса с элементами BPMN-технологии / Fig. 5. A legend example for value stream constructing map of a business process with BPMN technology elements

Также в рамках второго этапа дается описание выявленных проблем и потерь. Для составления плана-графика по внедрению рекомендаций необходимо подробно изложить необходимые шаги и мероприятия, запланированные в рамках оптимизации, с учетом делегирования обязанностей и закрепления ответственности.

В таблице 5 представлен шаблон для описания выявленных потерь в процессе интервьюирования и картирования бизнес-процессов.

Таблица 5 / Table 5

Пример фиксации выявленных узких мест в потоке создания ценности при оптимизации бизнес-процессов организации / An example of documenting identified “bottlenecks” in the value stream during the optimization of the organization's business processes

Критерий	Описание
Потери 1-го рода, мин.	Фиксация времени (сколько в минутах занимает этап с проблемой)
Потери 2-го рода, мин.	
Описание потерь 1-го рода	Подробная характеристика каждой выявленной потери
Описание потерь 2-го рода	
Рекомендации по оптимизации выявленных потерь	Перечисление предлагаемых мероприятий по минимизации потерь

Этап 2.2. Предварительная информация по выбранным бизнес-процессам может фиксироваться также в преамбуле (надстройке) к интервьюированию и карте потока создания ценности.

В первой части преамбулы (надстройка 1) указываются основные характеристики бизнес-процесса, сопровождающие его нормативно-правовые акты, перечисляются участки и основные производители ценности, время протекания бизнес-процесса (ВПП), основные метрики эффективности, а также текущая матрица распределения ответственности между держателями и участниками бизнес-процесса, что позволяет определить зону ответственности каждого сотрудника, задействованного в потоке создания ценности. Пример заполненной первой части преамбулы, необходимой для реализации механизма по оптимизации бизнес-процессов любого вида, представлен на рисунке 6.

Во второй части преамбулы (надстройка 2) оформляются в программу по оптимизации все предложения по улучшениям, которые, как правило, уже имеются у сотрудников организации и конкретного подразделения, ведь именно человек знает, как можно видоизменить тот или иной шаг в потоке создания ценности. При этом в рамках построения карты потока создания ценности учитывается время протекания процесса (Панова и Жиделев, 2024). Благодаря плану-графику процесс оптимизации становится управляемым, прозрачным и результативным, что позволяет не только повысить производительность труда сотрудников, но и усовершенствовать процесс коммуникации среди структурных подразделений организации (Полубоярова и Топников, 2023). Пример заполненной второй части преамбулы, необходимой для реализации механизма по оптимизации бизнес-процессов любого вида, представлен на рисунке 7.

Бизнес-процесс « _____ » (карта потока создания ценности)		ТЕКУЩЕЕ-ЦЕЛЕВОЕ СОСТОЯНИЕ			
K3	Ценность бизнес-процесса	Входная ценность (документ, с которого стартует бизнес- процесс Выходная ценность (документ, которым заканчивается бизнес-процесс)			
	Нормативное правовое основание бизнес-процесса	Федеральные законы стратегические документы, положение об отделе и другие нормативно-правовые акты			
K1	Владелец бизнес-процесса	Руководитель структурного подразделения бизнес-процесса			
	Участники бизнес-процесса	Все структурные подразделения, а также внешнее предприятие, участвующие в бизнес-процессе			
K3	Поставщик ценности	Подразделение, которое создаёт главную ценность в рамках бизнес-процесса			
	Потребитель ценности	Те структуры или лица, на удовлетворение чьих потребностей направлен бизнес-процесс			
	Границы бизнес-процесса	Описание начала и завершение бизнес-процесса события поступления документа и т.д.			
K2	Общее время бизнес-процесса	Время бизнес-процесса (в рабочих днях) Время создания ценности (в рабочих днях)			
	Показатели эффективности бизнес-процесса	Показатель результативности бизнес-процесса (качественные/количественные)			
K3	Матрица ответственности участников бизнес-процесса	Наименование операции (функции)	Руководитель службы	Ведущий специалист службы	Ведущий специалист службы
		Операция 1			
		Операция 2			
		Операция 3			
		Операция 4			
		Легенда для заполнения матрицы: О – ответственный за выполнение функции; У – участвует в выполнении функции; И – получает информацию о ходе результатах функции; К– контролирует выполнение функции.			

