

Абрамов Виктор Иванович

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ

Попова Елена Владимировна

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ

Приоритеты цифровизации промышленных предприятий в экономике данных

Аннотация. Статья посвящена анализу и обоснованию ключевых приоритетов цифровизации промышленных предприятий в контексте стремительно развивающейся экономики данных. Определены ключевые приоритеты цифровизации: управление данными и аналитика, автоматизация и роботизация производственных процессов, интеграция цепочек создания стоимости, кибербезопасность и защита данных, а также развитие компетенций и изменение организационной культуры. Предложена методология выбора и оценки этих приоритетов, учитывающая экономическую целесообразность, технологическую реализуемость, стратегическое соответствие и влияние на конкурентоспособность. Приведены примеры успешной цифровизации ведущих мировых компаний, демонстрирующие практическую ценность и экономическую эффективность реализуемых подходов. Результаты исследования могут служить основой для формирования эффективных стратегий цифровизации на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: цифровизация промышленности, экономика данных, цифровые двойники, большие данные, искусственный интеллект, промышленный интернет вещей (IIoT), цифровая трансформация.

Abramov Viktor Ivanovich

National Research Nuclear University MEPhI

Popova Elena Vladimirovna

National Research Nuclear University MEPhI

Priorities of industrial enterprise digitalization in the data economy

Annotation. The article is devoted to the analysis and substantiation of key priorities for the digitalization of industrial enterprises in the context of the rapidly developing data economy. The key priorities of digitalization are identified: data management and analytics, automation and robotization of production processes, integration of value chains, cybersecurity and data protection, as well as the development of competencies and changes in organizational culture. A methodology for selecting and assessing these priorities is proposed, taking into account economic feasibility, technological feasibility, strategic alignment and impact on competitiveness. Examples of successful digitalization of leading global companies are given, demonstrating the practical value and economic efficiency of the approaches being implemented. The results of the study can serve as a basis for the formation of effective digitalization strategies at industrial enterprises.

Keywords: digitalization of industry, data economy, digital twins, big data, artificial intelligence, industrial Internet of Things (IIoT), digital transformation.

Введение

Современная мировая экономика переживает беспрецедентный период трансформации, движимый стремительным развитием цифровых технологий. В этом контексте промышленность, традиционно являющаяся локомотивом национального развития, сталкивается с острой необходимостью адаптации к новым реалиям. Ключевым фактором успеха в наступающей эпохе становится эффективное использование данных, что

формирует принципиально новую парадигму – экономику данных [1]. Эта новая экономическая модель, основанная на сборе, обработке, анализе и монетизации огромных объемов информации, диктует свои правила игры, вынуждая промышленные предприятия пересматривать устоявшиеся бизнес-процессы, стратегии управления и подходы к инновациям [3].

Несмотря на растущее понимание важности цифровизации в промышленном секторе существует недостаточная разработанность комплексных подходов к определению ключевых приоритетов в контексте экономики данных. Многие предприятия сталкиваются со сложностями в оценке необходимых инвестиций, прогнозировании потенциальных рисков и определении наиболее эффективных направлений внедрения цифровых решений [15]. Существующие исследования в области Индустрии 4.0, промышленного интернета вещей (IIoT) и больших данных зачастую фокусируются на отдельных технологических аспектах, оставляя за скобками целостную картину стратегического планирования и управленческих решений в условиях новой экономической реальности.

Целью данного исследования является определение и обоснование ключевых приоритетов цифровизации промышленных предприятий в условиях формирующейся экономики данных.

Результаты исследования

Современная промышленность находится на пороге глубоких изменений, обусловленных переходом к шестому технологическому укладу, и по мере того, как данные становятся центральным элементом промышленных операций, формируется новая экономическая парадигма – экономика данных. В этой модели данные рассматриваются не просто как информация, а как полноценный производственный ресурс, способный создавать добавленную стоимость и генерировать новые источники дохода [11]. Принципы экономики данных включают сбор и агрегацию данных из различных источников, их анализ для извлечения ценных знаний, создание новых услуг и продуктов на основе данных, а также монетизацию данных через различные бизнес-модели, включая продажу аналитических отчетов или предоставление доступа к данным [4]. Для промышленных предприятий это означает переход от традиционного фокуса на материальные активы к признанию ценности информационных активов, требующих эффективного управления и защиты.

