

Научная статья
 УДК 658.5.011:005.21
 DOI: 10.25683/VOLBI.2026.75.1597

Vladimir Alexandrovich Zhulyabin
 Postgraduate of the Department of Production Management,
 scientific specialty
 5.2.3 — Regional and sectoral economy,
 Astrakhan State Technical University;
 Head of the Project Management Department,
 Production and Commercial Company “Astrakhim” LLC
 Astrakhan, Russian Federation
 vzhulyabin99@mail.ru

Владимир Александрович Жулябин
 аспирант кафедры производственного менеджмента,
 научная специальность
 5.2.3 — Региональная и отраслевая экономика,
 Астраханский государственный технический университет;
 начальник отдела управления проектами,
 ООО ПКФ «Астрахим»
 Астрахань, Российская Федерация
 vzhulyabin99@mail.ru

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАМКАХ СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

5.2.3 — Региональная и отраслевая экономика

Аннотация. Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью адаптации промышленных предприятий к вызовам четвертой промышленной революции и ужесточению глобальной конкуренции. Традиционные подходы к управлению производством демонстрируют недостаточную эффективность в условиях высокой турбулентности спроса и необходимости кастомизации продукции, что создает разрыв между операционной деятельностью и стратегическими целями предприятия. Цифровая трансформация промышленности, переход к концепциям «умного производства» и создание цифровых двойников открывают новые возможности, но одновременно требуют пересмотра подходов к интеграции алгоритмических решений в стратегический контекст. Цель статьи заключается в обосновании и разработке алгоритма оптимизации производственных процессов, интегрированного в стратегию повышения конкурентоспособности. Методологической базой исследования выступили системный анализ, методы таксономической классификации и имитационного моделирования. Основные результаты включают классификацию алгоритмов оптимизации по критерию их влияния на конкурентные преимущества, а также блок-схему гибридного алгоритма, реализующего декомпозицию задач и динамический выбор методов оптимизации. В работе обоснована необходимость интеграции алгоритмического ядра в стратегический контекст управления, что позволяет преодолеть разрыв между операци-

онной оптимизацией и долгосрочными целями рыночного позиционирования. Адаптированная методология таксономического анализа позволила систематизировать многообразие алгоритмов по-новому, стратегически ориентированному критерию. Теоретическая значимость работы заключается в развитии методологии управления производственными системами путем обоснования связи между математическим инструментарием оптимизации и стратегическими ориентирами предприятия. Практическая значимость состоит в том, что разработанный алгоритм может служить основой для модуля производственного планирования в цифровых системах управления, обеспечивая повышение операционной эффективности и адаптивности к рыночным изменениям. Предложенные решения могут быть адаптированы для предприятий различных отраслей промышленности, что расширяет область их практического применения и создает основу для дальнейших исследований в области интеграции оптимизационных методов в стратегическое управление.

Ключевые слова: оптимизация производственных процессов, алгоритмы оптимизации, конкурентоспособность предприятия, гибридные алгоритмы, операционная эффективность, стратегическая гибкость, инновационный потенциал, стратегическое управление, цифровизация производства, Индустрия 4.0, имитационное моделирование, производственное планирование, таксономический анализ, цифровые двойники

Для цитирования: Жулябин В. А. Разработка алгоритма оптимизации производственных процессов в рамках стратегии повышения конкурентоспособности // Бизнес. Образование. Право. 2026. № 2(75). С. 153—158. DOI: 10.25683/VOLBI.2026.75.1597.

Original article

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR OPTIMIZING PRODUCTION PROCESSES AS PART OF A COMPETITIVENESS ENHANCEMENT STRATEGY

