

---

А.А. Афанасьев

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА:  
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
И ПОЛИТИКА ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

Москва  
Институт экономики РАН  
2024

Рецензенты:  
д.э.н. И.А. Николаев,  
к.э.н., доцент Л.А. Беляевская-Плотник

**Афанасьев А.А.** Цифровая трансформация промышленного производства: теоретические аспекты и политика ее реализации: Научный доклад. – М: ИЭ РАН, 2024. – 76 с.

ISBN 978-5-9940-0755-6

В докладе обосновываются направления совершенствования политики цифровой трансформации промышленных производств в современной России. С этой целью раскрывается сущность данной трансформации, описывается характеристика ее технологического базиса; определяются глобальные тенденции соответствующих технологических рынков, осуществляется анализ подходов к политике в ведущих в процессах трансформации стран; приводится методика оценки «цифровой зрелости», а также готовности отечественного промышленного производства к цифровой трансформации; дается характеристика этапов ее политики в России, ее содержания, оцениваются перспективы курса на цифровую трансформацию. Обосновываются такие направления совершенствования политики цифровой трансформации, как: необходимость смещения акцента на социально-экономические последствия преобразования промышленной системы страны с технической стороны проблемы; приоритет ее экономической целесообразности при принятии инвестиционного решения о ее проведении в контексте утверждения директив о цифровой трансформации; необходимость первоочередной модернизации технической базы производств и применение комплексного подхода к осуществлению политики цифровой трансформации промышленных производств; целесообразность гармонизации политики цифровой трансформации с курсом на технологический суверенитет.

**Ключевые слова:** цифровизация, цифровая трансформация, цифровизация промышленности, политика цифровой трансформации, четвертая промышленная революция, индустрия 4.0, «цифровая зрелость».

**Классификация JEL:** L52, O25, O33, O38.

**Afanasyev A.A.** Digital transformation of industrial production: theoretical aspects and policy of its implementation: Scientific report. – M: IE RAS, 2024. – 76 c.

The report substantiates the directions for improving the policy of digital transformation of industrial production in modern Russia. To this end, the essence of digital transformation is revealed, the characteristics of its technological basis are given; global trends of the relevant technological markets are determined, and policy approaches in the countries leading in the transformation processes are analyzed; a methodology for assessing digital maturity is provided, as well as an assessment of the readiness of domestic industrial production for digital transformation; The article describes the stages of the digital transformation policy in Russia, its content, and assesses the prospects for a course on digital transformation. The author substantiates such areas of improvement of the digital transformation policy as: the need to shift the focus to the socio-economic consequences of the transformation of the country's industrial system from the technical side of the problem; the priority of the economic feasibility of digital transformation when making an investment decision on its implementation in the context of the approval of directives on digital transformation; the need for the primary modernization of the technical base of production and the application of an integrated approach to the implementation of the policy of digital transformation of industrial production; the expediency of harmonizing the policy of digital transformation with the course on technological sovereignty.

**Keywords:** digitalization, digital transformation, digitalization of industry, digital transformation policy, fourth industrial revolution, industry 4.0, «digital maturity».

**JEL Classification:** L52, O25, O33, O38.

© Афанасьев А.А., 2024  
© Институт экономики РАН, 2024  
© Валерий В.Е., дизайн, 2007

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
<b>Глава 1. Теоретические основы цифровой трансформации промышленного производства .....</b>	<b>7</b>
1.1. Цифровая трансформация в концепциях развития промышленного производства .....	7
1.2. Технологический базис цифровой трансформации .....	13
<b>Глава 2. Глобальные тенденции цифровой трансформации промышленного производства .....</b>	<b>17</b>
2.1. Политика цифровой трансформации производств: Германия, США, Китай .....	17
2.2. Тренды глобальных рынков передовых производственных технологий .....	25
2.3. Динамика рынка промышленных роботов .....	27
<b>Глава 3. Готовность промышленного производства России к цифровой трансформации .....</b>	<b>33</b>
3.1. Промышленное производство России в аспекте развертывания процессов его автоматизации .....	33
3.2. Оценка цифровой зрелости отечественного промышленного производства .....	38
<b>Глава 4. Политика цифровой трансформации промышленного производства в современной России .....</b>	<b>46</b>
4.1. Политика цифровой трансформации отечественного промышленного производства: этапы и содержание .....	46
4.2. Перспективы цифровой трансформации отечественного промышленного производства .....	59
4.3. Направления совершенствования политики цифровой трансформации России .....	64
Заключение .....	70
Литература .....	72

## ВВЕДЕНИЕ

Индустриальный способ производства, который в значительной мере определяет экономическое благополучие современного общества, в своем развитии претерпевал существенные изменения, протекавшие как эволюционно, так и в форме промышленных революций. Появление с середины XX в. новых технических средств обеспечило принципиально иные возможности работы с информацией в формате цифрового кода (т.е. данных), вследствие чего были сформированы предпосылки текущей революции, называемой также «компьютерной» или «цифровой» (Шваб, 2016. С. 11).

Грядущая технологическая эпоха увязывается с конвергенцией нано-, био-, информационных технологий и когнитивной науки (NBIC) (Roco, Bainbridge (eds.), 2002), при ключевой, объединяющей роли цифровых технологий. Способность последних взаимодействовать с любыми технологиями (Ковальчук, 2011. С. 15) позволяет в результате цифровизации сформировать среду, обеспечивающую возможность синтеза разнородных технологий в гибридные технологические процессы (Бодрунов, 2018. С. 142).

В этой связи утвердилось представление о надвигающейся технологической революции как основанной «на цифровых технологиях и возможностях подключения, интеграции технологий и взаимосвязи между физической, цифровой и биологической сферами»<sup>1</sup>.

---

1. Индустрия 4.0 для инклюзивного развития. Доклад Генерального секретаря ООН // ЮНКТАД. 2022. С. 6. [https://unctad.org/system/files/official-document/ecn162022d2\\_ru.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/ecn162022d2_ru.pdf) (дата обращения: 10.02.2024).

Важнейшей частью прогнозируемых перемен становится **цифровая трансформация**, приводящая к стиранию в технологических процессах различий между упомянутыми сферами, обретению возможности бесшовной взаимосвязи между ними. Ее технологический базис составляют формирующиеся технологии искусственного интеллекта, обработки больших данных, цифровых двойников, интернета вещей и т.д.