Цифровизация предоставляет промышленным предприятиям множество возможностей, таких как повышение операционной эффективности за счет оптимизации использования ресурсов, сокращение времени простоя оборудования благодаря предиктивному обслуживанию, улучшение качества продукции через непрерывный мониторинг и анализ, а также сокращение издержек производства [6]. Кроме того, цифровые технологии открывают пути для создания новых продуктов и услуг, кастомизации предложений и разработки инновационных бизнес-моделей, например, "продукт как услуга" [13].

В условиях экономики данных промышленные предприятия должны сосредоточиться на нескольких ключевых приоритетах для успешной цифровой трансформации, и эти приоритеты не являются взаимоисключающими, а, напротив, тесно взаимосвязаны и синергетически усиливают друг друга (табл.1).

Таблица 1. Ключевые приоритеты цифровизации промышленных предприятий (составлено авторами на основе работ [2,3,6,7,10,11])

Приоритеты	Описание
Управление данными и аналитика	Основой любой цифровизации является эффективное управление данными, а промышленные предприятия генерируют колоссальные объемы информации от датчиков, станков, производственных линий и систем управления. Следовательно, создание централизованных платформ для сбора, хранения, обработки и агрегации больших данных

	становится первостепенной задачей и включает в себя разработку надежной инфраструктуры данных, внедрение систем управления базами данных и обеспечение качества данных. Использование этих данных для аналитики — следующий критически важный шаг, поскольку внедрение систем предиктивной аналитики позволяет прогнозировать отказы оборудования, оптимизировать график технического обслуживания и предотвращать дорогостоящие простои.
Автоматизация и роботизация производственных процессов	Интеграция передовых робототехнических систем, таких как коллаборативные роботы (коботы) и автономные мобильные роботы (AMR), позволяет автоматизировать рутинные, опасные или трудоемкие операции, высвобождая человеческие ресурсы для более сложных задач, при этом особое внимание следует уделить внедрению цифровых двойников – виртуальных копий физических объектов, процессов или целых производственных систем. Цифровые двойники позволяют моделировать и оптимизировать производственные линии, тестировать изменения в режиме реального времени без нарушения реального производства, а также прогнозировать поведение системы в различных условиях, что позволяет осуществлять поиск многокритериальных решений и приводит к значительному сокращению затрат на разработку и внедрение, а также к повышению гибкости и адаптивности производственных систем к меняющимся требованиям рынка.
Интеграция цепочек создания стоимости	Эффективная цифровизация выходит за рамки внутренних процессов предприятия и охватывает всю цепочку создания стоимости, что позволяет добиться сквозной прозрачности, оптимизировать запасы, сократить сроки доставки и повысить оперативность реакции на изменения спроса. Использование таких технологий, как блокчейн, может обеспечить прозрачность и отслеживаемость продукции на всех этапах, от поставщиков сырья до конечного потребителя. Внедрение сквозных цифровых процессов – от проектирования и разработки до производства, сбыта и послепродажного обслуживания (с помощью CRM-систем) – создает единое информационное пространство, что способствует развитию экосистем сотрудничества с партнерами, поставщиками и клиентами через цифровые платформы и позволяет совместно создавать ценность, обмениваться данными и оптимизировать совместные операции.
Кибербезопасность и защита данных	По мере увеличения количества подключенных устройств и объемов передаваемых данных, кибербезопасность становится одним из наиболее критичных приоритетов. Промышленные системы, такие как SCADA и АСУ ТП, становятся потенциальными мишенями для кибератак, что может привести к остановке производства, финансовым потерям и даже угрозе безопасности. Разработка и внедрение комплексных стратегий кибербезопасности абсолютно необходимы и это включает в себя защиту периметра сети, шифрование данных, регулярное тестирование на проникновение, обучение персонала и создание планов реагирования на инциденты. Обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности данных