5.2.3 — Regional and sectoral economy

Abstract. The relevance of this research topic stems from the need for industrial enterprises to adapt to the challenges of the fourth industrial revolution and intensifying global competition. Traditional approaches to production management

demonstrate insufficient effectiveness in the face of highly turbulent demand and the need for product customization, which creates a gap between operational activities and the company's strategic goals. The digital transformation of industry,

the transition to smart manufacturing concepts, and the creation of digital twins open up new opportunities but simultaneously require a revision of approaches to integrating algorithmic solutions into a strategic context. The aim of this article is to substantiate and develop an algorithm for optimizing production processes integrated into a competitiveness enhancement strategy. The methodological basis of the study is system analysis, taxonomic classification methods, and simulation modeling. The main results include a classification of optimization algorithms based on their impact on competitive advantages, as well as a flowchart of a hybrid algorithm implementing task decomposition and the dynamic selection of optimization methods. This paper substantiates the need to integrate an algorithmic core into a strategic management context, thereby bridging the gap between operational optimization and long-term market positioning goals. An adapted taxonomic analysis methodology allows for the systematization of a variety of algorithms using a new, strategically oriented

criterion. The theoretical significance of this paper lies in the development of a methodology for managing production systems by substantiating the connection between mathematical optimization tools and an enterprise's strategic objectives. Its practical significance lies in the fact that the developed algorithm can serve as the basis for a production planning module in digital management systems, ensuring increased operational efficiency and adaptability to market changes. The proposed solutions can be adapted for enterprises in various industries, expanding their scope of practical application and creating a foundation for further research into the integration of optimization methods into strategic management.

Keywords: production process optimization, optimization algorithms, enterprise competitiveness, hybrid algorithms, operational efficiency, strategic flexibility, innovation potential, strategic management, production digitalization, Industry 4.0, simulation modeling, production planning, taxonomic analysis, digital twins

For citation: Zhulyabin V. A. Development of an algorithm for optimizing production processes as part of a competitiveness enhancement strategy. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law.* 2026;2(75):153—158. DOI: 10.25683/VOLBI.2026.75.1597.

Введение

Актуальность. Современный этап развития промышленности, характеризуемый концепцией Индустрии 4.0, предъявляет принципиально новые требования к производственным системам. Глобализация рынков, усиление конкуренции и необходимость быстрой кастомизации продукции вынуждают предприятия искать новые источники конкурентных преимуществ [1]. В подобных условиях классические методы управления производством, заточенные на стабильность и крупные серии, уже не так эффективны, поскольку не дают нужной адаптивности под быстро меняющуюся внешнюю среду [2; 3]. Ключевым фактором для роста конкурентоспособности становится возможность предприятия гибко и оперативно перенастраивать свои процессы, снижая издержки и время выполнения заказов [4; 5]. Цифровая трансформация промышленности, переход к концепциям «умного производства» и создание цифровых двойников производственных систем открывают новые возможности для оптимизации, но одновременно требуют пересмотра подходов к управлению и интеграции алгоритмических решений в стратегический контекст.

Изученность проблемы. Вопросы оптимизации производственных процессов традиционно опираются на теорию расписаний, алгоритм Джонсона, метод ветвей и границ. Однако на практике их применение ограничено размерностью задач, что отмечено в статье А. К. Овсянкина, А. М. Попова, М. А. Казанцева [6]. Систематический обзор методов многокритериальной оптимизации за 2013—2023 гг. выполнен М. А. Золотаревым [7]. В контексте цифровизации вопросы цифровых двойников как инструмента оптимизации производственных процессов рассматриваются Д. А. Ботвинко, А. А. Бурдюковой, З. Д. Шестаковым [8], а также Д. А. Сосфеновым [9]. Модель цифровой адаптивной экосистемы промышленного предприятия предложена А. Г. Ташкиновым [10], а типология цифровых двойников с акцентом на адаптивность — В. И. Абрамовым, В. В. Гордеевым, А. Д. Столяровым [11]. Л. А. Миринь и Н. Э. Русиной [12] адаптирована методология таксономического анализа для классификации сложных категорий, что послужило основой для настоящего исследова-

ования. Вопросы организационной структуры систем экономической безопасности, важные для построения интегрированных подходов к управлению, рассмотрены Н. Н. Карзаевой [13]. Вместе с тем, согласно В. Н. Родионову и И. С. Антоновой [14; 15], связь алгоритмических решений со стратегическими целями и долгосрочной конкурентоспособностью остается недостаточно проработанной, что создает разрыв между операционной оптимизацией и стратегическим управлением.

