

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ху Тяньян

Аспирант, Российский университет дружбы народов
имени Патриса Лумумбы
hty2020702@163.com

DIGITAL TRANSFORMATION AS A TOOL FOR MANAGING THE RESOURCE SUSTAINABILITY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Hu Tianyang

Summary. The article presents a description of the key trends in digital transformation. Based on the identified trends, the role of digital transformation as a tool for managing the resource sustainability of industrial enterprises is substantiated. The main technologies of digital transformation that affect the resource sustainability of an enterprise through the efficient use and management of all types of resources (material, energy, human, information) are identified. A description is provided of how each of the key technologies of digital transformation contributes to this process.

Keywords: digital technologies, industry, Internet of things, systems integration, resources.

Аннотация. В статье представлено описание ключевых тенденций цифровой трансформации. На основании выделенных трендов обоснована роль цифровой трансформации как инструмента управления ресурсной устойчивостью промышленных предприятий. Выделены основные технологии цифровой трансформации, которые влияют на ресурсную устойчивость предприятия через эффективное использование и управление всеми видами ресурсов (материальными, энергетическими, человеческими, информационными). Представлено описание, как каждая из ключевых технологий цифровой трансформации способствует этому процессу.

Ключевые слова: цифровые технологии, промышленность, интернет вещей, интеграция систем, ресурсы.

Благодаря технологическому прогрессу промышленный сектор претерпел колоссальные изменения за последние 250 лет. Начиная с механизации с использованием паровых двигателей (Индустрия 1.0), электрификации, появления сборочной линии и массового производства (Индустрия 2.0) и распространения промышленных роботов и автоматизированного производства (Индустрия 3.0), промышленный сектор претерпел непрерывные изменения, которые имели множество положительных результатов: более высокие объемы и эффективность производства, более низкие издержки производства, большее разнообразие товаров, рост заработной платы и т.д. В настоящее время промышленный сектор переживает очередную, четвертую волну технологического прогресса — развитие новых цифровых промышленных технологий [1].

Цифровая трансформация, известная как четвертая промышленная революция, представляет собой очень широкое понятие и тенденцию в промышленности и смежных секторах, основанные на интеграции технологий, которые позволяют создавать интеллектуальные, автономные и децентрализованные фабрики и интегрированные экосистемы продуктов и услуг. Основой новой цифровой революции является взаимосвязь различных

устройств и технологий друг с другом и возможность получать всю необходимую информацию обо всех элементах деловой активности в режиме реального времени. Все это может предоставить компаниям возможность корректировать и оптимизировать бизнес-процессы с учетом различных критериев, таких как затраты компании, доступность ресурсов или их использование. В этой связи успешное развитие широкополосной связи в компаниях является предпосылкой для распространения информации в режиме реального времени и для того, чтобы бизнес мог воспользоваться преимуществами этой промышленной революции [6].

В контексте технологических изменений цифровая трансформация промышленности — это не просто приобретение систем и оборудования для информационно-коммуникационных технологий (далее — ИКТ). Применение цифровых технологий — это гораздо более широкий процесс, связанный с фундаментальными изменениями в деловой активности [2, 7, 10]:

1. Бизнес-процессы. Цифровизация включает в себя повышение автоматизации производства и позволяет интегрировать различные симуляции и аналитику данных в различные бизнес-процессы и цепочки поставок. По этой причине можно

добиться значительного и непрерывного повышения производительности и эффективности использования ресурсов на протяжении всего жизненного цикла продукта, от его проектирования до доставки потребителю.

2. Продукты. С развитием технологии Интернета вещей цифровизация проникает в сферу продуктов, когда технологии ИКТ внедряются в различные типы продуктов. Примерами такого процесса являются автономные автомобили, носимые устройства или интеллектуальная бытовая техника.
3. Бизнес-модели. Цифровизация сильно влияет на цепочки создания стоимости и стирает границы между продуктами и услугами. Умные и подключенные продукты одновременно поощряют и адаптируются к изменениям в поведении клиентов, что создает потребность в совместно созданных персонализированных продуктах и услугах.

Чтобы поддерживать и повышать конкурентоспособность и ресурсную устойчивость промышленные предприятия должны быть открыты для цифровой трансформации и возможностей, которые она предлагает. Отдельные исследования показывают, что цифровизация производства и услуг будет приносить компаниям дополнительный доход [4, 7]. Другие работы показывают, что успешная интеграция цифровых технологий в производственные цепочки создания стоимости сама по себе должна помочь сектору вырасти [3, 8]. Кроме того, цифровая трансформация связана с лучшими результатами бизнеса — более высокой производительностью, лучшими практиками корпоративного управления, инновациями, более высокооплачиваемыми рабочими местами и защитой окружающей среды [5, 9].

Промышленность России является одним из основных секторов, определяющих экономический рост страны. После мирового финансового кризиса российским производственным компаниям удалось последовательно наращивать объемы производства, несмотря на сбои, вызванные COVID-19. Сектор способен поддерживать растущие объемы производства за счет укрепления своей деятельности на различных экспортных рынках. Однако, последовательный рост промышленного сектора сталкивается со все большим числом краткосрочных и долгосрочных экономических, социальных и экологических проблем, которые тесно переплетены, влияют друг на друга и усиливают [2, 4, 7]:

- Производительность российского производственного сектора последовательно растет, но темпы роста недостаточны, а результаты страны существенно отстают от среднего показателя по развитым государствам.
- Российская обрабатывающая промышленность сильно зависит от контрактного производства. По данным Росстат, экспорт промежуточных то-

варов в структуре промышленной продукции составляет более 50 %. Но, поскольку внедрение цифровой трансформации становится все более распространенным, поскольку промышленные предприятия в разных странах внедряют решения по автоматизации и робототехнике, российские компании сталкиваются с давлением, которое может привести к потере контрактов или потенциальных заказов с ключевых экспортных рынков в долгосрочной перспективе.

- Российские производственные компании, в основном, производят стандартную продукцию, не требующую сложных технологических решений. Учитывая это, одной из основных проблем, но также и возможностей для российского производственного сектора является продвижение вверх по цепочке создания стоимости за счет увеличения стоимости производимой продукции путем обеспечения ресурсной устойчивости и перехода к более сложному производству, которое может конкурировать на мировом рынке.
- Российская обрабатывающая промышленность сталкивается с растущими проблемами рабочей силы. Кроме того, компании все чаще отмечают, что нехватка рабочей силы является одной из основных причин, препятствующих дальнейшему развитию бизнеса. Отмечается, что в России не хватает как низкоквалифицированных, так и высококвалифицированных рабочих, и причин этому немало: учебные программы не соответствуют потребностям бизнеса, стареющее население, эмиграция, непривлекательные программы переподготовки или повышения квалификации сотрудников и т.д.
- С 2022 года российские производственные компании называют нехватку сырья и оборудования одним из ключевых факторов, ограничивающих объемы промышленного производства. Продолжающееся напряжение в глобальных цепочках поставок, вызванное антироссийскими санкциями, и рост цен на различные сырьевые и энергетические ресурсы для производства в сочетании с неопределенной геополитической ситуацией негативно влияют на тенденции бизнеса в ближайшем будущем.

Учитывая вызовы, стоящие перед российским производственным сектором, и последние тенденции развития промышленности, цифровая трансформация сектора является предпосылкой для обеспечения ресурсной устойчивости и сохранения темпов роста. Цифровая трансформация должна хотя бы частично помочь решить или смягчить проблемы, с которыми сталкивается сектор, и снизить их потенциальное негативное влияние.

Цифровая трансформация основана на быстром распространении кибертехнологий и их интеграции

посредством цифровизации, что помогло отраслям объединиться и найти новые способы сотрудничества. Цифровые технологии развивают когнитивные возможности машин, используемых в производстве, делая их самообучающимися и интеллектуальными машинами. Это достигается за счет использования датчиков, которые отправляют данные по сети, не только помогая принимать проактивные решения, но и улучшая процессы создания стоимости организации.

Цифровая трансформация также изменила динамику традиционных методов ведения бизнеса. На рынке появились новые бизнес-модели, обусловленные цифровой интеграцией посредством технологий. Цифровая интеграция может быть достигнута путем использования Интернета для подключения сети автоматизированных машин, устройств и роботов для оказания помощи людям. Цифровизация, достигаемая посредством Интернета и поддерживающих технологий, помогает организациям создавать сеть людей, интеллектуальных машин, производственных линий и процессов, которые находятся внутри и за пределами организации, создавая бесшовно связанную, интеллектуальную и гибкую цепочку создания стоимости. Выделяют два основных фактора, которые определяют развитие цифровой трансформации промышленных предприятий. Первый фактор — это стремление к приложениям, которое обусловлено необходимостью изменений. Этот фактор вызван социальными, экономическими и политическими факторами:

- Настройка по требованию: рыночная революция от продавца к покупателю, эта тенденция увеличивает персонализацию продуктов, в крайних случаях даже производство одного индивидуального продукта происходит на заводах.
- Гибкость: новые системные требования требуют гибкой системы разработки продукта, поэтому сам производственный цикл должен быть адаптивным и гибким.
- Короткие сроки разработки: время разработки новых технологий и продуктов должно быть сокращено, способность внедрять инновации становится фактором успеха для многих компаний («время под рукой»). Полагаем, что из-за этого фактора должны совершенствоваться и меняться не только технологии, но и мышление людей.
- Децентрализация: для того, чтобы компании могли быстрее справляться с конкретными задачами и быстрее принимать решения, необходимо отказаться от иерархической организационной системы.

На основе анализа научной литературы были отображены основные технологии цифровизации, которые могут повлиять на ресурсную устойчивость предприятия, которая обеспечивается через эффективное использование и управление всеми видами ресурсов (материальными, энергетическими, человеческими, информационными).

В таблице 1 представлено, как каждая из ключевых технологий цифровой трансформации способствует этому процессу.

Таблица 1.
Цифровые технологии управления ресурсной устойчивостью промышленных предприятий
(составлено автором)

Управление	Описание
Киберсистемы и искусственный интеллект	
Мониторинг ресурсов	Постоянный контроль состояния оборудования и запасов
Оптимизация потребления	Автоматическое регулирование энергопотребления
Прогнозирование	Предсказание потребности в ресурсах на основе исторических данных
Интернет вещей (IoT)	
Умное управление	Отслеживание состояния оборудования в реальном времени
Предотвращение потерь	Раннее выявление неисправностей и утечек
Оптимизация запасов	Точное планирование закупок на основе фактического потребления
Облачные технологии	
Централизованное управление	Единый доступ к данным о ресурсах
Масштабируемость	Возможность быстрого увеличения мощностей
Резервирование	Защита данных и непрерывность процессов
Большие данные (Big Data)	
Анализ эффективности	Оценка использования ресурсов
Прогнозирование спроса	Точное планирование потребления
Выявление потерь	Обнаружение неэффективных процессов
Роботизация	
Точность операций	Минимизация ошибок при работе с ресурсами
Оптимизация затрат	Снижение трудозатрат на рутинные операции
Контроль качества	Обеспечение правильного использования материалов
Аддитивное производство	
Экономия материалов	Минимизация отходов при производстве
Налаживание производства	Быстрое создание необходимых деталей

Управление	Описание
Оптимизация хранения	Сокращение складских запасов
AR/VR технологии	
Обучение персонала	Эффективное освоение методов рационального использования ресурсов
Визуализация процессов	Оптимизация маршрутов и потоков
Техническое обслуживание	Быстрое устранение неполадок
Симуляции	
Тестирование процессов	Проверка эффективности использования ресурсов
Оптимизация	Поиск наилучших решений без реальных затрат
Планирование	Моделирование различных сценариев потребления
Кибербезопасность	
Защита данных	Сохранность информации о ресурсах
Контроль доступа	Предотвращение несанкционированного использования информационных ресурсов
Непрерывность	Обеспечение бесперебойной работы систем управления
Комплексный эффект благодаря интеграции этих технологий	
Вторичное использование	Автоматизированный контроль качества и возможности переработки
Оптимизация потоков и бизнес-процессов	Эффективное распределение ресурсов между подразделениями
Энергоэффективность	Мониторинг и оптимизация потребления энергии
Промышленный симбиоз	обмен ресурсами между предприятиями

Как мы видим, технологии цифровой трансформации способны обеспечить эффективное управление ресурсной устойчивостью промышленного предприятия. Интеграция киберсистем в производственные процессы обеспечивает комплексную автоматизацию мониторинга и управления ресурсопотоками, что позволяет осуществлять предиктивное планирование и оптимизацию материальных и энергетических потоков в режиме реального времени. Внедрение интернета вещей способствует формированию интеллектуальной экосистемы промышленного предприятия, где каждый элемент производственной цепочки находится под постоянным контролем сенсоров, обеспечивающих превентивное выявление потенциальных сбоев и минимизацию ресурсных потерь.

Масштабируемая инфраструктура, созданная на основе облачных технологий, необходима для централизованного хранения и обработки данных о ресурсопотреблении с целью непрерывности производственных процессов и возможности оперативного масштабирования мощностей в соответствии с меняющимся спросом. Управление ресурсной устойчивости поддерживается также аналитикой больших данных, при помощи которой осуществляется многофакторный анализ эффективности использования производственных ресурсов, выявляющий скрытые закономерности и потенциальные точки оптимизации. Результаты аналитики способствуют формированию прогностических моделей ресурсопотребления.

Роботизация производственных процессов обеспечивает высокую точность выполнения операций и минимизацию человеческого фактора, чтобы сокращать производственные потери и повышать качество конечного продукта. Внедрение аддитивных технологий трансформирует традиционные подходы к производству, минимизируя материалоемкость изделий и оптимизируя складские запасы за счет возможности оперативной печати необходимых компонентов. В то время как иммерсивные технологии дополненной и виртуальной реальности революционизируют процессы обучения персонала и технического обслуживания оборудования, обеспечивая мгновенный доступ к экспертным знаниям и сокращая время восстановления работоспособности производственных линий.

Рост ресурсной устойчивости обеспечивают и симуляционные модели, позволяющие тестировать различные сценарии использования производственных ресурсов в виртуальной среде. За счет этого происходят выявление оптимальных режимов работы и минимизация издержек при внедрении инноваций. Важным элементом управления ресурсной устойчивостью является кибербезопасность, выступающая фундаментальным базисом для защиты цифровых активов предприятия, обеспечивающая целостность данных о ресурсопотоках и предотвращающая несанкционированный доступ к производственным процессам.

Подводя итог проведенному исследованию, можно сделать вывод о том, что цифровую трансформацию можно назвать инструментом управления ресурсной устойчивостью промышленных предприятий. В статье выделены основные компоненты цифровой трансформации, обеспечивающие данные процессы: киберсистемы и искусственный интеллект, интернет вещей (IoT), облачные технологии, большие данные (Big Data), роботизация, аддитивное производство, AR/VR технологии, симуляционные модели, кибербезопасность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афонасова М.А. Обеспечение устойчивого развития промышленных предприятий в условиях цифровой и ESG-трансформации // *п-Economy*. 2024. №3. С. 7–17. DOI: 10.18721/JE.17301.
2. Дегтярев П.А. Особенности формирования цифровой экосистемы промышленных предприятий в целях обеспечения их устойчивого развития // *Journal of Economic Regulation (Вопросы регулирования экономики)*. 2023. №3. С. 32–42. doi: 10.17835/2078-5429.2023.14.3.032-042.
3. Измайлов М.К. Цифровизация как фактор устойчивости деятельности промышленных предприятий / М.К. Измайлов // *Телескоп: журнал социологических и маркетинговых исследований*. 2024. № 1(13). С. 28–35. DOI: 10.24412/1994-3776-2024-1-28-35.
4. Квинт В.Л., Бодрунов С.Д. Стратегирование трансформации общества: знание, технологии, ноономика /Монография/ — СПб.: ИНИР им. С.Ю. Витте, 2021. — 351 с.
5. Нехайчук Д.В., Шевчук И.А., Морщинина Н.И., Митина Т.Л. Экосистемный подход в управлении развитием региональных отраслевых комплексов: потенциал и перспективные тренды. — М.: Издательство «Перо». 2023. 204 с.
6. Ташкинов А.Г. Этапы формирования стратегии цифровой трансформации промышленного предприятия. *п-Economy*. 2023. №16(6). С. 117–141. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16609>.
7. Ярошенко А.А. Концепция промышленного симбиоза как инструмент циркулярной экономики в рамках формирования и развития кластерной модели крымского судостроения // *Вестник Академии знаний*. 2024. №3 (62). С.544–549.
8. Ярошенко А.А. Кластерная модель развития судостроительной отрасли промышленности (на материалах Республики Крым) / А. Ярошенко: дис... канд. экон. наук. Симферополь: ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». 2023. — 237 с.
9. Babkin A., Shkarupeta E., Kabasheva I., Rudaleva I., Vicentiy A.A. Framework for Digital Development of Industrial Systems in the Strategic Drift to Industry 5.0. *International Journal of Technology*. 20223. №13(7). P. 174–182. DOI: <http://doi.org/10.14716/ijtech.v13i7.6193>.
10. Lu Y., Xu C., Zhu B., Sun Y. Digitalization transformation and ESG performance: Evidence from China. *Business Strategy and the Environment*. 2024. №33(2). P. 352–368. DOI: <https://doi.org/10.1002/bse.3494>.

© Ху Тяньян (hty2020702@163.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»