	является не только технологической, но и юридической, а также репутационной задачей, требующей постоянного внимания и инвестиций.
Развитие компетенций и изменение организационной культуры	Технологии сами по себе не могут обеспечить цифровую трансформацию, и развитие компетенций персонала для работы с новыми цифровыми технологиями имеет жизненно важное значение и требует инвестиций в обучение и переквалификацию сотрудников, в том числе в области анализа данных, программирования, работы с ИИ и кибербезопасности. Параллельно необходимо формировать новую организационную культуру, которая будет способствовать инновациям, открытости к изменениям и готовности к экспериментированию, в том числе с использованием дистанционного управления. Создание цифровых команд, центров компетенций и межфункциональных проектных групп может стимулировать обмен знаниями и ускорить внедрение новых решений, а лидерство и активная поддержка со стороны высшего руководства являются ключевыми факторами успеха в этом направлении, поскольку они задают тон и демонстрируют приверженность цифровой трансформации.

Эффективная цифровизация промышленных предприятий требует не только понимания ключевых технологий, но и системного подхода к выбору и оценке приоритетных направлений. Разработка методологии, учитывающей как экономические выгоды, так и технологические и организационные аспекты, является залогом успешной реализации стратегии в условиях экономики данных. Выбор приоритетов цифровизации должен основываться на многокритериальном анализе, включающем ключевые критерии, представленные в табл.2.

Таблица 2. Базовые критерии выбора приоритетных направлений цифровизации (составлено авторами на основе [2,5,7, 8])

Критерии	Характеристики
Экономическая целесообразность (ROI, сокращение издержек, увеличение прибыли)	Это главный критерий, определяющий финансовую жизнеспособность цифровых инициатив
Технологическая реализуемость и зрелость	Важно оценивать не только востребованность технологии, но и ее текущую зрелость, доступность на рынке и уровень сложности интеграции в существующую инфраструктуру предприятия
Соответствие стратегическим целям предприятия	Любая цифровая инициатива должна быть тесно увязана с общей стратегией развития предприятия
Влияние на конкурентоспособность	Цифровизация должна способствовать усилению конкурентных преимуществ предприятия. Это может быть достигнуто за счет повышения скорости выхода на рынок, улучшения качества продукции, снижения затрат, повышения клиентоориентированности или создания уникальных ценностных предложений, основанных на данных
Риски и возможности	Необходимо провести комплексную оценку рисков, связанных с внедрением цифровых технологий (кибербезопасность, отказ систем, сопротивление

	персонала, нормативные барьеры), а также выявить потенциальные возможности, которые могут возникнуть в процессе трансформации (например, открытие новых ниш, формирование партнерств, развитие новых компетенций)
--	---

Оценка эффективности цифровизации требует комплексного подхода, сочетающего количественные и качественные методы (табл.3)

Таблица 3. Методы оценки эффективности цифровизации
(составлено авторами на основе [3,5,8])

Методы	Критерии	Описание
Количественные методы	Финансовые показатели	Расчет ROI, чистого дисконтированного дохода (NPV), внутренней нормы доходности (IRR), срока окупаемости
	Операционная эффективность	Измерение таких показателей, как сокращение времени производственного цикла, уменьшение количества брака, снижение энергопотребления, повышение коэффициента использования оборудования (OEE), оптимизация логистических затрат
	Показатели, связанные с данными	Объем собираемых и обрабатываемых данных, качество данных, скорость доступа к данным, количество инсайтов, полученных из анализа данных
Качественные методы	Удовлетворенность клиентов	Измерение удовлетворенности через опросы, анализ обратной связи, что может быть результатом более быстрой доставки, кастомизации продуктов или улучшенного сервиса, обеспеченного цифровыми решениями
	Инновационный потенциал	Оценка способности предприятия к внедрению новых продуктов, процессов или бизнес-моделей благодаря цифровизации
	Вовлеченность и компетенции персонала	Оценка уровня цифровой грамотности сотрудников, их вовлеченности в цифровые проекты и готовности к изменениям
	Репутация и бренд	Повышение имиджа компании как технологического лидера
Использование бенчмаркинга		Сравнение показателей цифровизации с лучшими практиками в отрасли или с конкурентами позволяет выявить области для улучшения и определить целевые показатели

После определения приоритетов и методов оценки необходимо разработать детальную дорожную карту цифровизации, которая является стратегическим документом, описывающим последовательность шагов, необходимых для реализации цифровой трансформации, включая этапы внедрения цифровых технологий, распределения ресурсов

и ответственности, мониторинга и корректировки стратегии, поскольку гибкость и адаптивность являются критически важными в быстро меняющейся экономике данных.