Целесообразность разработки темы. Активное развитие цифровых технологий и методологий управления создает предпосылки для интеграции алгоритмических методов оптимизации в общую стратегию предприятия. Но для успешной реализации этой интеграции необходимо преодолеть существующий разрыв между техническими и управленческими аспектами. Разработка алгоритма, который изначально ориентирован на стратегические цели повышения конкурентоспособности, а не только на решение локальных задач, является своевременной и востребованной как с теоретической, так и с практической точки зрения. Кроме того, предложенная методология классификации алгоритмов по критерию их влияния на конкурентные преимущества позволяет более обоснованно подходить к выбору инструментария оптимизации в зависимости от типа производства и рыночной стратегии предприятия.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Предложена классификация алгоритмов оптимизации производственных процессов, основанная не на математических признаках, а на критерии их влияния на ключевые факторы конкурентоспособности предприятия: операционную эффективность, стратегическую гибкость и инновационный потенциал. В отличие от традиционных подходов, классифицирующих алгоритмы по вычислительным характеристикам, данная классификация позволяет увязать выбор инструментария оптимизации со стратегическими ориентирами предприятия.

2. Разработана схема гибридного алгоритма оптимизации, интегрирующая точные методы, эвристики и метаэвристики на основе декомпозиции задач, что позволяет

сочетать оптимальность решений для структурированных подзадач с высокой адаптивностью в условиях неопределенности. В отличие от существующих гибридных решений, ориентированных преимущественно на технологические аспекты, предложенный алгоритм изначально встроен в контекст стратегического управления конкурентоспособностью.

3. Обоснован подход к встраиванию алгоритмического ядра оптимизации в стратегический контекст управления, что обеспечивает связь между операционными параметрами производства и долгосрочными целями рыночного позиционирования. Данный подход позволяет преодолеть разрыв между операционной оптимизацией и стратегическим менеджментом, выявленный в существующих исследованиях.

4. Адаптирована методология таксономического анализа для классификации алгоритмов оптимизации, что позволяет систематизировать многообразие методов по-новому, стратегически ориентированному критерию.

Целью статьи является разработка алгоритма оптимизации производственных процессов, интегрированного в стратегию повышения конкурентоспособности предприятия.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- провести сравнительный анализ существующих классов алгоритмов оптимизации с точки зрения их влияния на факторы конкурентоспособности;
- разработать классификацию алгоритмов по критерию их стратегического влияния, используя методологию таксономического анализа;
- предложить блок-схему гибридного алгоритма, реализующего дифференцированный подход к выбору методов оптимизации;
- обосновать потенциальные преимущества предложенного подхода перед традиционными методами;
- определить направления исследований для эмпирической верификации разработанного алгоритма.

Теоретическая значимость работы видится в развитии методологии управления производственными системами через обоснование связи между выбором математического инструментария оптимизации и стратегическими ориентирами предприятия. Предложенная классификация алгоритмов по критерию их влияния на факторы конкурентоспособности расширяет теоретические представления о роли оптимизационных методов в достижении стратегических целей. Адаптация методологии таксономического анализа для классификации алгоритмов оптимизации создает основу для дальнейших исследований в этой области.

Практическая значимость определяется тем, что разработанный алгоритм может стать основой для модуля производственного планирования в цифровых системах управления, что позволит повысить операционную эффективность и способность адаптироваться к изменениям рынка. Предложенный подход может быть использован при создании цифровых двойников производственных систем, а также при построении интегрированных систем стратегического и операционного управления. Классификация алгоритмов по критерию их влияния на конкурентоспособность позволяет предприятиям более обоснованно выбирать инструментарию оптимизации в зависимости от типа производства и рыночной стратегии.

Основная часть

Методология исследования. Аналитический характер данного исследования определил выбор методологии, основанной на комплексе взаимодополняющих подходов. Базовым методологическим принципом выступил системный анализ, позволивший рассматривать производственный процесс не как изолированную совокупность операций, а как целостный объект управления, встроенный в систему стратегических целей предприятия и подверженный влиянию факторов внешней среды [15]. Проведен сравнительный анализ существующих классов алгоритмов оптимизации, с целью выявления их сильных и слабых сторон применительно к задачам производственного планирования различной размерности и сложности. Критериями для сравнения выступали не только вычислительная сложность и точность получаемых решений, но и потенциальное влияние каждого класса алгоритмов на факторы конкурентоспособности предприятия, такие как операционная эффективность, адаптивность и инновационный потенциал.