В последнее десятилетие совершенствование промышленного производства на их основе сформировало технологическую повестку промышленной политики многих стран. Одним из ключевых этапов развертывания этих процессов стало представление в Германии в 2011 г. концепции развития немецкой промышленности под названием «Industrie 4.0». В то же время в США планы по продвижению новых производственных технологий были представлены Консорциумом промышленного Интернета. Модернизация на новой технологической основе стала частью утвержденной в 2015 г. в Китае долгосрочной программы развития промышленного производства – «Made in China 2025» (Ленчук, 2020. С. 62).

**Назревает и фактически началась глобальная технологическая трансформация.** Соответствующие разработки осуществляются и в России, а в 2020 г. цифровая трансформация принимается в качестве национальной цели, на достижение которой был сориентирован масштабный комплекс мер. Однако уже в начальный период реализации избранного курса – после 2022 г. – произошли принципиальные изменения в условиях его осуществления. В данном контексте актуализируются вопросы, касающиеся перспектив его реализации, а также направлений его совершенствования, что, в свою очередь, нуждается в характеристике сущности самой цифровой трансформации.

В этой связи *целями настоящего доклада* являются характеристика теоретических основ цифровой трансформации промышленного производства, а также обоснование направлений совершенствования политики ее реализации в современной России.

Как уже было отмечено, для достижения поставленных целей потребуются раскрытие сущности цифровой трансформации производств и ее технологического базиса. Также следует определить глобальные тенденции соответствующих технологических рынков

и подходы к политике ведущих в процессах трансформации стран. Важной исследовательской задачей становится оценка готовности отечественного промышленного производства к цифровой трансформации. Характеристика политики цифровой трансформации в современной России должна способствовать анализу перспектив реализации избранного курса, а также обоснованию направлений его совершенствования в текущих реалиях.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

## 1.1. Цифровая трансформация в концепциях развития промышленного производства

Как уже было отмечено, распространение цифровых технологий в промышленном производстве началось еще с середины прошлого столетия. Этот процесс, набравший силу в 60-х гг. XX в., был сопряжен с использованием средств ЭВМ, представленных в то время преимущественно большими машинами для обработки данных, станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и т.д., ставших основой для ускорения процессов автоматизации (Руднев, 1969–1978).

С 80-х гг. XX в. масштабы автоматизации как производственных, так и иных бизнес-процессов значительно расширились за счет внедрения персональных ЭВМ, информационных систем управления, задействования промышленных роботов, а позже – Интернета и облачных технологий (Афанасьев, 2023г. С 25–49).

Начиная с 2010-х гг. по мере распространения технологий искусственного интеллекта, обработки больших данных, цифровых двойников, интернета вещей и т.д., обеспечивающих более совершенные возможности для объединения физических и виртуальных систем, интеграции вычислений и физических процессов, роста их связанности на основе цифровых сетей, сформировались предпосылки становления нового формата производств – киберфизических производственных систем (КФПС)<sup>2</sup>.

В этой связи стали использоваться такие понятия, как «Индустрия 4.0», «Четвертая промышленная революция», «Умное

---

2. Киберфизические системы. Аналитический отчет Технет НТИ 2022 г. С. 11. <https://technet-nti.ru/article/otchet-kiberfizicheskie-sistemy> (дата обращения: 25.12.2023).

производство», «Фабрика будущего», «Цифровое производство», «Передовое производство» и др.

Термин «Индустрия 4.0» был использован в 2011 г. в Германии при представлении стратегии развития немецкой промышленности, нацеленной на становление нового подхода к организации производственных процессов на основе технологий и устройств, автономно взаимодействующих друг с другом на всех этапах цепочки создания стоимости<sup>3</sup>. В течение нескольких лет принятие аналогичных инициатив произошло в большинстве стран Европейского союза (см. рис. 1).

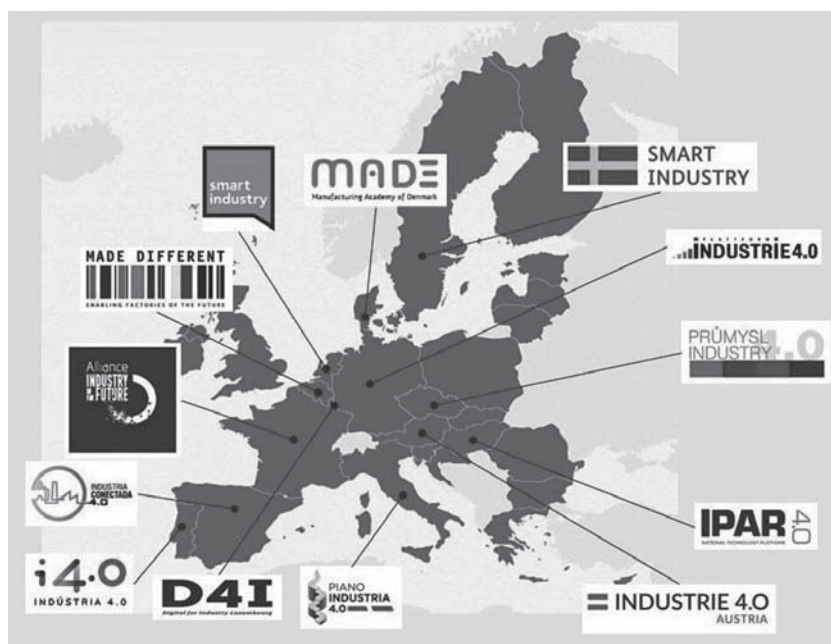


Рис. 1. Карта национальных и региональных инициатив цифровизации промышленности в странах ЕС в 2016 г.

Источник: Обзор карты инициатив по цифровизации европейской промышленности // Интернет-ресурс Еврокомиссии. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/map-overview-digitising-european-industry-initiatives-across-europe> (дата посещения 21.02.2024.)

3. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. [https://www.dfki.de/fileadmin/user\\_upload/DFKI/Medien/News\\_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf](https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medien/News_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf) (дата обращения: 14.02.2024).



Другим знаковым событием стало выступление Клауса Шваба на Всемирном экономическом форуме в 2016 г., в связи с чем общественное внимание было акцентировано на понятии «Четвертая промышленная революция».

Несмотря на широкое распространение приведенных терминов и даже начало реализации соответствующих программ, в научном сообществе еще не сформировалось единообразие взглядов на их сущностное содержание (см. табл. 1).

Таблица 1. Варианты подходов к определению формата передовых производств

Содержание подхода	Источник
<p><b>Индустрия 4.0</b> знаменует собой новый этап организации и контроля всей цепочки создания стоимости на протяжении жизненного цикла продукции. В его основе лежит доступность всей необходимой информации в режиме реального времени в результате подключения к сетям всех элементов, участвующих в цепочке создания стоимости, а также доступность этих данных на любом из ее этапов</p>	<p>Plattform Industrie 4.0 Digital Transformation «Made in Germany». <a href="https://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2016-27/10_pi40_diemer_16494.pdf">https://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2016-27/10_pi40_diemer_16494.pdf</a> (дата обращения: 20.02.2024). С. 2</p>
<p><b>Передовое производство</b> основывается на использовании и координации информации, автоматизации, вычислений, программного обеспечения, датчиков и сети и/или применяет передовые материалы и те возможности, которые открываются благодаря научным достижениям в области физики, биологии, химии (Новые производственные технологии: публичный аналитический доклад, М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. С. 8)</p>	<p>Совет консультантов Президента США по науке и технологиям (Report to the President on Ensuring American leadership in advanced manufacturing. Executive Office of the President President’s Council of Advisors on Science and Technology/ June 2011 <a href="https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-advanced-manufacturing-june2011.pdf">https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-advanced-manufacturing-june2011.pdf</a> (дата обращения: 09.03.2024))</p>
<p><b>Передовое производство</b> – это производство, в котором широко используются компьютерные, высокоточные и информационные компоненты, интегрированные с высокопроизводительной рабочей силой, создающие систему, сочетающую преимущества массового производства, гибко настроенную на необходимый в данный момент объем выпуска и в то же время обладающую высокой степенью кастомизации с целью быстрого реагирования на потребности клиентов (Новые производственные технологии: публичный аналитический доклад, М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. С. 8)</p>	<p>Национальная ассоциация перспективных производственных технологий США (Новые производственные технологии: публичный аналитический доклад, М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. С. 8)</p>

Содержание подхода	Источник
<b>Четвертая промышленная революция</b> , распространяя технологию «умных заводов», создает мир, в котором виртуальные и физические системы производства гибко взаимодействуют между собой на глобальном уровне	(Шваб, 2016. С. 11)
<b>Индустрия 4.0</b> считается новой технологической революцией, основанной на цифровых технологиях и возможностях подключения, интеграции технологий и взаимосвязи между физической, цифровой и биологической сферами	Индустрия 4.0 для инклюзивного развития (Доклад Генерального секретаря ООН // ЮНКТАД. 2022. С. 6. <a href="https://unctad.org/system/files/official-document/ecn162022d2_ru.pdf">https://unctad.org/system/files/official-document/ecn162022d2_ru.pdf</a> (дата обращения: 10.02.2024))
<b>Умное производство</b> – взаимодействие между умной фабрикой и умной продукцией <b>Умная фабрика</b> – фабрика, степень интеграции которой достигла уровня, который делает возможным самоорганизующиеся функции на производственных и во всех бизнес-процессах, связанных с производством <b>Умная продукция</b> – произведенный или изготовленный (промежуточный) продукт, который на умной фабрике предоставляет (внешние) коммуникационные возможности для сети и интеллектуального взаимодействия с другими участниками производства	Глоссарий терминов в области Индустрии 4.0 (М.: Издательство «Перо», 2021. С. 35, 36)
<b>«Индустрия 4.0»</b> предусматривает сквозную цифровизацию всех физических активов и их интеграцию в цифровую экосистему вместе с партнерами, участвующими в цепочке создания стоимости	PricewaterhouseCoopers // «Индустрия 4.0»: создание цифрового предприятия (Всемирный обзор реализации концепции «Индустрия 4.0» за 2016 год. PWC. С. 2. <a href="http://решение-верное.рф/sites/default/files/global_industry-2016_rus.pdf">http://решение-верное.рф/sites/default/files/global_industry-2016_rus.pdf</a> (дата обращения: 14.02.2024))

Источник: составлено автором.

Так, например, только в отношении концепции «Индустрия 4.0» немецкой ассоциацией телекоммуникационных компаний ВІТКОМ было приведено свыше ста различных определений и описаний, представленных как до, так и после провозглашения одноименной национальной инициативы в Германии (*Bidet-Mayer*, 2016. Р. 18).

По результатам рассмотрения многочисленных подходов представляется возможным обобщить, что в основе формата передовых производств лежит синтез автоматизированного оборудования, современных средств связи, больших объемов данных и передовых способов их обработки, что приводит к кардинальным изменениям

в промышленном производстве. Подключенные к цифровым сетям средства производства с помощью интеллектуальных датчиков собирают огромные объемы данных, взаимодействуют друг с другом. Таким образом, закладывается способность «умных» средств производства к самостоятельному инициированию определенных действий и управления друг другом. При этом охватываются все этапы жизненного цикла продукции – от разработки, производства до сбыта, потребления и утилизации, а также процессы управления ресурсами на них. Обеспечивается возможность автоматизации решения задач последующего усовершенствования как самой продукции, так и различных бизнес-процессов (Афанасьев, 2023г. С. 2550). В результате происходят качественные изменения в бизнес-процессах или способах осуществления экономической деятельности (бизнес-моделях), приводящие к значительным социально-экономическим эффектам (Цифровая трансформация отраслей..., 2021. С. 13).

В литературе зафиксировано большое количество точек зрения относительно характеристик формата передовых производств. Как следует из результатов соответствующих обобщений, к основным направлениям его развития можно отнести:

1) кастомизацию производства. Промышленное производство высокотехнологичной продукции стремится сбалансировать удовлетворение разнородных потребностей заказчиков посредством индивидуализации с достижением эффекта масштаба по всей цепочке создания стоимости. Низкие затраты на единицу продукции с индивидуальными характеристиками обеспечиваются за счет массового ее изготовления на гибких производствах;

2) становление новых, сетевых форм организации производственной деятельности. Прогнозируется, что развитие сквозного проектирования в виртуальной технологической цепочке приведет к смещению центров управления с уровня фабрики или компании на уровень цеха, на котором и будут совершаться сетевые коммуникации в режиме реального времени;

3) переход к распределенной модели производства. Так, выстраивание глобальных стоимостных цепочек на основе сложных сетевых взаимодействий множества независимых компаний позволяет получить преимущества за счет специализации в отличие

от иерархических цепочек, замкнутых на одну головную компанию или одну страну;

4) переход от традиционных корпораций к распределенным сетевым компаниям. В условиях становления новых форматов построения цепочек создания стоимости обеспечивается преимущество компаний, способных быстро перестраивать конфигурацию связей под новые проекты и совместное создание очередных инновационных продуктов (Смородинская, 2017. С. 85);

5) горизонтальную интеграцию в сетях совместной работы. С внедрением технологий Индустрии 4.0 прогнозируется возрастание сложности сетевых форм взаимодействия компаний. Ожидается, что такие концепции, как «Совместное производство» и «Среда совместной разработки», получат значительный импульс к распространению<sup>4</sup>;

6) распределенное производство технически сложных изделий. Кооперация потенциально большого числа участников промышленного производства позволяет сосредоточить их усилия для создания сложной продукции и решения масштабных производственных задач;

7) превращение на уровне предприятия технологий Индустрии 4.0 в источник повышения производительности благодаря большей наглядности каждого этапа производства и возможности определения областей для оптимизации<sup>5</sup>.

Думается, что описание проектного состояния отрасли всегда абстрактно и наполняется однозначно определенным содержанием лишь по мере приближения к моменту практического воплощения теорий. Концепции, выступая интеллектуальным преддверием практической деятельности, нацелены на формирование представления о возможных и наиболее перспективных ее направлениях.

В то же время следует с осторожностью относиться к принятию выдвигаемых концепций (в Германии – «Industrie 4.0», в США – Консорциума Industrial IoT) как синониму четвертой промышленной революции, поскольку они также являются маркетин-

---

4. Industry 4.0. Study for the ITRE Committee. P. 43. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL\\_STU\(2016\)570007\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf) (дата обращения: 21.02.2024).

5. Industry 4.0 for Inclusive Development // ЮНКТАД, 2022. P. 13. [https://unctad.org/system/files/official-document/dt1stict2022d4\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/dt1stict2022d4_en.pdf) (дата обращения: 31.03.2024).

говыми инструментами для лучшего продвижения производимой их инициаторами продукции, предназначенной для описываемых концепциями изменений, а становление новой промышленной революции в результате их применения – еще не свершившаяся перспектива.

## 1.2. Технологический базис цифровой трансформации

В докладе Генерального секретаря ООН, посвященном проблемам развития производств в парадигме Индустрии 4.0, характеристика ее технологического базиса была дана с выделением трех основных технологических компонент: аппаратное обеспечение, программное обеспечение и возможность подключения.

В *аппаратной компоненте* помимо традиционных машин, оборудования и инструментов были обозначены промышленные роботы, автоматизированные производственные системы, а также оборудование для аддитивного производства.

К *программной компоненте* были отнесены различные информационные системы как для корпоративного и производственного управления, так и автоматизированного проектирования, а также аналитика с применением технологий искусственного интеллекта и больших данных.

*Возможность подключения* рассматривалась прежде всего в связи с промышленным интернетом вещей.

Было отмечено, что совокупное действие выделенных компонент создает производственную систему, обладающую возможностями к восприятию физического мира, прогнозу его явлений и способностями взаимодействовать с ним, принимать решения и поддерживать производство в режиме реального времени<sup>6</sup>.

**Аппаратная компонента передовых производственных систем** вбирает в себя разнообразные средства производства. Следует подчеркнуть, что возможность встраивания традиционного оборудования, машин и инструмента в конфигурацию КФПС в значительной мере зависит от уже имеющейся у них способности

---

6. Индустрия 4.0 для инклюзивного развития. Доклад Генерального секретаря ООН // ЮНКТАД, 2022. С. 6.

быть вовлеченными в цифровое взаимодействие или возможности ее обретения. Эта способность, как правило, в той или иной степени уже существует у *автоматизированных производств*.

Как уже отмечалось выше, одной из важнейших тенденций развития производств стал переход к выпуску кастомизированной продукции. Современное промышленное производство характеризуется чрезвычайно масштабной номенклатурой и разнообразием ассортимента выпускаемой продукции, частой сменяемостью производимых изделий, наличием широкого спектра вариантов модификаций в рамках продуктовых линий. Наблюдается тенденция ухода от крупной серии к мелкосерийному и позаказному производству с адаптацией изделия под задачи заказчика. При этом требования к производительности в условиях средне-, мелкосерийного и даже единичного производства приближаются к параметрам массового производства, где применим поточный способ его организации. Основным направлением разрешения этого противоречия стало развитие гибкости производств, т. е. создание возможности быстрой перенастройки оборудования для обработки любых, соответствующих конфигурации производства, новых деталей без существенной переналадки и производственной перепланировки (Афанасьев, 2024. С. 225).

В этой связи стало использоваться понятие «*гибкая производственная система*», т.е. «управляемая средствами вычислительной техники совокупность технологического оборудования, состоящего из разных сочетаний гибких производственных модулей и (или) гибких производственных ячеек, автоматизированной системы технологической подготовки производства и системы обеспечения функционирования, обладающей свойствами автоматизированной переналадки при изменении программы производства изделий, разновидности которых ограничены технологическими возможностями оборудования»<sup>7</sup>.

Значимым средством автоматизации производства, позволяющим существенно нарастить его гибкость, являются *промышленные роботы*, представляющие собой «автоматические машины, стационарные или передвижные, состоящие из исполнительного

---

7. ГОСТ 26228-90. Системы производственные гибкие. С. 2.

устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций».<sup>8</sup> Они могут быть использованы как вспомогательное или основное оборудование. В первом случае робот осуществляет вспомогательные операции, расширяя возможности и повышая производительность основного технологического оборудования; во втором — он сам выполняет ряд технологических операций (Афанасьев, 2023а. С. 1432).