Для иллюстрации эффективности и практической реализации описанных приоритетов цифровизации в условиях экономики данных, рассмотрим несколько примеров из мировой практики промышленных предприятий, которые демонстрируют, как инвестиции в цифровые технологии приводят к существенным экономическим выгодам и укреплению конкурентных позиций.

Компания Siemens является одним из пионеров в области Индустрии 4.0 и активно использует концепцию цифрового двойника. На своем заводе по производству промышленных контроллеров в Амберге (Германия) Siemens внедрила полноценный цифровой двойник всего производственного процесса – от проектирования продукта до планирования производства и работы самой фабрики [14]. Каждая стадия производства постоянно отслеживается, а данные с тысяч датчиков, встроенных в оборудование, агрегируются и анализируются в реальном времени, что позволяет создать точную виртуальную модель производственного процесса. Благодаря предиктивной аналитике система способна прогнозировать потенциальные неисправности оборудования, что позволяет проводить обслуживание до возникновения поломок, минимизируя простои [14]. В результате завод в Амберге достиг уровня автоматизации около 75% и значительно повысил качество продукции, что не только снизило производственные затраты, но и значительно увеличило гибкость производства, позволяя выпускать более 1300 различных видов продукции [14]. Инвестиции в цифровые технологии также привели к сокращению времени выхода новых продуктов на рынок.

Компания Bosch активно внедряет цифровые решения на своих производственных площадках, превращая их в "умные фабрики", а также предлагает эти решения другим промышленным предприятиям [12]. Компания использует интегрированные подходы, сочетая автоматизацию производства, роботизацию, ИИ для контроля качества и IoT для мониторинга процессов, при этом особое внимание уделяется сквозной цифровизации, позволяющей обмениваться данными между различными участками производства и с внешними партнерами. Благодаря цифровизации компания Bosch достигает значительного повышения эффективности, снижения производственных затрат и повышения гибкости, а также успешно монетизирует свой опыт, предлагая другим предприятиям готовые решения для цифровой трансформации, включая программное обеспечение и консультационные услуги [12].

Представленные примеры демонстрируют, что успешная цифровизация промышленных предприятий характеризуется комплексным подходом, ориентацией на данные, фокусом на экономическую выгоду, стратегическим партнерством и инвестициями в компетенции. Это подтверждает, что цифровизация - это не просто модный тренд, а стратегическая необходимость для сохранения и усиления конкурентоспособности промышленных предприятий в условиях глобальной экономики данных.

Выводы

Проведенное исследование демонстрирует, что цифровизация промышленных предприятий является не просто технологическим трендом, а стратегической необходимостью для сохранения и усиления конкурентоспособности в условиях динамично развивающейся экономики данных. Показано, что концепция экономики данных переворачивает традиционные представления о ценности активов, превращая данные в ключевой производственный ресурс и источник конкурентных преимуществ. В ходе исследования были определены ключевые приоритеты цифровизации промышленных предприятий: управление данными и аналитика как фундамент для принятия обоснованных решений и извлечения ценности из информации; автоматизация и роботизация производственных процессов для повышения эффективности, точности и гибкости производства; интеграция цепочек создания стоимости для оптимизации взаимодействия с партнерами и клиентами и создания сквозных цифровых процессов; кибербезопасность и

защита данных, как необходимый критически важный аспект для обеспечения устойчивости и доверия в цифровой среде; развитие компетенций и изменение организационной культуры, поскольку человеческий фактор является главным двигателем и условием успеха трансформации.

Методология выбора и оценки приоритетов, основанная на экономических, технологических и стратегических критериях, позволит предприятиям систематизировать процесс принятия решений и разрабатывать реалистичные дорожные карты цифровизации, что было показано на примерах успешных мировых лидеров.