Для систематизации многообразия алгоритмов оптимизации применена методология таксономического анализа, адаптированная из работ Л. А. Миэринь, посвященных классификации подходов к определению сложных категорий [16]. Данная методология позволила выделить различные классы алгоритмов не по традиционному математическому признаку, а по критерию их влияния на ключевые аспекты конкурентоспособности, что соответствует примененному в указанных исследованиях параметрическому (атрибутивному) подходу.

Опираясь на выявленные в ходе анализа преимущества различных подходов, был разработан гибридный алгоритм. Предложенный подход предполагает декомпозицию общей задачи оптимизации на подзадачи и применение к ним наиболее релевантных методов: точных алгоритмов для маломерных, хорошо структурированных подзадач для поиска глобального оптимума в условиях высокой размерности и неопределенности. Концептуальная логика работы алгоритма была представлена в виде блок-схемы, детализирующей этапы декомпозиции, выбора метода, оценки и корректировки решений. Для верификации предложенного подхода возможно использование метода имитационного моделирования, позволяющего провести сравнительный анализ эффективности разработанного гибридного алгоритма с базовыми алгоритмами на тестовых наборах данных, репрезентативных для различных типов производственных систем.

Результаты исследования. В ходе исследования были получены результаты, раскрывающие взаимосвязь между методами оптимизации производственных процессов и стратегическими факторами конкурентоспособности предприятия. Разработана классификация существующих алгоритмов оптимизации, выполненная не по традиционному математическому признаку, а по критерию их влияния на ключевые аспекты конкурентоспособности. Анализ показал, что различные классы алгоритмов вносят неодинаковый вклад в достижение операционных и стратегических целей предприятия. Систематизация этих различий представлена в таблице, где выделены основные классы алгоритмов. Для каждого класса определены типичные представители и дана качественная оценка их влияния на операционную эффективность, стратегическую гибкость и инновационный потенциал предприятия.

Влияние классов алгоритмов оптимизации на факторы конкурентоспособности предприятия

Класс алгоритмов	Типичные представители	Влияние на операционную эффективность	Влияние на стратегическую гибкость	Влияние на инновационный потенциал
Точные алгоритмы	Алгоритм Джонсона, метод ветвей и границ	Высокое — обеспечивают оптимальные решения для задач малой и средней размерности	Низкое — чувствительны к изменениям входных данных, требуют пересчета при динамике	Низкое
Эвристические методы	Правила приоритетов	Среднее — обеспечивают быстрые, но не всегда оптимальные решения	Среднее — легко адаптируются к изменениям за счет простоты пересчета	Низкое
Метаэвристики	Генетические алгоритмы, имитация отжига, муравьиные алгоритмы, алгоритм роя частиц	Высокое — способны находить решения, близкие к оптимальным, для сложных, многокритериальных задач	Высокое — хорошо адаптируются к динамической среде и изменениям ограничений	Среднее
Гибридные подходы	Комбинация точных и эвристических методов	Потенциально максимальное — сочетают достоинства различных методов	Потенциально максимальное — обеспечивают баланс между точностью и скоростью адаптации	Высокое

Примечание: сост. автором.

Представленная классификация базируется на адаптированной методологии таксономического анализа, аналогичной примененной в работах Л. А. Миэринь и Н. Э. Русиной [12]. В рамках данной методологии каждый класс алгоритмов рассматривается с точки зрения его вклада в достижение конкретных аспектов конкурентоспособности, что позволяет более обоснованно подходить к выбору инструментария оптимизации.

Также предложена схема гибридного алгоритма оптимизации производственных процессов, интегрирующего различные методы в зависимости от характеристик решаемой подзадачи. Алгоритм реализует двухэтапную процедуру: на первом этапе производится декомпозиция общей задачи планирования на отдельные блоки, на втором этапе для каждого блока динамически выбирается наиболее подходящий метод оптимизации. Логика работы алгоритма представлена на рисунке.