Перспективы развития гибкости производств также увязываются с применением *аддитивных технологий* (АТ). Они предполагают изготовление изделий путем добавления материала по цифровой модели в отличие от традиционно распространенных субтрактивных технологий, основанных на удалении лишнего материала с заготовки (сверление, фрезерование, токарная обработка и т.д.). Непосредственное изготовление изделия по цифровой САД-модели существенно снижает длительность цикла от проектирования до выпуска продукции. Такие технологии, помимо расширения спектра производственных возможностей за счет новых параметров технологичности изготавливаемых изделий, позволяют достигать низкой себестоимости при единичном производстве или малых партиях, что имеет важное значение при производстве кастомизированной продукции<sup>9</sup>.

**Программная компонента передовых производственных систем.** Для структурирования содержания данной компоненты представляется плодотворным подход, примененный разработчиками НТИ Технет, сгруппировавшими совокупность информационных систем в два технологических сегмента:

- набор технологий, обеспечивающий реализацию концепции передового цифрового проектирования (*Smart Design*). Они обеспечивают возможность создания в цифровом виде модели продукта и его информационное сопровождение на всех этапах жизненного цикла. Здесь выделяются про-

8. ГОСТ 25686-85. Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы. Термины и определения. С. 2.

9. ГОСТ Р 59037–2020. Аддитивные технологии Конструирование металлических изделий Руководящие принципы.

граммные продукты для цифрового проектирования, компьютерного инжиниринга и технологической подготовки производства (CAD, CAE, CAM и др.), решения для управления данными о продукте (PDM) и жизненным циклом изделий (PLM);

- совокупность технологий, обеспечивающая реализацию концепции «умного» производства (*Smart Manufacturing*). Они позволяют осуществить с минимальным участием человека «операционное управление технологическими процессами, производством, предприятием; технологическую подготовку и реализацию производственного процесса для кастомизированной продукции широкой номенклатуры на основе гибких, реконфигурируемых и модульных машин, оборудования и робототехники»<sup>10</sup>. Основой данного технологического сегмента становятся MES- и ERP-системы<sup>11</sup>.

Предполагается, что в обновленном варианте информационные системы будут способны решать оптимизационные задачи, в том числе с применением технологий искусственного интеллекта и больших данных.

**Возможность подключения** является важнейшей частью формулируемых концепций. Так, датчики, собирающие и передающие связанные с производственным процессом разнообразные данные, обеспечивают их предоставление для последующего анализа. В результате достигается возможность вовлечения физических объектов в цифровое взаимодействие и их функционирования на этой основе.

---

10. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии». С. 7. [https://digital.gov.ru/ru/documents/6662/?utm\\_referrer=https%3a%2f%2f](https://digital.gov.ru/ru/documents/6662/?utm_referrer=https%3a%2f%2f) (дата обращения: 19.12.2023).

11. План мероприятий («дорожная карта») «ТЕХНЕТ» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы. С. 53. [https://nti2035.ru/docs/DK\\_technet\\_2021.pdf](https://nti2035.ru/docs/DK_technet_2021.pdf)



## ГЛОБАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 2.1. Политика цифровой трансформации производств: Германия, США, Китай

**Германия.** Концепция развития немецкой промышленности Industrie 4.0 впервые была представлена в 2011 г. рядом крупных немецких ученых и государственных деятелей в сфере науки и технологий. После ее поддержки ведущими предпринимательскими союзами Германии, среди которых BITCOM e.V. (ассоциация, объединяющая свыше 2200 компаний Германии в сфере информационно-коммуникационные технологии), VDMA e.V. (союз машиностроителей Германии, объединяющий около 3200 участников), ZVEI e.V. (объединение предприятий электротехнической промышленности Германии, насчитывающее более 1100 участников и охватывающее около 90% отрасли), а также Обществом имени Фраунгофера, был инициирован процесс по уточнению ее содержания и дальнейших перспектив.

Разрабатываемая концепция была нацелена на долгосрочное сохранение достигнутого промышленностью Германии доминирующего положения на мировых рынках промышленной продукции, прежде всего в таких отраслях, как общее машиностроение и автомобилестроение, химическая и фармацевтическая промышленность, а также наращивание числа немецких компаний среди мировых лидеров в этих областях. По оценкам BITCOM, реализация инициативы должна обеспечить увеличение объемов немецкими производствами к 2025 г. почти на 80 млрд евро в год, прежде всего за счет роста выпуска технической и химической продукции<sup>12</sup>.

---

12. Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V., Das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. Berlin, Stuttgart, 2014. S. 8.

Достижение этих целей сопряжено с необходимостью масштабной координации экономических субъектов, представителей науки, образования, общественных институтов и т.д. Сформированная «снизу–вверх» по инициативе промышленных групп и представителей науки ФРГ, «Индустрия 4.0» позже стала частью государственной политики, в основе которой лежат прежде всего механизмы обеспечения возможности эффективного взаимодействия всех вовлеченных сторон (Белов, 2016. С. 20). Ее важнейшим инструментом стала специализированная цифровая платформа Plattform Industrie 4.0, которая обеспечивает среду для такого взаимодействия, являясь ключевой частью промышленной экосистемы<sup>13</sup>.

Основной вклад в реализацию программы (порядка 2,5 млрд евро в течение 10 лет) осуществляют промышленные предприятия, заключившие соглашение о партнерстве. Затраты же бюджета Германии на нее незначительны и направлены прежде всего на решение организационных задач. Так на технологии для Индустрии 4.0 государством было выделено 200 млн евро, еще 200 млн евро — на исследовательскую деятельность и реализацию программ — федеральными министерствами<sup>14</sup>.

**США.** Контекст осуществляемой США политики во многом определяется положением глобального лидерства американских высокотехнологичных компаний. Уже в 2011 г. была обозначена национальная инициатива Advanced Manufacturing Partnership (AMP)<sup>15</sup>. Предполагалось, что деятельность сформированного Руководящего комитета партнерства по передовому производству будет направлена на развитие благоприятной для инвестирования в новые технологии среды, обеспечивающей эффективное взаимодействие между промышленностью, университетами и федеральным правительством. Поддержание технологического превосходства в передовом производстве было обозначено в качестве вопроса

---

13. <https://www.plattform-i40.de> (дата обращения: 03.03.2024).

14. Доклад о развитии цифровой экономики в России «Конкуренция в цифровую эпоху: стратегические вызовы для России». Всемирный банк. Сентябрь 2018 г. С. 73. [www.vsemirnyjbank.org/ru/country/russia/publication/competing-in-digital-age](http://www.vsemirnyjbank.org/ru/country/russia/publication/competing-in-digital-age) (дата обращения: 03.03.2024).