Рис. 6. Первая часть механизма по оптимизации бизнес-процессов организации с учетом трехкомпонентной системы бережливого управления /
Fig. 6. The first part of the mechanism for optimizing the organization's business processes considering a three-component lean management system

К3	План мероприя- тий по переводу бизнес-процесса из текущего в целевое состояние	№	Мероприятие	Ответственные исполнители	Срок	Результат		
		Не заполняется в случае отсутствия потерь второго рода или рекомендации						
	Матрица рисков бизнес-процесса	Наимено- вание операции (функции)	Описание риска	Влияние риска	Вероят- ность риска	Контрольные процедуры		Испол- нитель (наимено- вание должно- сти)
						Предупре- ждающие действия	Корректи- рующие действия	

Рис. 7. Вторая часть механизма по оптимизации бизнес-процессов организации с учетом трехкомпонентной системы бережливого управления / Fig. 7. The second part of the mechanism for optimizing the organization's business processes considering a three-component lean management system

Этап 2.3. Следующий шаг – расчет текущего уровня эффективности протекания выбранных для оптимизации бизнес-процессов и потенциального экономического эффекта от утвержденных мероприятий по улучшению, планируемых к внедрению. Именно для данного показателя необходимо использовать инструмент «хронометраж» для фиксации общего времени протекания бизнес-процесса, а также определения времени ценности.

Эффективность процесса следует рассчитывать по методике Федерального центра компетенций в сфере производительности труда (Котляр и др., 2021).

При оценке протекания бизнес-процессов нужно использовать формулу 1. Время ценности рассчитывается как разница между общим временем процесса и временем, затраченным на выявленные в процессе потери 1-го и 2-го рода:

$$T_{ц} = T_{общ} - (T_1 - T_2), \quad (1)$$

где $T_{ц}$ – время ценности, мин.;
 $T_{общ}$ – общее время протекания бизнес-процесса, мин.;
 T_1 – время, затраченное на потери 1-го рода, мин.;
 T_2 – время, затраченное на потери 2-го рода, мин.

После определения времени ценности и общего времени протекания процесса рассчитывается эффективность протекания процесса:

$$T_{эф} = \frac{T_{цен}}{T_{общ}} \times 100, \quad (2)$$

где $T_{эф}$ – коэффициент эффективности протекания процесса, %.

Первоначально для подтверждения необходимости внедрения улучшений руководству компании / заказчику представляется потенциальный экономический эффект (формула 3).

$$\mathcal{E}\Phi_{\text{потенциал}} = O_{\text{труд.з.БП1}} + O_{\text{труд.з.БП2}} + O_{\text{труд.з.БП...}}, \quad (3)$$

где $\mathcal{E}\Phi_{\text{потенциал}}$ – потенциальный экономический эффект, руб.;
 $O_{\text{труд.з.БП1}}$ – оптимизация трудозатрат на выполнение операций в рамках анализируемого бизнес-процесса 1, руб.;
 $O_{\text{труд.з.БП2}}$ – оптимизация трудозатрат на выполнение операций в рамках анализируемого бизнес-процесса 2, руб.;
 $O_{\text{труд.з.БП...}}$ – оптимизация трудозатрат на выполнение операций в рамках всех важных бизнес-процессов в проекте по оптимизации, руб.

Для проведения расчетов необходимо найти, чему равна оптимизация трудозатрат, что можно определить по формуле 4:

$$O_{\text{труд.з.БП}} = ((Z_{\text{БП.текущ.}} \times T_{\text{БП.текущ.}}) - (Z_{\text{БП.цел.}} \times T_{\text{БП.цел.}})) \times 3П_{\text{БП}} \div 60 \times 12, \quad (4)$$

где $O_{\text{труд.з.БП}}$ – оптимизация трудозатрат на выполнение операций в рамках анализируемого бизнес-процесса, руб.;

$Z_{\text{БП.текущ.}}$ – среднее количество операций в месяц в рамках анализируемого бизнес-процесса при первичном сборе данных, шт.;

$T_{\text{БП.текущ.}}$ – среднее время операции анализируемого бизнес-процесса при первичном сборе данных, мин.;

$Z_{\text{БП.цел.}}$ – среднее количество операций в месяц в рамках анализируемого бизнес-процесса при вторичном сборе данных, шт.;

$T_{\text{БП.цел.}}$ – среднее время операции анализируемого бизнес-процесса при вторичном сборе данных, мин.;

$3П_{\text{БП}}$ – почасовая ставка оплаты труда сотрудника с учетом премий и социальных отчислений, осуществляющего операции в анализируемом бизнес-процессе, руб./ч.

