

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

DIGITAL TRANSFORMATION AND AUTOMATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF THE NATIONAL ECONOMY

A. Goncharov
A. Korotkij

Summary. In recent years, one of the most relevant trends in the national economy has been digital transformation, which has affected enterprises in all sectors, including industry. With the support of the state, programs are being implemented in the field of digitalization of industrial enterprises in order to increase their competitiveness, both in the external and domestic markets, as well as, as a result, increase the competitiveness of the entire Russian economy. The article examines the concept of digital transformation of industrial enterprises, modern methods of digitalization and automation of industrial enterprises, features of digitalization of industrial enterprises in Russia, identifies problems and prospects of digital transformation of industrial enterprises in Russia. The paper considers such methods of automation of industrial enterprises as process control and management, robotics, production management information systems (MES, ERP), enterprise management systems (PLM), real-time data collection and production process management systems (SCADA and HMI), automatic identification systems, data analysis and Big Data., the concept of «smart manufacturing» combining physical and digital technologies (Internet of Things (IoT), cloud technologies, artificial intelligence (AI) and machine learning) to create automated and self-organizing systems, digital twins, energy management, additive manufacturing (3D printing), platforms for collaboration and remote work. Digitalization of industrial enterprises requires an integrated approach, including strategy development, selection of appropriate technologies, adaptation of business processes and staff training.

Keywords: digital transformation, digitalization, automation, digitalization of industry, automation of industry, digital technologies.

Гончаров Андрей Витальевич

Кандидат технических наук, доцент,
Московский государственный университет технологий
и управления имени К.Г. Разумовского
a.goncharov@mgutm.ru

Короткий Андрей Александрович

Старший преподаватель, Московский государственный
университет технологий и управления
имени К.Г. Разумовского
a.korotky@mgutm.ru

Аннотация. В последние годы одной из наиболее актуальных тенденций национальной экономики является цифровая трансформация, которая отразилась на предприятиях всех отраслей, в том числе и промышленности. При поддержке государства реализуются программы в области цифровизации промышленных предприятий [1, 2] с целью повышения их конкурентоспособности, как на внешнем, так и внутреннем рынке, а так же, как следствие, повышения конкурентоспособности всей российской экономики. В статье рассмотрено понятие цифровой трансформации промышленных предприятий, современные способы цифровизации и автоматизации промышленных предприятий в России, выявлены проблемы и перспективы цифровой трансформации промышленных предприятий в России. В работе рассмотрены такие способы автоматизации промышленных предприятий, как контроль и управление процессами, робототехника, информационные системы управления производством (MES, ERP), системы управления предприятиями (PLM), системы сбора данных и управления производственными процессами в реальном времени (SCADA и HMI), системы автоматической идентификации, анализ данных и Big Data., концепция «умного производства», объединяющая физические и цифровые технологии (Интернет вещей (IoT), облачные технологии, искусственный интеллект (AI) и машинное обучение) для создания автоматизированных и самоорганизующихся систем, цифровые двойники, энергоменеджмент, аддитивное производство (3D печать), платформы для сотрудничества и удаленной работы. Цифровизация промышленных предприятий требует комплексного подхода, включающего в себя разработку стратегии, подбор подходящих технологий, адаптацию бизнес-процессов и обучение персонала.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровизация, автоматизация, цифровизация промышленности, автоматизация промышленности, цифровые технологии.

Цифровая трансформация промышленных предприятий является ключевым фактором повышения их конкурентоспособности в современных условиях. Россия, как страна с развитой промышленной базой, сталкивается с рядом проблем в процессе внедрения цифровых технологий, но в то же время имеет значительные перспективы в данной области.

Обзор источников [2, 5, 6, 8, 9, 10] показал, что под цифровой трансформацией промышленных предприятий следует понимать процесс внедрения цифровых технологий во все аспекты деятельности промышленного предприятия с целью ее оптимизации, а также предоставления дополнительной ценности клиентам. Это глубокое преобразование может включать в себя следующие аспекты [2, 4, 5, 7].