15. Президент Обама запускает Партнерство в сфере передового производства /Релиз белого дома 24.06.2011. <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2011/06/24/president-obama-launches-advanced-manufacturing-partnership> (дата обращения: 03.03.2024).

национальной безопасности как критически важной составляющей поддержания глобальной конкурентоспособности США<sup>16</sup>.

Позже, в 2013 г., был сформирован второй состав Руководящего комитета партнерства по передовому производству «2.0», который должен был функционировать как рабочая группа Президентского совета консультантов по науке и технологиям<sup>17</sup>. Ключевым этапом политики Соединенных Штатов в области передового производства стало принятие в 2014 г. Закона о возрождении американского производства и инноваций (Revitalize American Manufacturing and Innovation Act – RAMI). Позже, в 2018 г., Белый дом опубликовал Стратегию американского лидерства в области передового производства (Strategy for American Leadership in Advanced Manufacturing) под названием «Производство США» (Manufacturing USA – MUSA), главное внимание в которой было уделено проблемам взаимодействия промышленности, государства, образования и науки с целью совершенствования инновационного механизма, обеспечения благоприятной среды для внедрения передовых производственных технологий (Пястолов, 2020. С. 108).

Значительные усилия в развитии передовых производств в США осуществляет созданный ведущими американскими высокотехнологичными компаниями (такими, как General Electric, AT&T, IBM, Intel, Schneider Electric Global, Cisco Systems и др.) Консорциум промышленного интернета<sup>18</sup>. Если в немецкой концепции «Индустрия 4.0» основное внимание было уделено инжинирингу, в значительной степени определяющему гибкость цепочки создания стоимости, то американский промышленный интернет больше сосредоточен на элементах интеллектуального производства, связанных с программным обеспечением, что соответствует производственным интересам разработчиков концепции.

---

16. Report to the President on capturing domestic competitive advanced in advanced manufacturing/ July 2012 Executive Office of the President President's Council of Advisors on Science and Technology. [https://www.manufacturing.gov/sites/default/files/2018-01/pcast\\_amp\\_steering\\_committee\\_report\\_final\\_july\\_27\\_2012.pdf](https://www.manufacturing.gov/sites/default/files/2018-01/pcast_amp_steering_committee_report_final_july_27_2012.pdf) (дата обращения: 03.03.2024).

17. President Obama Launches Advanced Manufacturing Partnership Steering Committee «2.0». <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2013/09/26/president-obama-launches-advanced-manufacturing-partnership-steering-com> (дата обращения: 03.03.2024).

18. <https://www.digitaltwinconsortium.org/> (дата обращения: 15.03.2024).

Основными задачами деятельности Консорциума стали отработка проектов по внедрению технологий интернета вещей в промышленности, разработка эталонной архитектуры, установление глобальных стандартов и т.д.

Таким образом, в США усилия государства направлены на создание благоприятной среды для эффективного взаимодействия науки, образования, государства и промышленности в целях распространения передовых производственных технологий (инициатива «сверху»), а координация деятельности ведущих американских технологических компаний (инициатива «снизу») – на формирование институциональной базы, способствующей закреплению долгосрочной перспективы их глобального лидерства.

**Китай.** Следует отметить определяющую роль государства в принятии курса Китая на внедрение передовых производственных технологий, что существенно контрастирует с ключевой ролью предпринимательской инициативы в Германии и США<sup>19</sup>.

Важнейшее значение для определения контекста принятия стратегии имеет то, что в Китае, как на «мировой фабрике», производится значительная доля мировой промышленной продукции. Так, в 2015 г. в стране производилось или собиралось<sup>20</sup>:

- 28% автомобилей в мире;
- 41% судов в мире;
- более 80% компьютеров в мире;
- более 90% мобильных телефонов в мире;
- 60% цветных телевизоров в мире;
- более 50% холодильников в мире;
- 80% кондиционеров в мире;
- 24% мировой электроэнергии;
- 50% мировой стали.

В то же время для производств Китая в значительной мере были характерны низкая добавленная стоимость, высокая энерго-

---

19. Информационный бюллетень «Made in China 2025». [https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/China/MIC2025\\_factsheet.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/China/MIC2025_factsheet.pdf?__blob=publicationFile&v=3) (дата обращения: 08.03.2024).

20. China Manufacturing 2025 Putting Industrial Policy Ahead of Market Forces. European Union Chamber of Commerce in China 2017. P. 2. [https://www.cscce.it/upload/doc/china\\_manufacturing\\_2025\\_putting\\_industrial\\_policy\\_ahead\\_of\\_market\\_force%5Benglish-version%5D.pdf](https://www.cscce.it/upload/doc/china_manufacturing_2025_putting_industrial_policy_ahead_of_market_force%5Benglish-version%5D.pdf) (дата обращения: 10.03.2024).

емкость, сопутствующий высокий экологический ущерб и сильная зависимость от иностранных технологий. Низкие затраты на труд и поток мигрантов из сельских районов Китая в промышленные центры в последнее десятилетие сменились увеличившимися расходами вследствие роста заработной платы и дефицитом рабочих кадров. Перспективы удержания конкурентоспособности производств сопрягались с необходимостью их модернизации на современной технологической основе.

На решение этой задачи был направлен план: «Умное производство» 12-й пятилетки (с 2012 г.); по развитию промышленных роботов (с 2013 г.); по развитию 3D-печати (с 2015 г.) и т. д.

С принятием в 2015 г. стратегического плана развития промышленности Китая – программы «Made in China 2025» (MIC 2025) – в значительной степени нескоординированные предпринимаемые ранее усилия по продвижению решений в сфере передового производства были объединены и увязаны в рамках единого цикла по достижению стратегических целей.

Создание так называемых «умных производств» в Китае, основывается на принципах, аналогичных концепции Индустрия 4.0. и Консорциума промышленного интернета в США, но включает также и решение задач по модернизации устаревшей технической базы, но уже на новой технологической основе, например, роботизацию производств, которую Германия уже осуществила в предшествовавшие периоды.