Этапы 3–3.1. После внедрения всех мероприятий, запланированных программой по оптимизации, необходимо рассчитать реальный экономический эффект от улучшений по формуле 5:

$$\mathcal{E}\Phi_{\text{реал.}} = (O_{\text{перс.}} + O_{\text{изд.}} + O_{\text{п.з.}}) - 3_{\text{п.о.}}, \quad (5)$$

где $\mathcal{E}\Phi_{\text{реал.}}$ – реальный экономический эффект, руб.;

$O_{\text{перс.}}$ – оптимизация персонала, задействованного в бизнес-процессе, руб./чел.;

$O_{\text{изд.}}$ – оптимизация издержек, связанных с объемом работ, руб./шт.;

$O_{\text{п.з.}}$ – оптимизация постоянных затрат в рамках бизнес-процесса, руб.;

$3_{\text{п.о.}}$ – затраты на проект по оптимизации, руб.

По формуле 6 можно найти неизвестную переменную «оптимизация персонала, задействованного в бизнес-процессе»:

$$O_{\text{перс.}} = (N_{\text{текущ.}} - N_{\text{цел.}}) \times 3П_{\text{год.}}, \quad (6)$$

где $O_{\text{перс.}}$ – оптимизация персонала, задействованного в бизнес-процессе, руб./чел.;

$N_{\text{текущ.}}$ – количество сотрудников, задействованных в реализации бизнес-процесса, при первичном сборе данных, чел.;

$N_{\text{цел.}}$ – количество сотрудников, задействованных в реализации бизнес-процесса, при вторичном сборе данных, чел.;

$3П_{\text{год.}}$ – годовая заработная плата одного сотрудника, задействованного в бизнес-процессе, с учетом премий и социальных отчислений в проекте по оптимизации.

Аналогично находятся все необходимые составляющие. Так, по формуле 7 определяется значение переменной «оптимизация издержек, связанных с объемом работ»:

$$O_{изд.} = ((X_{текущ.} \times M_{текущ.} \times P_{ТМЦ,текущ.}) - (X_{цел.} \times M_{цел.} \times P_{ТМЦ,цел.})) \times 12, \quad (7)$$

- где $O_{изд.}$ – оптимизация издержек, связанных с объемом работ, руб./шт.;
 $X_{текущ.}$ – значение первичных данных по количеству операций в бизнес-процессе за месяц, ед.;
 $M_{текущ.}$ – значение первичных данных по нормам потребления товарно-материальных ценностей в бизнес-процессе, шт./ед.;
 $P_{ТМЦ,текущ.}$ – цена товарно-материальных ценностей, используемых в рамках бизнес-процесса при первичном сборе данных, руб./шт.;
 $X_{цел.}$ – значение вторичных данных по количеству операций в бизнес-процессе за месяц, ед.;
 $M_{цел.}$ – значение вторичных данных по нормам потребления товарно-материальных ценностей в бизнес-процессе, шт./ед.;
 $P_{ТМЦ,цел.}$ – цена товарно-материальных ценностей, используемых в рамках бизнес-процесса при вторичном сборе данных, руб./шт.

По формуле 8 рассчитывается значение «оптимизации постоянных затрат в рамках бизнес-процесса»:

$$O_{п.з.} = Z_{текущ.} - Z_{цел.}, \quad (8)$$

- где $O_{п.з.}$ – оптимизация постоянных затрат в рамках бизнес-процесса, руб.;
 $Z_{текущ.}$ – затраты на товарно-материальные ценности при первичном сборе данных, руб.;
 $Z_{цел.}$ – затраты на товарно-материальные ценности при вторичном сборе данных, руб.

Благодаря представленным выше формулам, в результате оптимизации нескольких бизнес-процессов происходит экономия денежных средств, высвобождение собственных ресурсов, что позволяет без лишних вложений повысить экономическую эффективность деятельности. Если проект предполагает увеличение выручки, то более рационально рассчитать такой показатель, как производительность труда:

$$ПТ = \frac{В}{ССЧ.перс.}, \quad (9)$$

- где $ПТ$ – производительность труда, млн руб./чел.;
 $В$ – выручка за отчетный период;
 $ССЧ.перс.$ – среднесписочная численность персонала за отчетный период.

В данном случае можно проследить, каким образом оптимизация конкретных процессов, предполагающих увеличение выручки, может повлиять на устойчивость.

Этапы 4–5 проводятся организацией в соответствии с ее стратегиями развития и инвестиционными программами.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Основной результат исследования – созданный и апробированный на базе энергетического предприятия Ханты-Мансийского автономного округа – Югры механизм оптимизации обеспечивающих бизнес-процессов. Предлагаемый алгоритм, инструменты и расчеты адаптированы к потребностям электроэнергетических предприятий, где поддерживающие бизнес-процессы играют ключевую роль в обеспечении ресурсной базы. В связи с этим шаги по их совершенствованию обладают, в отличие от основных потоков, следующей спецификой:

1. Команда по оптимизации обладает автономностью. Для обеспечивающих бизнес-процессов достаточно провести опрос одного-двух держателей потока, тогда как для основных бизнес-процессов необходимы все сотрудники, участвующие в создании ценности, что увеличивает загрузку персонала.