1. Автоматизация производства — это использование роботов, систем управления (например, MES — Manufacturing Execution Systems), IoT (Интернет вещей) для сбора данных в реальном времени, что позволяет автоматизировать производственные процессы и увеличить их эффективность.
2. Интеллектуальное производство — это внедрение технологий, таких как машинное обучение и искусственный интеллект, для анализа больших данных (big data), прогнозирования технического обслуживания оборудования и оптимизации цепочек поставок.
3. Цифровая интеграция — это создание интегрированных систем, которые соединяют различные функциональные области предприятия, от снабжения до производства и дистрибуции, для обеспечения бесперебойной передачи данных и информации.
4. Применение концепций четвертой промышленной революции Индустрия 4.0, включая киберфизические системы, интернет вещей, облачные вычисления и когнитивные вычисления для создания более гибких и адаптивных производственных систем.
5. Цифровые двойники — это создание виртуальных копий физических объектов или систем, что позволяет протестировать изменения и оптимизацию в виртуальном пространстве перед тем, как применить их в реальной среде.
6. Удаленное управление и мониторинг — это развертывание систем для удаленного мониторинга и управления производственными процессами, что может снизить необходимость в постоянном физическом присутствии персонала на производственных площадках.
7. Персонализация продукции — это использование цифровых технологий для создания индивидуализированных продуктов, что позволяет предприятиям быстро адаптироваться к меняющимся требованиям клиентов.
8. Обучение и развитие персонала — это внедрение цифровых инструментов для обучения сотрудников, включая виртуальную и дополненную реальность, для повышения их компетенций и эффективности работы.

Наиболее распространенным и требующим большего внимания способом цифровизации промышленных предприятий является автоматизация производственных и других процессов.

Автоматизация промышленных предприятий — это применение различных технологических решений и компьютерных систем для управления производственными процессами с минимальным участием человека,

что приводит к повышению эффективности производства и улучшению качества продукции [4, 7]. Существуют следующие способы автоматизации промышленных предприятий [3, 4, 5, 12]:

1. Контроль и управление процессами. Процессный контроль подразумевает использование датчиков, контроллеров и исполнительных механизмов для автоматического управления различными параметрами производства. Они способны контролировать машины и процессы, реагируя на различные входные сигналы и выполняя заранее заданные инструкции для управления выходными устройствами.
2. Робототехника. Роботы широко используются во всех отраслях промышленности для автоматизации повторяющихся и опасных задач, таких как сварка, покраска, сборка, упаковка и погрузочно-разгрузочные работы. Они повышают производительность и снижают вероятность ошибок и травматизма.
3. Информационные системы управления производством (MES, ERP) позволяют интегрировать все уровни управления предприятием от планирования производства до контроля качества и учета финансов. Эти системы обеспечивают управление производственными процессами в реальном времени, отслеживание эффективности оборудования, качества продукции, управление материалами и рабочей силой.
4. SCADA и HMI системы — системы сбора данных и управления производственными процессами в реальном времени, позволяющие операторам отслеживать и вмешиваться в процесс через графические интерфейсы. Они позволяют операторам наблюдать за процессами в реальном времени и управлять ими из централизованных контрольных комнат.
5. Системы управления предприятиями (PLM) — технологии для управления всем жизненным циклом продукта, от концепции до вывода из эксплуатации.
6. Системы автоматической идентификации включают в себя технологии штрихкодирования, радиочастотную идентификацию (RFID) для отслеживания материалов, полуфабрикатов и готовой продукции на складах и на производстве.
7. Анализ данных и Big Data. Применение аналитических методов и алгоритмов обработки больших данных позволяет оптимизировать процессы, предугадывать обслуживание оборудования и повышать качество продукции. С помощью данных технологий возможно выявление скрытых закономерностей, прогнозирование трендов и поддержка принятия обоснованных решений.
8. Концепция «умного производства», объединяющая физические и цифровые технологии, такие как Интернет вещей (IoT), облачные технологии,

искусственный интеллект (AI) и машинное обучение для создания автоматизированных и самоорганизующихся систем. Соединение производственного оборудования с интернетом позволяет собирать большое количество данных, которые могут быть использованы для анализа и оптимизации процессов. IoT также позволяет реализовать концепцию «умного завода» с высокой степенью автоматизации и самоорганизации производственных процессов. Облачные технологии позволяют осуществлять перемещение данных и производственных приложений в облако для обеспечения гибкости, масштабируемости и сокращения затрат на инфраструктуру. Алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения применяются для анализа данных, прогнозирования отказов оборудования, оптимизации процессов и управления качеством [7, 12].

9. Цифровые двойники — создание виртуальных копий физических объектов или систем для симуляции, анализа и оптимизации производственных процессов. Виртуальные копии физических систем позволяют моделировать и анализировать производственные процессы в цифровой форме перед их реализацией в реальности, что способствует более эффективному планированию и сокращению рисков [3].
10. Энергоменеджмент на основе интеграции систем автоматизации с системами энергосбережения и контроля потребления энергоресурсов.
11. Аддитивное производство (3D печать) используется для быстрого создания прототипов, а также

для производства готовых изделий или их частей с высокой точностью и сложностью форм. 3D печать применяется для создания сложных компонентов с высокой степенью персонализации, сокращения запасов и оптимизации логистики.

12. Платформы для сотрудничества и удаленной работы включают в себя внедрение инструментов для совместной работы и удаленного доступа к производственным системам, что особенно важно в условиях глобализации и распределенных команд.

При этом следует отметить, что автоматизация может затрагивать различные уровни предприятия, от производственных линий до стратегического планирования, и может быть реализована в рамках широкого спектра проектов — от мелкомасштабных задач, касающихся одного рабочего места, до масштабных систем, охватывающих все аспекты предприятия. Эффективность автоматизации зависит от качества используемых технологий, компетенций персонала и грамотного подхода к интеграции систем.

Автоматизация промышленных предприятий в России имеет ряд особенностей, обусловленных историческими, экономическими и технологическими факторами.

Во-первых, особенности автоматизации промышленных предприятий обусловлены отраслевой спецификой. Российская промышленность включает разнообразные отрасли, такие как нефтегазовая, металлургическая, химическая, машиностроительная, энергетическая и дру-



Рис. 1. Особенности автоматизации промышленных предприятий в России

Источник: составлено автором

гие. Каждая отрасль имеет свои требования к автоматизации, что определяет выбор технологий и подходов.

Исходный уровень автоматизации также определяет особенности автоматизации российских предприятий. В целом, российская промышленность испытывает некоторое отставание от ведущих мировых тенденций в области автоматизации из-за ограничений в инвестициях и доступе к современным технологиям. Однако в последние годы наблюдается тенденция к ускорению внедрения инноваций.

Также особенности автоматизации промышленных предприятий в России обусловлены происходящими в последние годы процессами импортозамещения. В ответ на санкции и стремление к снижению зависимости от импорта промышленного оборудования, в России активно развивается производство отечественных технологий в области автоматизации [10, 11].

Однако большинство российских промышленных предприятий имеют долгую историю и используют оборудование, введенное в эксплуатацию еще в советские времена. Интеграция новых систем автоматизации с устаревшим оборудованием может представлять собой сложную задачу. Кроме того, в условиях экономических трудностей многие российские предприятия имеют проблемы с получением финансирования на модернизацию и автоматизацию производства. Вместе с тем, несмотря на развитие профессионального образования и подготовки специалистов в области автоматизации, российским предприятиям зачастую крайне сложно найти высококвалифицированных сотрудников для работы с современными автоматизированными системами. Нехватка специалистов, способных работать в условиях цифровой экономики, затрудняет процесс трансформации [11].

Следовательно, автоматизация промышленности в России продолжает развиваться, а промышленные предприятия ищут пути оптимизации своих процессов в условиях национальной экономики. Поэтому цифровизация промышленных предприятий в России имеет положительные перспективы, что обусловлено следующими факторами.

Российское правительство предпринимает шаги по поддержке цифровой трансформации промышленности, в том числе через создание специальных экономических зон и предоставление налоговых льгот. Продолжается активное развертывание широкополосного интернета и модернизация телекоммуникационных сетей, что создает основу для эффективного внедрения цифровых технологий на производстве [2]. Российские компании все чаще становятся участниками международных промышленных и технологических проектов, что способствует обмену опытом и технологиями.