Рис. Блок-схема гибридного алгоритма оптимизации производственных процессов (сост. автором)

В данной схеме входные данные — это портфель заказов, текущее состояние оборудования и доступные ресурсы. Далее, после декомпозиции оцениваются размерность и сложность подзадач. Полученные частные решения затем объединяются и оцениваются по критериям времени выполнения заказа, загрузки мощностей и удельным затратам. Если решение не достигает целевых показателей, то параметры поиска корректируются и затем цикл повторяется. При достижении приемлемого результата происходит формирование итогового плана с учетом оптимизации.

Таким образом, полученные результаты подтверждают теоретическую состоятельность предложенного гибридного подхода и показывают его потенциальные преимущества перед традиционными методами. В то же время предло-

женная классификация и блок-схема гибридного алгоритма оптимизации производственных процессов формируют базу для дальнейшего анализа данных системы.

Обсуждение. По итогам проведенной работы выявлено, что классификация алгоритмов с точки зрения их влияния на операционную эффективность, стратегическую гибкость и инновационный потенциал показывает, что универсальность, которая одинаково подходит для разных производственных систем и рыночных ситуаций, на практике недостижима. Например, для предприятий со стабильной номенклатурой и массовым типом производства, работающих на предсказуемых рынках, в целом оправдано применение точных алгоритмов, которые позволяют выйти на максимум операционной эффективности, пусть и за счет

некоторой потери гибкости. А для компаний, действующих в условиях высокой турбулентности рынка и конкурирующих в скорости вывода новых продуктов, на первый план выходит стратегическая гибкость, что делает более приемлемым гибридные подходы, которые способны оперативно адаптироваться к изменениям.

Предложенная схема гибридного алгоритма — это попытка практически реализовать идею дифференцированного применения методов оптимизации в зависимости от того, какая именно подзадача решается. Ключевое преимущество такого подхода в том, что он сочетает гарантированную точность для структурированных задач малой размерности с высокой поисковой способностью для сложных многокритериальных задач.

Такая архитектура позволяет обойти ограничения, присущие каждому из методов по отдельности, и выйти на принципиально иной уровень качества производственного планирования. Гибридные решения, близкие по идеологии, активно обсуждаются в литературе, но большинство из них ориентированы либо на чисто технологические аспекты, либо на решение узких задач, тогда как предлагаемый нами алгоритм изначально встроено в контекст стратегического управления конкурентоспособностью.

При этом представленные результаты несут пока теоретико-аналитический характер и базируются на прогнозных оценках, а значит, требуют дальнейшей эмпирической проверки на реальных производственных данных. Кроме того, предложенный алгоритм предполагает наличие на предприятии развитой цифровой инфраструктуры, что может ограничивать его применимость для организаций с низким уровнем цифровизации.