После принятия программы центральные и местные органы власти Китая объявили о выделении сотен миллиардов долларов для ее финансирования в виде субсидий, фондов и других каналов поддержки. В 2018 г. Всемирный банк оценивал расходы на эту программу на уровне 300 млрд долл.<sup>21</sup>

Программа охватывает 10 ключевых отраслей промышленности, в которых китайское правительство надеется повысить конкурентоспособность своих предприятий на внутренних рынках, а также ускорить их глобальную экспансию. Среди них: информационные технологии нового поколения; высокотехнологичное оборудо-

---

21. Доклад о развитии цифровой экономики в России «Конкуренция в цифровую эпоху: стратегические вызовы для России». Всемирный банк. Сентябрь 2018 г. С. 73.

дование с числовым программным управлением и робототехника; аэрокосмическое и авиационное оборудование; морское инженерное оборудование и высокотехнологичное производство морских судов; современное железнодорожное оборудование; энергосберегающие транспортные средства и новые энергетические транспортные средства; электрооборудование; сельскохозяйственные машины и оборудование; новые материалы; биофармацевтические и высокоэффективные медицинские приборы (Хейфец, 2019. С. 133).

Приоритетами промышленной политики Китая в области производства и цифровизации стали обновление промышленности на современной технологической основе, а также замена иностранных технологий китайскими (локализация). Ожидалось, что компании-лидеры в высокотехнологичных отраслях станут способны создавать независимые инновационные технологические решения и заменят своих иностранных конкурентов на внутреннем рынке, а также приобретут возможность для экспансии на мировых рынках<sup>22</sup>.

Если подход к формированию политики «снизу–вверх», реализованный в странах, где уже достигнуты глобальные доминирующие позиции самими производствами и/или технологическими компаниями – создателями соответствующих решений, опирается прежде всего на значительную предпринимательскую инициативу, то подход «сверху–вниз» – на организующие усилия государства.

Среди преимуществ такого подхода к организации политики развития промышленности, реализованного в Китае, можно отметить: возможность быстрой мобилизации имеющегося потенциала в решении поставленных задач; сокращение времени реализации мероприятий и создание возможности их синхронизации; повышение их результативности вследствие увязывания в едином цикле комплексной программы разнообразных инициатив и соответствующих мероприятий и т.д.

В то же время такой подход несет в себе ряд рисков и угроз: 1) фокусирование внимания на технической стороне проблемы приводит к недооценке существенной зависимости прогресса в про-

---

22. Made in China 2025 The making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries// Merics. Papers on China No. 2. December 2016. P. 20. <https://merics.org/sites/default/files/2020-04/Made%20in%20China%202025.pdf> (дата обращения: 05.03.2024).

мышленном производстве от его организации и управления, игнорируя вопросы модернизации средств производства от перемен в труде персонала и подходах к построению процессов; 2) навязывание предприятиям приоритета внедрения передовых технологий, т.е. без учета фактических обстоятельств их деятельности, таких, как неготовность к внедрению передовых технологий или возможность решения стоящих задач менее технологичными и простыми средствами; 3) снижение результативности изменений из-за невозможности использования эволюционного характера обновлений, т.е. постепенных перемен, когда в течение длительного срока происходит адаптация к ним; 4) неэффективное распределение средств, выделяемых на основе нерыночных мотивов; 5) повышение рисков создания излишних мощностей и т.д.<sup>23</sup>

Относительно достигнутых программой МИС 2025 результатов существуют различные точки зрения, встречаются как позитивные, так и не слишком оптимистичные взгляды на ее итоги<sup>24</sup>. Что же касается результатов модернизации технической базы, то, например, показатель количества установленных промышленных роботов на 10 тыс. рабочих за время реализации программы (с 2015 по 2022 г.) в Китае вырос более чем в 20 раз (см. рис. 2), обеспечив паритет по нему с ведущими индустриальными странами мира.

В 2023 г., в связи с приближением окончания первого этапа реализации программы, были приняты уточнения ее целевых показателей на более дальнюю перспективу, согласно которым уровень проникновения цифровых инструментов НИОКР и проектирования на промышленных предприятиях к 2027 г. должен будет превысить 90%, а использования ЧПУ в ключевых процессах – 70%<sup>25</sup>.

23. Ibid. P. 26.

24. The world's factory strikes back. С. 13. <https://meric.org/sites/default/files/2024-02/The%20worlds%20factory%20strikes%20back%20-%20MERICS%20-%20Hinrich%20Foundation%20-%20February%202024.pdf> (дата обращения: 05.03.2024). С. 13; Работает ли программа «Сделано в Китае 2025» на Китай. Эконс. <https://econs.online/articles/opinions/rabotaet-li-programma-sdelano-v-kitae-2025-na-kitai/> (дата обращения: 05.03.2024).

25. Руководящие заключения Министерства промышленности и информационных технологий и других восьми ведомств по ускорению трансформации и модернизации традиционного производства Совместное постановление Министерства промышленности и информационных технологий [2023] № 258. 工业和信息化部等八部门关于加快传统制造业转型升级的指导意见 工信部联规 [2023] 258号. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202312/content\\_6923270.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202312/content_6923270.htm) (дата обращения: 07.03.2024).

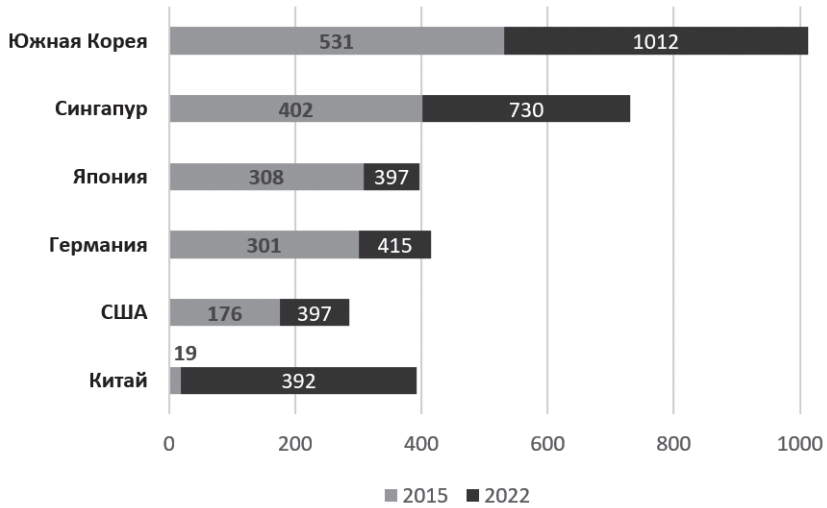


Рис. 2. Изменение плотности роботизации в промышленности (количество установленных роботов на 10 тыс. рабочих) в странах-лидерах на 2015 г. и 2022 г. (шт.)