2. Внедрение комплекса инструментов бережливого производства не нуждается в дополнительном финансировании (при необходимости финансирование легче запланировать). Между тем для оптимизации основных процессов зачастую необходимы значительные вложения, так как трансформаторные подстанции, линии передачи электрической энергии подвержены высокому износу.

3. Возникающий эффект «быстрой победы», то есть достижение реального результата за короткое время, снижает сопротивление к изменениям со стороны сотрудников.

4. Информационные потоки между участниками обеспечивающих бизнес-процессов можно проследить, минуя подробности их функционирования, что упрощает чтение карт потока создания ценности, в то время как для основных бизнес-процессов рекомендуется использовать стандартный способ картирования, чтобы выявить все причинно-следственные связи появления потерь.

Однако существует вероятность необъективного представления экономического эффекта. Риск связан с тем, что формула расчета производительности труда (9) может не отражать реальное положение предприятия, поскольку недобросовестные компании имеют возможность искусственно завышать данный показатель, сокращая численность сотрудников не из-за дальнейшей оптимизации, а для выравнивания значений производительности труда: при уменьшении количества персонала и оставлении выручки неизменной показатель станет выше, что может привести к ложному заключению о росте производительности труда на предприятии. Поэтому для минимизации фальсификации данных необходимо доработать методическую систему расчета экономической эффективности.

Сильной стороной исследования является то, что предлагаемый в нем механизм оптимизации гибок в плане использования инструментов бережливого производства в сравнении с некоторыми зарубежными практиками. Так, преподаватель-практик Намибийского университета науки и технологий М. Сони в своем исследовании обращает внимание на эффективность инструментов бережливого производства с точки зрения влияния на экономические показатели энергетического предприятия, однако он рассматривает работу

конкретного инструмента (КПСЦ) на примере реальных производственных кейсов, не предоставляя возможности аналогичным компаниям перенять позитивный опыт оптимизации (Sony, 2019). Другой пример: крупнейшая в Нидерландах электросетевая компания Stedin, отвечающая за распределение электроэнергии и газа в густонаселенном регионе Роттердама, столкнулась с необходимостью повышения операционной эффективности в связи с возрастающей конкуренцией. Внедрение лин-технологий компания Stedin начала еще в 2008 году, запустив программу SOE (Stedin Operational Excellence) (Bremer et al., 2024). В Швеции компания Vattenfall Eldistribution, которая занимается распределением электроэнергии в энергетическом секторе и обеспечивает электроэнергией более 900 тыс. предприятий, весьма активно внедряет инструменты бережливого производства. Она работает не только с традиционными источниками энергии – природным газом, нефтью, углем – но и с альтернативными: биомассой, водой и ветром (Maliszewska-Nienartowicz and Stefański, 2024).

С точки зрения исследования зарубежной практики внедрения бережливых технологий в рамках основных бизнес-процессов весьма значимым является опыт северных территорий. В частности, американский исследователь Г. Холдманн отмечает важность определения комплекса инструментов для повышения эффективности деятельности и снижения затрат в условиях турбулентной внешней среды (Holdmann et al., 2022). По его мнению, наиболее эффективными инструментами бережливого производства, учитывающими специфику деятельности энергетических предприятий Аляски, являются:

1) стандартные операционные процедуры (СОП) – для обслуживания дизельных генераторов, которые выступают в роли основного источника электроэнергии в отдаленных сельских поселениях;

2) 5 S– для оптимизации запасов запасных частей и расходных материалов на складах для дизельных генераторов с целью минимизировать затраты на хранение и транспортировку;

3) визуализация – для мониторинга состояния оборудования и планирования ремонтных работ.

Внедрение бережливого производства на сегодня является весьма серьезным средством повышения эффективности работы электросетевых компаний не только в России, но и за рубежом. Ключевые факторы успеха: высокий уровень вовлечения персонала, стандартизация процессов, внедрение визуальных инструментов и адаптация к суровому климату. Успешный иностранный опыт может быть весьма полезен для российских компаний в сфере электроэнергетики по причине сходства климатических условий. При этом рекомендуется адаптировать лучшие практики к своим внутренним условиям. Будучи стратегическим фактором развития электросетевых компаний, бережливое производство позволяет повысить эффективность работы, снизить затраты, оптимизировать логистику, повысить качество обслуживания клиентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей научно-исследовательской работе рассмотрены подходы к оптимизации обеспечивающих бизнес-процессов электросетевой компании при реализации цикла PDCA, бережливого управления и устойчивого развития. Освещен механизм оптимизации потоков создания ценности электросетевых компаний, формирования культуры бережливого производства. Обобщены теоретический материал и передовая мировая и отечественная практика совершенствования бизнес-процессов электросетевых компаний.