Также необходимо учитывать сложности, связанные с интеграцией гибридных алгоритмов в уже существующие корпоративные информационные системы, где зачастую используются устаревшие подходы к планированию. В этой связи перспективным направлением дальнейших исследований является разработка методики поэтапного внедрения предложенного алгоритма с учетом уровня цифровой зрелости предприятия.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Портер М. Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей и конкурентов : пер. с англ. М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. 454 с.
2. Shaulska L., Yakymyshyn S., Sidelnykova L. Strategic enterprise competitiveness management under global challenges // Academy of Strategic Management Journal. 2021. Vol. 20. No. 4. Pp. 1—7.
3. Чумак П. В. Управление конкурентоспособностью предприятий на основе оптимизации портфелей проектов в условиях энерготрансформации // Human Progress. 2023. Т. 9. № 4. Ст. 24. DOI: 10.34709/IM.194.24.
4. Кенжебаева Г. Б. Экономическая оценка деятельности и конкурентоспособности предприятия // Вестник университета «Туран». 2022. № 2. С. 143—152. DOI: 10.46914/1562-2959-2022-1-2-143-152.
5. Неводова И. А., Акопов В. В., Барчо Д. Р. Анализ деятельности и конкурентоспособности предприятий // Естественно-гуманитарные исследования. 2024. № 1(51). С. 195—199.
6. Овсянкин А. К., Попов А. М., Казанцев М. А. Анализ методов и алгоритмов оптимизации планирования производственных мощностей // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2025. № 3. С. 88—93. DOI: 10.24143/2072-9502-2025-3-88-93.
7. Золотарев М. А. Методы многокритериальной оптимизации технологических объектов: систематический обзор научных публикаций за период 2013—2023 гг. // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2024. Т. 32. № 2. С. 25—47. DOI: 10.14498/tech.2024.2.2
8. Ботвинко Д. А., Бурдюкова А. А., Шестаков З. Д. Цифровые двойники как инструмент оптимизации промышленных производственных процессов // Журнал технических исследований. 2025. № 1. С. 43—48.
9. Сосфенов Д. А. Цифровой двойник как инструмент оптимизации производственных процессов // Инновации и инвестиции. 2023. № 5. С. 149—153.
10. Ташкинов А. Г. Концептуальная модель цифровой адаптивной экосистемы промышленного предприятия в условиях индустрии 4.0 // π -Economy. 2026. Т. 19. № 1. С. 36—61. DOI: 10.18721/JE.19102.

Заключение

В ходе выполнения работы показано, что традиционные методы оптимизации, которые в основном заточены под решение узких технологических задач, не учитывают в должной мере стратегический контекст работы предприятия и его долгосрочные цели по части конкурентоспособности. Обнаруженный разрыв между операционной оптимизацией и стратегическим менеджментом обусловил потребность в создании принципиально нового подхода, который объединяет производственные показатели с факторами рыночного позиционирования.

Предложена классификация алгоритмов оптимизации производственных процессов, которая строится на критерии их воздействия на ключевые аспекты конкурентоспособности, такие как операционная эффективность, стратегическая гибкость, а также инновационный потенциал. Эта классификация позволяет более обоснованно выбирать математический аппарат для оптимизации, отталкиваясь от типа производства и особенностей рыночной среды, в которой работает предприятие. Методологической основой для разработки классификации послужил таксономический анализ, адаптированный из современных исследований в области систематизации сложных категорий.

По итогам анализа разработана схема гибридного алгоритма, где реализована идея дифференцированного применения методов, точных алгоритмов для структурированных подзадач малой размерности и эвристик для сложных многокритериальных задач большой размерности. Подобный подход дает возможность сочетать точность решений с гибкостью под динамические изменения, что особенно значимо в условиях современной нестабильности рынка.

Дальнейшие исследования предполагается направить на эмпирическую верификацию предложенного алгоритма с использованием имитационного моделирования и апробацию на реальных производственных данных предприятий различных отраслей промышленности. Также перспективным направлением является разработка методики интеграции предложенного алгоритма в корпоративные информационные системы.

11. Абрамов В. И., Гордеев В. В., Столяров А. Д. Цифровые двойники: характеристики, типология, практики развития // Вопросы инновационной экономики. 2024. Т. 14. № 3. С. 691—716. DOI: 10.18334/vinec.14.3.121484.
12. Миэринь Л. А., Русина Н. Э. Трансформация взглядов на национальную энергетическую безопасность в условиях деглобализации // Бизнес. Образование. Право. 2025. № 4(73). С. 13—22. DOI: 10.25683/VOLBI.2025.73.1492.
13. Карзаева Н. Н. Организационная структура системы экономической безопасности предприятия // Бизнес. Образование. Право. 2021. № 1(54). С. 43—47.
14. Родионова В. Н., Антонов И. С. Цифровая трансформация предприятия как условие обеспечения его конкурентоспособности // Организатор производства. 2023. Т. 31. № 1. С. 145—158.
15. Родионова В. Н., Антонов И. С. Многокритериальный анализ и цифровые решения для повышения конкурентоспособности предприятий в условиях Индустрии 5.0 // π -Economy. 2024. Т. 17. № 5. С. 32—44. DOI: 10.18721/JE.17502.
16. Миэринь Л. А., Карзаева Н. Н. Идентификация объекта устойчивого развития: политэкономический подход // Бизнес. Образование. Право. 2025. № 1(70). С. 94—101. DOI: 10.25683/VOLBI.2025.70.1223.