Список источников

1. Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства». URL: <https://digital.gov.ru/target/naczionalnyj-proekt-ekonomika-dannyh-i-czifrovaya-transformacziya-gosudarstva> (дата обращения: 25.06.2025).
2. Абрамов А.В., Столяров А.Д., Абрамов В.И. Инновационные подходы к взаимодействию с клиентами на базе генеративного искусственного интеллекта // Beneficium. 2025. № 2(55). С. 77-85. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2025.2(55).77-85
3. Абрамов В.И., Гордеев В.В., Столяров А.Д. Цифровая трансформация промышленных предприятий в цифровые бизнес-экосистемы: структурные компоненты и практические аспекты реализации // Фундаментальные исследования. 2024. № 9. С. 78-85. DOI 10.17513/fr.43680. EDN EFIZBI.
4. Абрамов В. И., Жакин А. К. Цифровизация логистических процессов предприятий в экономике данных: вызовы, инструменты, финансовые и организационные эффекты // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. № 2. Т. 5. С. 156–168; <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.02.05.017>– EDN WFECKP.
5. Актуальные проблемы бухгалтерского учета, аудита и анализа в современных условиях: Монография (научное издание) / Н. Н. Бондина, С. Н. Алексеева, А. А. Косолапкина [и др.]. Пенза: ПГАУ, 2025. 349 с. ISBN 978-5-00196-334-9. EDN IETCMK.
6. Жарасов Б.С., Абрамов В.И. Цифровые двойники в управлении производством: принципы создания, проблемы внедрения и перспективы развития. // Современная экономика: проблемы и решения. 2024. № 6(174). С. 80-94. DOI 10.17308/meps/2078-9017/2024/6/80-94. EDN WCDNVP.
7. Концептуальная модель цифровой системы аналитической поддержки дистанционного управления персоналом организации / В. И. Абрамов, И. В. Абрамов, К. В. Поливанов, К. Ю. Семенов // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13, № 7. С. 2341-2352. DOI 10.18334/ep.13.7.118326. EDN GWCEGE.
8. Развитие экономических систем: теория, методология, практика: монография (научное издание) / ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», АНО ВО Самарский университет государственного управления «Международный институт рынка» [и др]; под. ред. Б.Н. Герасимова. Пенза: ПГАУ, 2024. 275 с
9. Столяров А.Д., Абрамов А.В., Абрамов В.И. Генеративный искусственный интеллект для инноваций бизнес-моделей: возможности и ограничения // Beneficium. 2024. № 3(52). С. 43-51. DOI 10.34680/BENEFICIUM.2024.3(52).43-51. EDN ZUMXEJ.
10. Столяров А. Д., Гордеев В.В., Абрамов В.И. Методика поиска многокритериальных решений на основе цифровых двойников // Экономика и управление. 2023. Т. 29, № 7. С. 851-858. DOI 10.35854/1998-1627-2023-7-851-858. EDN BWERQI.
11. Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity / Manyika J., Chui M., Brown B., Bughin J. et al. McKinsey Global Institute. 2011. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation> (дата обращения: 25.06.2025).
12. Bosch Global. The connected factory - Industry 4.0. URL: <https://www.bosch.com/stories/the-connected-factory/> (дата обращения: 25.06.2025).

13. Porter M. E., Heppelmann J. E. How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. Harvard Business Review. 2014. 92(11), 64-88. URL: <https://hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition> (дата обращения: 25.06.2025).

14. Siemens. Digital transformation: Leading by example. URL: <https://www.siemens.com/global/en/company/stories/industry/electronics-digitalenterprise-futuretechnologies.html> (дата обращения: 25.06.2025).

15. Wiles J. How Executives Can Drive Business Resilience, Growth and Profits in 2023. Gartner. URL: <https://www.gartner.com/en/articles/how-executives-can-drive-business-resilience-growth-and-profits-in-2023> (дата обращения: 25.06.2025).

Сведения об авторах

Абрамов Виктор Иванович, д.э.н., профессор кафедры «Управление бизнес-проектами» факультета бизнес-информатики и управления комплексными системами, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ», г. Москва, Россия

Попова Елена Владимировна, магистрант факультета бизнес-информатики и управления комплексными системами, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ», г. Москва, Россия

Information about the authors

Abramov Viktor Ivanovich, Doctor of Economics, Professor of the Department of Business Project Management, Faculty of Business Informatics and Complex Systems Management, National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia

Popova Elena Vladimirovna, Master's student, Faculty of Business Informatics and Complex Systems Management, National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia