

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ВНЕДРЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ИНДУСТРИИ 4.0**

© 2021 Н.В. Барсегян, Р.Р. Зарипова

Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

Статья поступила в редакцию 07.12.2021

Необходимость оперативного выявления проблем с одновременным производством необходимых корректирующих действий, которые, направлены на оптимизацию производительности всей производственной системы обосновывает актуальность исследования вопросов эффективности внедрения технологий индустрии 4.0 в промышленность. В статье проведен обзор аналитических исследований понятия «индустрия 4.0» в зарубежной научной литературе с целью выявления характеристик и разграничения от смежных понятий, таких как «4-я промышленная революция», «киберфизические системы», «интернет вещей». Основными ключевыми факторами успеха цифровизации выделены люди, стратегия, технологии, которые позволяют разработать интеллектуальные алгоритмы для повышения операционной эффективности; способствуют эффективному использованию ресурсов, снижению затрат на качество продукции, внедрению автоматизации; способствуют повышению экономичности и производительности операций. Представлены основные направления влияния технологий Индустрии 4.0, предложенной Бостонской консалтинговой компанией, на эффективность производственных систем. Сделан вывод, что применение цифровых технологий индустрии 4.0 дает возможность масштабной технологической трансформации производств, и направлено на повышение инновационного потенциала промышленных предприятий.

Ключевые слова: индустрия 4.0, цифровые технологии, производственные системы, цифровизация, производительность.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-6-47-51

ВВЕДЕНИЕ

Четвертая промышленная революция, происходящая в настоящее время, была стимулирована появлением новейших передовых информационно-коммуникационных технологий, направленных на реализацию потенциала перекрестной увязки интеллектуальных производственных операций с автоматизированными технологиями сбора данных и моделирования в режиме реального времени. Это обеспечивает возможность мгновенного выявления физических проблем с почти одновременным производством необходимых корректирующих действий, которые, как ожидается, оптимизируют производительность всей производственной системы.

В условиях пандемии COVID-19 многие предприятия во всех секторах деятельности и в процессе реализации бизнес-моделей претерпели существенные изменения. Согласно опросу руководителей McKinsey [1], предприятия стали больше внедрять цифровые технологии, способствующие эффективному взаимодействию с клиентами и цепочками поставок.

Барсегян Наира Вартовна, доцент кафедры логистики и управления. E-mail: n.v.barsegyan@yandex.ru
Зарипова Резеда Рауфовна, аспирант кафедры логистики и управления. E-mail: rrrzaripova@inbox.ru

В настоящее время актуальным становится решение вопросов организации производства на промышленных предприятиях, которые в условиях Индустрии 4.0 определяются рядом характеристик – использование сетевых данных, информационных и цифровых технологий, внедрение роботов на производстве. Появление индустрии 4.0 популяризировало концепцию интеллектуальных взаимодействий между людьми и физическим миром, которые могли бы реализовать синергетическую интеграцию интеллектуальных производственных процессов и активов. Однако систематический подход к практическому применению Индустрии 4.0 все еще отсутствует, что определяет актуальность исследуемой темы. Интеллектуальные системы разрабатываются для выполнения двух основных функций: сбор, обработка, хранение данных, информации и знаний; инструмент эффективного принятия решений, соответствующих потребностям пользователей.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ
ПОНЯТИЯ И СУЩНОСТИ ИНДУСТРИИ 4.0**

В научных исследованиях Elkaseer A., Salem M., Ali H., Scholz S. G. проанализировали практические подходы к применению Индустрии 4.0 в производстве с целью повышения его конку-

рентоспособности и решения растущих серьезных проблем. Эти подходы предлагают гибкие прототипы с последовательными процедурами, которые в итоге позволят легко использовать Индустрию 4.0 и помогут устранить технические барьеры на пути развития обрабатывающей промышленности в области Индустрии 4.0. [2]. Schneider D., Nuth T. Vietor Th. в своих трудах описывают текущее состояние и направленность исследований в области индустрии 4.0, а также выявляют промышленные потребности и препятствия для стратегического внедрения технологий индустрии 4.0 [3]. Под термином «Индустрия 4.0» они понимают как «разработка и внедрение инновационных технологий, которые помогают компаниям противостоять технологическим, экономическим и социальным изменениям, а также как совокупность методологических инструментов, способствующие внедрению инновационных технологий на предприятиях». Вопросы анализа применения инструментов цифровизации в повышении эффективности производственных систем, моделирование ресурсосбережения в условиях индустрии 4.0 изучены в исследованиях отечественных ученых - Шинкевича А.И., Кудрявцевой С.С. [4,5]. Последствия и возможности Индустрии 4.0 для функций управления закупками, поставками и распределением рассматриваются в исследовании Andreas H. Glas, Kleemann F. C. [6]. Концепция воздействия четвертой промышленной революции на экономику страны представлена в исследованиях Цхададзе Н.В. [7]. Новые возможности индустрии 4.0 приводят к развитию «умных» производственных систем [8,9].

Часто в научной литературе такие понятия как «Индустрия 4.0», «4-я промышленная революция», «киберфизические системы», «интернет вещей» рассматриваются как взаимозаменяемые. Для понимания, в таблице 1 представлен обзор аналитических исследований для выявления различных определений понятия «индустрия 4.0» и связанных с ней концепций.

Потенциал Индустрии 4.0 выражен в прогнозе фундаментальных последствий для промышленного производства и значительных изменений в цепочках поставок, бизнес-моделях и бизнес-процессах [11]. Наиболее заметные улучшения выявлены в областях конкурентоспособности, инновационности, гибкости, индивидуальности и условий труда.

В последние годы цифровые и физические технологии Индустрии 4.0 сделали возможными новые достижения в области скорости, согласованности, гибкости и автоматизации, которые навсегда изменили внешний вид производства.

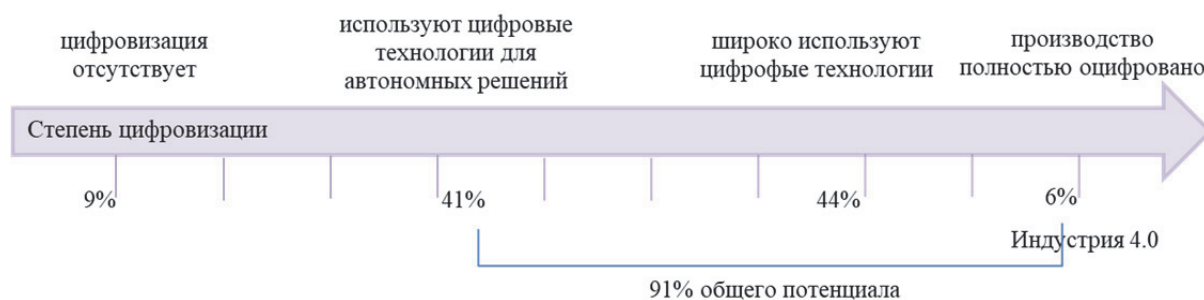
ИНДУСТРИЯ 4.0: ТЕХНОЛОГИИ, СТРАТЕГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ, РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Результаты опроса, проведенного McKinsey [1], показывают, что 91% промышленных предприятий инвестируют в цифровые технологии, и только 6% опрошенных описывают свое производство полностью оцифрованным. Результаты опроса представлены на рисунке 2.

Таблица 1 – Аналитическое исследование понятия «индустрия 4.0» в зарубежной научной литературе (обобщено автором)

Автор	Определение
Schneider D. [10]	Индустрия 4.0 – это связь продуктов и услуг друг с другом и с их соответствующей средой через Интернет и другие сетевые сервисы, которая позволяет разрабатывать новые продукты услуг, чтобы многие функции продуктов работали автономно – без вмешательства человека
Schmidt R. et al. [11]	Индустрия 4.0 определяется как внедрение интеллектуальных продуктов в цифровые и физические процесс
Andreas H. Glas [6]	Industry 4.0 не ограничивается техническим аспектом оцифровки современных предприятий, поскольку это, скорее, совершенно новая организация и сетевая координация цепочек создания стоимости и поставок
Lasi H. et al. [12]	Индустрия 4.0 означает передовую цифровизацию на промышленных предприятиях в форме сочетания интернет-технологий с технологиями, ориентированными на будущее, в области “умных” объектов (машин и продуктов)
Глоссарий терминов в области индустрии 4.0 [13]	Внедрение (стандартизированной) инфраструктуры связи и системы с необходимыми услугами управления и производства и определёнными характеристиками QoS (качества обслуживания) в качестве основы для эффективного построения и интеграции систем Индустрии 4.0 в прикладном домене

Рис. 1. Результаты опроса руководства предприятий по вопросу цифровизации и внедрения цифровых технологий в производство [1]



Прогнозы относительно Индустрии 4.0 и ее потенциального воздействия на рынки труда варьируются от оптимистичных ожиданий увеличения числа высокооплачиваемых рабочих мест до прогнозов потери рабочих мест до 35-40 процентов (таблица 2).

Общие последствия промышленности 4.0 в некотором смысле предсказуемы, но цифры в этом сценарии трудно представить: показатели экономики в целом, государственные расходы на исследования и разработки, а также на квалификацию и образование оказывают влияние на прогнозирование.

Основными ключевыми факторами успеха цифровизации являются люди, стратегия, технологии [15]. Кадры должны соответствовать новым реалиям, иметь соответствующие компетенции, которые позволят разработать интеллектуальные алгоритмы для повышения операционной эффективности. Предприятия ожидают повышения эффективности в общей сложности на 12% в течение пяти лет, чему способствует комплексное планирование, более эффективное использование ресурсов, снижение затрат на качество продукции, внедрение автоматизации.

Создание интегрированной внутренней и внешней системы управления производством (MES-системы) является первым этапом цифровизации. MES-системы планируют и контролируют производство в режиме реального времени, повышая эффективность, гибкость производства. С целью цифровизации не только внутренних процессов, но и всей цепочки поставок, системы управления производством должны быть интегрированы с инфраструктурой ERP. Такие цифровые технологии, как дополненная реальность или цифровые близнецы способствуют повышению экономичности и производительности операций.

Обеспечение энергоэффективности цепей поставок требует системного подхода к интеграции ряда функциональных подсистем предприятия: управленческой, производственной, логистической, информационной и т.д. Решения задачи возможно за счет модернизации организации бизнес-процессов в цепи поставок, так и за счет автоматизации и компьютерного моделирования. По мнению Бостонской консалтинговой группы [16] Индустрия 4.0 относится к конвергенции и применению девяти цифровых

Таблица 2 – Оценка влияния технологий на занятость разными организациями [14]

Организация	Оценка
University of Oxford (Оксфордский университет)	47% работников в Америке подвержены высокому риску замены рабочих мест автоматизацией
PricewaterhouseCoopers	38% рабочих мест в США, 30% рабочих мест в Великобритании, 21% в Японии и 35% в Германии подвержены риску автоматизации
ILO (Chang and Huynh)	56% рабочих мест подвержены риску автоматизации в ближайшие 20 лет
McKinsey	60% всех профессий имеют по крайней мере 30% технически автоматизируемых видов деятельности
OECD	средний показатель по ОЭСР: 9% рабочих мест с высоким риском
Roland Berger	Западная Европа: 8,3 миллиона рабочих мест потеряно в промышленности против 10 миллионов новых рабочих мест, созданных в сфере услуг к 2035 году
World Bank (Всемирный банк)	две трети всех рабочих мест в развивающихся странах подвержены автоматизации



Рис. 2. Технологии Индустрии 4.0 и их влияние на эффективность производственных систем (обобщено авторами)

промышленных технологий: передовой робототехники, аддитивного производства, дополненной реальности, моделирования, горизонтальной/вертикальной интеграции, промышленного Интернета, облака, кибербезопасности и больших данных и аналитики (рисунок 2).

Применение цифровых технологий индустрии 4.0 дает возможность масштабной технологической трансформации производств, и направлено на следующие ключевые результаты:

- повышение эффективности использования ресурсов и устойчивости производственных систем;
- интеграция клиентов в процессы проектирования и производства;
- распределенное и гибкое производство на основе совместных процессов, позволяющих повысить качество продуктов и услуг;
- ориентированные на человека интерфейсы и улучшенные условия труда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, Индустрия 4.0 представляет собой цифровую трансформацию производства, и в настоящее время сосредоточена на таких выгодах и потенциалах, как повышение производительности, автоматизация и оптимизация операционных процессов, бизнес-процессов, использование промышленного интернета.