Работа позволила сделать следующие выводы:

1. Теоретическое обоснование и исследование мирового и отечественного опыта подтверждает применение инструментов бережливого производства в целях оптимизации бизнес-процессов, повышения операционной эффективности компании и производительности труда работников.

2. Механизм и инструменты оптимизации бизнес-процессов, предложенные в данном исследовании, позволят электросетевым компаниям значительно сократить время протекания процессов по каждому производственному процессу. Системная оптимизация бизнес-процессов, направленная на повышение культуры производства и осуществляемая с помощью современных технологий, методов и инструментов, может привести к повышению прибыли и укреплению конкурентных позиций на рынке.

3. Предлагаемое решение имеет особую значимость для системы государственного и муниципального управления, так как позволяет органам власти и подведомственным организациям повышать операционную эффективность энергетических предприятий, улучшать качество услуг для населения и обеспечивать выполнение государственных программ по развитию производительности труда и привлечению инвестиций в стратегически важные отрасли.

Научная новизна работы состоит в предложении усовершенствованного механизма оптимизации обеспечивающих бизнес-процессов, значительно влияющего на удобство определения потерь посредством картирования потока создания ценности с учетом требований Роскачества и бережливого управления.

Данное исследование может стать основой для изысканий в других направлениях: создание коробочных решений по повышению эффективности бизнес-процессов электросетевых компаний, поиск синергетических эффектов от совместного применения инструментов бережливого производства и цифровизации, увеличение инновационного потенциала электросетевых компаний, поиск эффективного взаимодействия с контрагентами с целью повышения уровня бережливой зрелости, применение технологий искусственного интеллекта для планирования инвестиционной и операционной деятельности и его внедрение в управленческие процессы компании.

Источником финансирования настоящей работы является АО «ЮТЭК – Региональные сети» Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Предлагаемый авторами механизм апробирован в результате научно-исследовательской работы, заказчиком которой выступало представленное акционерное общество.

Список источников

Акылбек уулу А. Процессный подход в модернизации системы менеджмента качества и управлении бизнес-процессами на электроэнергетических предприятиях России // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. 2023. Т. 22, № 3. С. 39–47. <https://doi.org/10.24182/2073-6258-2023-22-3-39-47>. EDN: EGTBFI.

Аладко О. И., Хайдукова Е. С. Синергетический эффект от применения цифровизации и бережливого производства в обеспечивающих бизнес-процессах электросетевых компаний // Экономика и предпринимательство. 2024. № 10. С. 969–972. <https://doi.org/10.34925/EIP.2024.171.10.175>. EDN: DKRMDJ.

Барсуков А. Ф., Гамова Н. А. Оптимизация обучения системе УИД сотрудников ООО «Газпромнефть-Хантос» посредством деловой имитационной игры // Молодежная наука Севера: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. Ханты-Мансийск: Югор. гос. ун-т, 2023. С. 744–751. EDN: IUCGVY.

Бирюкова А. И., Быкова Ю. В. Об использовании критериев Премии Правительства РФ в области качества для совершенствования деятельности организации // За качественное образование: материалы IV Всерос. форума (с междунар. участием). Саратов: Саратов. гос. мед. ун-т имени В. И. Разумовского, 2019. С. 88–94. EDN: VSNACB.

Гегель Г. В. Ф. Наука логики. М.: ЭКСМО, 2023. 161 с.

Горбунов Ю. В. О понятии «механизм» в экономических науках // Экономика. Профессия. Бизнес. 2018. № 2. С. 17–21. <https://doi.org/10.14258/201819>. EDN: UQULBE.

Григорян А. Т. Механика античности до наших дней. М.: Наука, 1974. 480 с.

Ермилина Д. А., Кузьмина Е. Ю. Концепция ценностного менеджмента в деятельности современной организации // Муниципальная академия. 2024. № 3. С. 248–255. https://doi.org/10.52176/2304831X_2024_03_248. EDN: ITCUAI.

Котляр К. А., Бабанова Ю. В., Антонян Р. С. Обоснование экономической эффективности внедрения бережливого производства // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. 2021. Т. 31, № 5. С. 813–819. <https://doi.org/10.35634/2412-9593-2021-31-5-813-819>. EDN: UUVPVF.

Куимова Г. М. Адаптивный механизм управления предприятием и имитационное моделирование // Объектные системы. 2010. № 1. С. 44–47. EDN: THDWFD.

Лункевич Н. М., Шагинян А. А. Разработка методики взаимодействия самооценки с планированием улучшений на основе цикла PDCA // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 41. С. 191–196. EDN: QASNNT.