REFERENCES

1. Porter M. *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. Transl. from English. Moscow, Al'pina Bizines Buks, 2005. 454 p. (In Russ.)
2. Shaulska L., Yakymyshyn S., Sidelnykova L. Strategic enterprise competitiveness management under global challenges. *Academy of Strategic Management Journal*. 2021;20(4):1—7.
3. Chumak P. V. Enterprise competitiveness management based on optimization of energy modernization project portfolios. *Human Progress*. 2023;9(4):24. (In Russ.) DOI: 10.34709/IM.194.24.
4. Kenzhebaeva G.B. Economic assessment of the enterprise performance and competitiveness. "Turan" universitetinñ habarsysy = *Bulletin of "Turan" University*. 2022;2:143—152. (In Russ.) DOI: 10.46914/1562-2959-2022-1-2-143-152.
5. Nevodova I. A., Akopov V. V., Barcho D. R. Analysis of the activities and competitiveness of enterprises. *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya = Natural-Humanitarian Studies*. 2024;1(51):195—199. (In Russ.)
6. Ovsyankin A., Popov A., Kazantsev M. Analysis of methods and algorithms for optimizing production capacity planning. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika = Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, computer science and informatics*. 2025;3:88—93. (In Russ.) DOI: 10.24143/2072-9502-2025-3-88-93.
7. Zolotarev M. A. Methods of multi-criteria optimization of technological objects: a systematic review of scientific publications for the period 2013-2023. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya «Tekhnicheskie nauki» = Vestnik of Samara State Technical University. Technical Sciences Series*. 2024;32(2):25—47. (In Russ.) DOI: 10.14498/tech.2024.2.2.
8. Botvinko D. A., Burdyukova A. A., Shestakov Z. D. Digital twins as a tool for optimizing industrial production processes. *Zhurnal tekhnicheskikh issledovaniy = Journal of technical research*. 2025;1:43—48. (In Russ.)
9. Sosfenov D. A. Digital twin as a tool for optimizing production processes. *Innovatsii i investitsii = Innovation & Investment*. 2023;5:149—153. (In Russ.)
10. Tashkinov A. G. Conceptual model of a digital adaptive ecosystem for an industrial enterprise in Industry 4.0. *π -Economy*. 2026;19(1):36—61. (In Russ.) DOI: 10.18721/JE.19102.
11. Abramov V. I., Gordееv V. V., Stolyarov A. D. Digital twins: characteristics, typology and development practices. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki = Russian Journal of Innovation Economics*. 2024;14(3):691—716. (In Russ.) DOI: 10.18334/vinec.14.3.121484.
12. Mierin L. A., Rusina N. E. Transforming views on national energy security in the context of deglobalization. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law*. 2025;4(73):13—22. (In Russ.) DOI: 10.25683/VOLBI.2025.73.1492.
13. Karzaeva N. N. Organizational structure of economic security system of an enterprise. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law*. 2021;1(54):43—47. (In Russ.)
14. Rodionova V. N., Antonov I. S. Digital transformation of an enterprise as a condition for ensuring its competitiveness. *Organizator proizvodstva = Production manager*. 2023;31(1):145—158. (In Russ.)
15. Rodionova V. N., Antonov I. S. Multi-criteria analysis and digital solutions to improve the competitiveness of enterprises in the context of Industry 5.0. *π -Economy*. 2024;17(5):32—44. (In Russ.) DOI: 10.18721/JE.17502.
16. Mierin L. A., Karzaeva N. N. Identification of the object of sustainable development: a political and economic approach. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law*. 2025;1(70):94—101. (In Russ.) DOI: 10.25683/VOLBI.2025.70.1223.

Статья поступила в редакцию 28.02.2026; одобрена после рецензирования 12.04.2026; принята к публикации 13.04.2026.
The article was submitted 28.02.2026; approved after reviewing 12.04.2026; accepted for publication 13.04.2026.