В условиях цифровой трансформации составить план производства продукции и прогноз ее потребности, проводить анализ рынка становится возможным на основе развитых цифровых платформ, отличающихся адаптируемостью и масштабируемостью, что позволяет повысить производительность и эффективность работы за

счет автоматизации задач и улучшения наглядности процессов на предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. How COVID-19 has pushed companies over the technology tipping point and transformed business forever // McKinsey. – 2020. Режим доступа: <https://www.mckinsey.com/>
2. Elkaseer A., Salem M., Ali H., Scholz S. G. Approaches to a Practical Implementation of Industry 4.0 // ACHI 2018: The Eleventh International Conference on Advances in Computer-Human Interactions. 2018. Pp. 141–146.
3. Schneider D., Huth T., Vietor Th. Potential model - methodical evaluation of Industry 4.0 technologies // Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED21). 2021. DOI:10.1017/pds.2021.504.
4. Shinkevich A.I., Barsegyan N.V., Petrov V.I., Klimenko T.I. Transformation of the management model of a petrochemical enterprise in the context of industry 4.0 challenges // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 296. P. 06008.
5. Kudryavtseva S.S., Shinkevich M.V., Ostanina S. Sh. Modeling the Factors Behind Digitalization of the Real Sector of the Economy // Lecture Notes in Information Systems and Organization. 2021. Vol. 44. Pp. 67-74.
6. Glas A. H., Kleemann F. C. The Impact of Industry 4.0 on Procurement and Supply Management: A Conceptual and Qualitative Analysis // International Journal of Business and Management Invention. 2016. Vol. 5. Iss. 6. Pp. 55-66.
7. Tskhadadze N.V. Industry 4.0: the concept of impact on the economy // Innovation & Investment. 2020. № 7. С. 43-45.
8. Nurgaliev R. K., Shinkevich A. I. Building a business process management model for a «smart» enterprise // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1889. P. 022106.

9. Шинкевич А.И., Нургалиев Р. К. Особенности управления нефтехимическим производством в Индустрии 4.0 // Современные наукоемкие технологии. 2021. №3. С.119-124.
10. Schneider D., Huth T., Vietor T., Schumacher P., Weckenborg C., Spengler T. Development of a potential model to support the assessment and introduction of Industry 4.0 technologies // Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference. 2020. Vol. 1. Pp. 707–716.
11. Schmidt R., Möhring M., Härting R. C., Reichstein C., Neumaier P., Jozinovic P. Industry 4.0: Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results // Business Information Systems. 2015. Pp. 16–27.
12. Lasi H., Fettke P., Kemper H.-G., Feld T., Hoffmann M. Industry 4.0 // Business & Information Systems Engineering. 2014. Vol. 6(4). Pp. 239–242.
13. Глоссарий терминов в области индустрии 4.0 // Позднеев Б.М. и авторский коллектив. 2021. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://рспп.рф/upload/iblock/0e1/Глоссарий%20терминов%20в%20области%20Индустрии%204.0.pdf>
14. The challenge of industry 4.0 and the demand for new answers // IndustriALL Global Union. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.industrialall-union.org> (дата обращения 12.10.2021).
15. Барсегян Н.В. Реализация принципов бережливого производства в условиях цифровой трансформации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2021. № 6(91). С. 93-102.
16. Industry 4.0 and the fourth industrial revolution explained [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF THE IMPLEMENTATION OF THE INDUSTRY 4.0 CONCEPT

© 2021 N.V. Barsegyan, R.R. Zaripova

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

The need to promptly identify problems with the simultaneous production of the necessary corrective actions, which are aimed at optimizing the productivity of the entire production system, justifies the relevance of the study of the effectiveness of the introduction of industry 4.0 technologies in industry. The article provides a review of analytical studies of the concept of «industry 4.0» in foreign scientific literature to identify characteristics and distinguish from related concepts, such as «4th Industrial Revolution», «cyberphysical systems», «Internet of Things». The main key factors for the success of digitalization are people, strategy, technologies that will allow the development of intelligent algorithms to improve operational efficiency; contribute to the efficient use of resources, reduce product quality costs, introduce automation; contribute to increasing the efficiency and productivity of operations. The main directions of the impact of Industry 4.0 technologies proposed by the Boston Consulting Company on the efficiency of production systems are presented. It is concluded that the use of digital technologies in industry 4.0 makes it possible for large-scale technological transformation of production and is aimed at increasing the innovative potential of industrial enterprises.

Keywords: industry 4.0, digital technologies, production systems, digitalization, productivity.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-6-47-51