Мартюшов В. Ф. Понятие «механизм» в контексте изучения социальных процессов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Философия. 2015. № 3. С. 94–103. EDN: VKFCAL.

Механизмы управления / В. Н. Бурков, И. В. Буркова, М. В. Губко [и др.]; под ред. Д. А. Новикова. М.: URSS, 2011. 192 с. EDN: RCIPMP.

Мясникова О. Ю. Развитие инструментов бережливого производства в системе менеджмента качества энергетических предприятий генерации тепловой и электрической энергии. М.: Рос. экон. ун-т имени Г. В. Плеханова, 2023. 220 с. EDN: NDEPIM.

Панова М. В., Жиделев И. А. Оптимизация деятельности промышленного предприятия с помощью диаграммы Ганта // Вектор экономики. 2024. № 4. Ст. № 27. 8 с. EDN: WYBWPQ.

Полубоярова А. А., Топников А. О. Дорожная карта, как способ стратегического планирования развития проекта // Наукосфера. 2023. № 4–1. С. 392–395. EDN: ZUDIHR.

Пучка О. В., Буряк Ю. Ю., Пучка Е. О. и др. Подготовка специалистов в сфере управления качеством на основе принципов бережливого управления // Содействие профессиональному становлению личности и трудоустройству молодых специалистов в современных условиях: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. Белгород: Изд-во БГТУ имени В. Г. Шухова, 2021. С. 335–339.

Хайдукова Е. С., Измодедова К. С., Ибракова А. Н. Стратегическое целеполагание развития бережливого управления в Российской Федерации // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2025. № 1. С. 60–69. <https://doi.org/10.26456/2219-1453/2025.1.060-069>. EDN: XFVBWU.

Чешев В. В. Техническое знание как объект методологического анализа. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1981. 194 с. EDN: VCOSGQ.

Эфендиев Б. А. Разработка и функционирование адаптивных систем управления организацией // Российское предпринимательство. 2008. № 11–1. С. 21–25. EDN: JXUNYZ.

Bløj M.-D., Moica S., Veres C. Lean Six Sigma in the energy service sector: A case study // Procedia Manufacturing. 2020. Vol. 46. P. 352–358. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.03.051>. EDN: XHVVHST.

Bremer L., den Nijs S., de Groot H. L. F. The energy efficiency gap and barriers to investments: Evidence from a firm survey in the Netherlands // Energy Economics. 2024. Vol. 133. Art. № 107498. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107498>. EDN: GEIOEF.

Chomiak-Orsa I., Martusewicz J. Creating good practice in effective sustainability management by implementing the EFQM model // Procedia Computer Science. 2023. Vol. 225. P. 3517–3526. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.347>. EDN: PJACWD.

Cimino A., Filice A. C., Longo F. et al. Evolution of BPMN and simulation integration: Trends, challenges, and future directions // Procedia Computer Science. 2025. Vol. 253. P. 3235–3246. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.02.048>. EDN: YPSCBB.

Ferrazzi M., Costa F., Frecassetti S. et al. Unlocking synergies in lean manufacturing for enhanced environmental performance: A cross-sector investigation through fuzzy DEMATEL // Cleaner Logistics and Supply Chain. 2025. Vol. 15. Art. № 100219. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2025.100219>. EDN: TIRJCW.

Holdmann G., Pride D., Poelzer G. et al. Critical pathways to renewable energy transitions in remote Alaska communities: A comparative analysis // Energy

Research & Social Science. 2022. Vol. 91. Art. № 102712. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102712>. EDN: GLMXRN.

Maliszewska-Nienartowicz J., Stefański O. Decentralisation versus centralisation in Swedish energy policy: The main challenges and drivers for the energy transition at the regional and local levels // *Energy Policy*. 2024. Vol. 188. Art. № 114105. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114105>. EDN: DBKGDB.

Reslan M., Triebe M. J., Venketesh R. et al. Automation of value stream mapping: A case study on enhancing lean manufacturing tools through digital twins // *Procedia CIRP*. 2025. Vol. 134. P. 455–460. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2025.02.159>. EDN: FVWRIX.

Sengupta G. Relevance of lean manufacturing for MSME sector // *International Journal of Management, IT & Engineering*. 2020. Vol. 10, № 5. P. 113–126.

Sony M. Lean Six Sigma in the power sector: Frog into prince // *Benchmarking: An International Journal*. 2019. Vol. 26, № 2. P. 356–370. <https://doi.org/10.1108/BIJ-10-2017-0276>.