Развитие образовательных программ, направленных на подготовку кадров для цифровой экономики, помогает решить проблему дефицита квалифицированных специалистов. Формирование инновационных кластеров и технопарков способствует концентрации усилий предприятий, научных организаций и образовательных учреждений в области разработки и внедрения новых технологий. Развитие цифровых технологий в таких сферах, как логистика, финансы и маркетинг, создает дополнительные возможности для оптимизации производственных процессов.

Таким образом, цифровая трансформация может привести к значительному увеличению эффективности, сокращению затрат и улучшению качества продукции промышленного предприятия. Однако это требует значительных инвестиций в технологии, обучение персонала, изменение корпоративной культуры и переосмысление бизнес-процессов. Цифровизация промышленных предприятий требует комплексного подхода, включающего в себя разработку стратегии, подбор подходящих технологий, адаптацию бизнес-процессов и обучение персонала. Это позволяет предприятиям не только повысить эффективность, но и создать основу для инноваций и дальнейшего развития. Цифровая трансформация промышленных предприятий в России сталкивается с рядом серьезных проблем, однако перспективы данного процесса остаются весьма обнадеживающими. С учетом поддержки со стороны государства, развития инфраструктуры и образовательных инициатив, российская промышленность имеет все шансы успешно адаптироваться к требованиям цифровой экономики. Важным фактором успеха является также сотрудничество предприятий с международными партнерами и интеграция в глобальные цепочки создания ценности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 // СЗ РФ. 2017. № 20. Ст. 2901 «Об утверждении Стратегии развития информационного общества в РФ на 2017-2030 годы».
2. Протокол заседания президиума Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7 «Об утверждении Паспорта Национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации».
3. Арифалин, Н.А. Технология «цифровых двойников» и ее применение в процессе автоматизации основных процессов промышленного предприятия // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». — 2022. — №1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-tsifrovyyh-dvoynikov-i-ee-primeneniye-v-protseste-avtomatizatsii-osnovnyh-protsessov-promyshlennogo-predpriyatiya> (дата обращения: 17.02.2024).

4. Бояркин, А. Автоматизация в промышленности: технологии, виды, этапы внедрения. — URL: <https://sales-generator.ru/blog/avtomatizatsiya-v-promyshlennosti/?ysclid=Isp37uo7r683827715> (дата обращения: 17.02.2024).
5. Капустин, Д.А. Современные технологии цифровой трансформации // Вестник науки и образования. — 2022. — №4. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tehnologii-tsifrovoy-transformatsii>(дата обращения: 17.02.2024).
6. Китова, О.В., Брускин С.Н. Цифровая трансформация бизнеса // Цифровая экономика. — 2018. — №2. — С. 20–22.
7. Романов И.Г., Трушин Н.Н. Проблемы и перспективы автоматизированного проектирования в производственных процессах // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2023. — №1. — С. 448–452.
8. Саматова, А.И. Цифровая трансформация деятельности промышленных предприятий / А.И. Саматова, А.В. Михайловская // Коммуникации. Общество. Духовность — 2023: Материалы XVIII Международной научно-практической конференции, Ухта, 18–19 мая 2023 года. — Ухта: Ухтинский государственный технический университет, 2023. — С. 370–374.
9. Сатунин, А. Цифровизация: Практические рекомендации по переводу бизнеса на цифровые технологии / перевод с английского А. Сатунин. — Москва: Альпина Паблицер, 2019. — 252 с. — ISBN 978-5-9614-2849-0.
10. Стахеева, Л.М., Царева С.В., Шарاپова В.М., Фетисова А.В., Батракова С.И. Цифровая трансформация или цифровизация предприятия // Образование и право. — 2022. — №10. — С. 128–133.
11. Ширинкина Е.В. Факторы, влияющие на уровень цифровизации предприятий // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». — 2020. — №1. — С. 139–141.
12. Weng, C.T., Manjit S.S. Review of RFID and IoT integration in supply chain management // Operations research perspectives. — 2022. — №9. — pp. 75–79.

© Гончаров Андрей Витальевич (a.goncharov@mgutm.ru); Короткий Андрей Александрович (a.korotky@mgutm.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»