Информация об авторах

К. С. Измоденова – соискатель степени кандидата экономических наук, преподаватель Центра образовательного инжиниринга ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», 628011, Россия, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16

SPIN-код (РИНЦ): 5400-2472

AuthorID (РИНЦ): 1223173

М. В. Цуркан – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры государственного управления ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Россия, г. Тверь, ул. Желябова, 33

SPIN-код (РИНЦ): 5438-8170

AuthorID (РИНЦ): 649375

Web of Science ResearcherID: AAU-7712-2020

Scopus Author ID: 57191415818

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 22.10.2025; одобрена после рецензирования 20.12.2025; принята к публикации 20.12.2025.

References

Akylbek, uulu A. (2023), “Process approach in the modernization of the quality management system and business process management at electric power enterprises in Russia”, *Scientific Notes of the Russian Academy of Entrepreneurship*, vol. 22, no. 3, pp. 39–47, <https://doi.org/10.24182/2073-6258-2023-22-3-39-47>, EDN: EGTBFI.

Aladko, O. I. and Khaidukova, E. S. (2024), "The synergistic effect of the application of digitalization and lean manufacturing in the business processes of electric grid companies", *Journal of Economy and Entrepreneurship*, no. 10, pp. 969–972, <https://doi.org/10.34925/EIP.2024.171.10.175>, EDN: DKRMDJ.

Barsukov, A. F. and Gamova, N. A. (2023), "Optimization of training on the employee system of Gazpromneft-Khantos LLC through a business simulation game", *Molodezhnaya nauka Severa: Materialy I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Youth science of the North: Proceedings of the I International scientific and practical conference], Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, pp. 744–751, EDN: IUCGVY.

Biryukova, A. I. and Bykova, Yu. V. (2019), "On the use of the Russian Government Quality Award criteria for improving organizational performance", *Za kachestvennoe obrazovanie: Materialy IV Vserossiiskogo foruma (s mezhdunarodnym uchastiem)* [For quality education: Proceedings of the IV All-Russian forum (with international participation)], Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky, Saratov, Russia, pp. 88–94, EDN: VSNACB.

Hegel, G. W. F. (2023), *Nauka logiki* [The science of logic], EKSMO, Moscow, Russia.

Gorbunov, Yu. V. (2018), "Towards the "mechanism" conception in economics", *Economics Profession Business*, no. 2, pp. 17–21, <https://doi.org/10.14258/201819>, EDN: UQULBE.

Grigoryan, A. T. (1974), *Mekhanika antichnosti do nashikh dney* [Mechanics from antiquity to the present day], Nauka, Moscow, Russia.

Ernilina, D. A. and Kuzmina, E. Yu. (2024) "The concept of value management in the activities of a modern organization", *Municipal Academy*, no. 3, pp. 248–255, https://doi.org/10.52176/2304831X_2024_03_248, EDN: ITCUAI.

Kotlyar, K., Babanova, Yu. and Antonyan, R. (2021), "Justification of economic efficiency of implementation of lean production", *Bulletin of Udmurt University. Series Economics and Law*, vol. 31, no. 5, pp. 813–819, <https://doi.org/10.35634/2412-9593-2021-31-5-813-819>, EDN: UUVPVF.

Kuimova, G. M. (2010), "Adaptive enterprise management mechanism and simulation modeling", *Ob"ektnye sistemy*, no. 1, pp. 44–47, EDN: THDWFD.

Lunkevich, N. M. and Shaginyan, A. A. (2013), "Development of a methodology for integrating self-assessment with improvement planning based on the PDCA cycle", *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, no. 41, pp. 191–196, EDN: QASNNT.

Martyushov, V. F. (2015), "The concept of "mechanisms" in the context of the study of social processes", *Herald of Tver State University. Series: Philosophy*, no. 3, pp. 94–103, EDN: VKFCAL.

Burkov, V. N., Burkova, I. V., Gubko, M. V. et al. (2011), *Mekhanizmy upravleniya* [Management mechanisms], URSS, Moscow, Russia, EDN: RCIPMP.

Myasnikova, O. Yu. (2023), *Razvitie instrumentov berezhlivogo proizvodstva v sisteme menedzhmenta kachestva energeticheskikh predpriyatiy generatsii teplovoy i elektricheskoy energii* [Development of lean production tools in the quality management system of energy enterprises generating thermal and electrical energy], Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia, EDN: NDEPIM.

Panova, M. V. and Zhidelev, I. A. (2024), "Optimization of industrial enterprise activity with the help of a diagram Ganta", *Vektor ekonomiki*, no. 4, art. no. 27, 8 p., EDN: WYBWPQ.

Poluboyarova, A. A. and Topnikov, A. O. (2023), "Roadmap as way to strategically plan the development of the project", *Naukosfera*, no. 4–1, pp. 392–395, EDN: ZUDIHR.

Puchka, O. V., Buryak, Yu. Yu., Puchka, E. O. et al. (2021), "Training of specialists in quality management based on lean management principles", *Sodeistvie professionalnomu stanovleniyu lichnosti i trudoustroystvu molodykh spetsialistov v sovremennykh usloviyakh: sbornik materialov XIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Promoting professional development and employment of young specialists in modern conditions: Proceedings of the XIII International scientific and practical conference], part 2, Publishing house of the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia, pp. 335–339.

Haidukova, E. S., Izmodenova, K. S. and Ibrakova, A. N. (2025), "Strategic goal setting for the development of lean management in the Russian Federation", *Bulletin of Tver State University. Series: Economy and Management*, no. 1, pp. 60–69, <https://doi.org/10.26456/2219-1453/2025.1.060-069>, EDN: XFVBWU.

Chechev, V. V. (1981), *Tekhnicheskoe znanie kak ob'ekt metodologicheskogo analiza* [Technical knowledge as an object of methodological analysis], Publishing house of the Tomsk State University, Tomsk, Russia, EDN: VCOSGQ.

Efendiev, B. A. (2008), "Development and functioning of adaptive management systems for organizations", *Russian Journal of Entrepreneurship*, no. 11–1, pp. 21–25, EDN: JXUNYZ.

Bloj, M.-D., Moica, S. and Veres, C. (2020), "Lean Six Sigma in the energy service sector: A case study", *Procedia Manufacturing*, vol. 46, pp. 352–358, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.03.051>, EDN: XHVVHST.

Bremer, L., den Nijs, S. and de Groot, H. L. F. (2024), "The energy efficiency gap and barriers to investments: Evidence from a firm survey in the Netherlands", *Energy Economics*, vol. 133, art. no. 107498, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107498>, EDN: GEIOEF.

Chomiak-Orsa, I. and Martusewicz, J. (2023), "Creating good practice in effective sustainability management by implementing the EFQM model", *Procedia Computer Science*, vol. 225, pp. 3517–3526, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.347>, EDN: PJACWD.

Cimino, A., Filice, A. C., Longo, F. et al. (2025), "Evolution of BPMN and simulation integration: Trends, challenges, and future directions", *Procedia Computer Science*, vol. 253, pp. 3235–3246, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.02.048>, EDN: YPSCBB.

Ferrazzi, M., Costa, F., Frecassetti, S. et al. (2025), "Unlocking synergies in lean manufacturing for enhanced environmental performance: A cross-sector investigation through fuzzy DEMATEL", *Cleaner Logistics and Supply Chain*, vol. 15, art. no. 100219, <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2025.100219>, EDN: TIRJCW.

Holdmann, G., Pride, D., Poelzer, G. et al. (2022), "Critical pathways to renewable energy transitions in remote Alaska communities: A comparative analysis", *Energy Research & Social Science*, vol. 91, art. no. 102712, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102712>, EDN: GLMXRN.

Maliszewska-Nienartowicz, J. and Stefański, O. (2024), “Decentralisation versus centralisation in Swedish energy policy: The main challenges and drivers for the energy transition at the regional and local levels”, *Energy Policy*, vol. 188, art. no. 114105, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114105>, EDN: DBKGDB.

Reslan, M., Triebe, M. J., Venketesh, R. et al. (2025), “Automation of value stream mapping: A case study on enhancing lean manufacturing tools through digital twins”, *Procedia CIRP*, vol. 134, pp. 455–460, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2025.02.159>, EDN: FVWRIX.

Sengupta, G. (2020), “Relevance of lean manufacturing for MSME sector”, *International Journal of Management, IT & Engineering*, vol. 10, no. 5, pp. 113–126.

Sony, M. (2019), “Lean Six Sigma in the power sector: Frog into prince”, *Benchmarking: An International Journal*, vol. 26, no. 2, pp. 356–370, <https://doi.org/10.1108/BIJ-10-2017-0276>.

Information about the authors

K. S. Izmodenova – Applicant for the Degree of Candidate of Economics, Lecturer at the Center for Educational Engineering, Ugra State University, 16 Chekhov str., Khanty-Mansiysk, 628011, Russia

SPIN code (RSCI): 5400-2472

Author ID (RSCI): 1223173

M. V. Tsurcan – Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Department of Public Administration, Tver State University, 33 Zhelyabov Str., 170100, Tver, Russia

SPIN code (RSCI): 5438-8170

Author ID (RSCI): 649375

Web of Science ResearcherID: AAU-7712-2020

Scopus Author ID: 57191415818

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interest.

The article was submitted on 22.10.2025; approved after reviewing 20.12.2025; accepted for publication 20.12.2025.