Составлено по: World robotics. International Federation of Robotics. 2016, 2023.

Стоит напомнить, что в 2015 г. данные показатели были на уровне около 50% и 30% соответственно.

Сопоставление содержания концепций цифрового развития промышленности ведущих стран приведено в табл. 2.

Таблица 2. Стратегии цифрового развития промышленности: Китай, Германия и США

Характеристика	Германия	США	Китай
Наименование концепции/программы	Industrie 4.0	Industrial Internet Consortium	Made in China 2025
Первоначальная национальная стратегия	Стратегии развития высоких технологий до 2020 г.	Национальная инициатива Advanced Manufacturing Partnership	Первый этап более масштабной китайской стратегии
Цель стратегии	Долгосрочное сохранение достигнутого доминирующего положения на мировых рынках промышленной продукции, а также наращивание числа немецких компаний среди мировых лидеров в этих областях	Поддержание технологического превосходства в передовом производстве как критически важной составляющей обеспечения глобальной конкурентоспособности США	Стать мировым и самодостаточным лидером в производстве высококачественной и высокотехнологичной продукции



Характеристика	Германия	США	Китай
Отраслевая направленность	Предприятия, объединенные союзами в сфере информационно-коммуникационных технологий, общем машиностроении, электротехнической промышленности и др.	Телекоммуникации, обработка данных, производство и другие отрасли, охваченные цифровыми технологиями	10 приоритетных отраслей промышленности
Механизм	Развитие технологий и интеграция малых и средних предприятий в производственно-сбытовые цепочки	Формирование институциональной базы, способствующей закреплению долгосрочной перспективы глобального лидерства	Реиндустриализация на современной технологической основе, замена иностранных технологий китайскими (локализация). Цифровая связанность производственной системы страны
Источник инициативы	Инициатива «снизу–вверх» со стороны промышленных групп и представителей науки ФРГ, позже стала частью государственной политики. Ключевая роль предпринимательской инициативы	Инициатива «сверху» на установление стратегического ориентира и создания среды для эффективного взаимодействия. Инициатива «снизу» на формирование институциональной базы	Определяющая роль государства в принятии курса Китая на внедрение передовых производственных технологий

Составлено по: Доклад о развитии цифровой экономики в России «Конкуренция в цифровую эпоху: стратегические вызовы для России». Всемирный банк. Сентябрь 2018 г. С. 73. [www.vsemirnyjbank.org/ru/country/russia/publication/competing-in-digital-age](http://www.vsemirnyjbank.org/ru/country/russia/publication/competing-in-digital-age); Информационный бюллетень «Made in China 2025». [https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/China/MIC2025\\_factsheet.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/China/MIC2025_factsheet.pdf?__blob=publicationFile&v=3) (дата обращения: 08.03.2024).

## 2.2. Тренды глобальных рынков передовых производственных технологий

Следует отметить, что мировые рынки технологических решений для цифровой трансформации производств имеют значительные масштабы и продолжают рост с высоким темпом. Так, их наращивание в 2022 г. составило около 20%<sup>26</sup>. В то же время, рынок цифровых двойников растет со скоростью порядка 40% в год, рынок промышленного интернета и аддитивных технологий – более 20% в год,

26. Анализ размера и доли рынка Индустрии 4.0 – тенденции роста и прогнозы (2023–2028 гг.) <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/industry-4-0-market> (дата обращения: 22.12.2023)

Таблица 3. Рынки решений основных технологических направлений киберфизических производственных систем в мире и России в 2021 г.

Показатель Технологические направления	Емкость мировых рынков (млрд долл.)	Ожидаемый среднегодовой темп роста мирового рынка (%)	Доля машиностроения в мировом рынке направления (%)	Страны-лидеры (число компаний-лидеров из топ 10)	Рынок России (млн руб.)	Ожидаемый среднегодовой темп роста рынка России (%)	Доля России в мировом рынке (%)
Компьютерное проектирование (CAD)	10,0	6,5	38,0	США (6/10)	11600,0	6,0	0,26
Компьютерный инжиниринг (CAE)	7,0	10,0	75,0	США (6/10), страны ЕС+* 4/10)			
Технологическая подготовка производства (CAM)	3,0	8,0	93,0	США (5/10), страны ЕС+ (3/10)			
Технологии цифровых двойников	6,5	40,0	62,0	США (4/10), страны ЕС+ (6/10)			
Управление данными о продукте (PDM)	3,0	7,0	25,0	США (6/10), страны ЕС+ (4/10)			
Управление жизненным циклом изделия (PLM)	30,0	8,3	71,0	США (6/10), страны ЕС+ (4/10)			
Промышленная робототехника	35,0	10,0	89,0	Япония (6/10), страны ЕС+ (3/10)	6800,0	9,0	0,26
Промышленная сенсорика	200,0	12,0	н/д	США (5/10), страны ЕС+ (4/10)	5,0	6,0	0,00
Промышленный интернет вещей	267,0	23,0	н/д	США (7/10), страны ЕС+ (3/10)	900,0	8,0	0,01
Аддитивные технологии	12,0	20,0	н/д	США (7/10), страны ЕС+ (2/10)	300,0	16,0	0,03

\* Здесь и далее страны ЕС+ включают страны Евросоюза, Великобританию и Швейцарию.

Рассчитано по: Прогноз развития рынков, включенных в направление «Технет» НТИ. 2022 год / Экспертно-аналитический доклад, <https://technet-nti.ru/article/ekspertno-analiticheskij-doklad-prognoz-razvitiya-rynkov-vklyuchennyh-v-napravlenie-nti-tehnet-2022> (дата обращения: 20.12.2023); Тренды и сценарии развития рынков, относящихся к «цифровой фабрике» по направлению «Технет» НТИ в условиях новой реальности. Экспертно-аналитический доклад Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ и МГУ 2023 г. <https://technet-nti.ru/article/ekspertno-analiticheskij-trendy-i-scenarii-razvitiya-rynkov-reshenij-v-oblasti-cifrovoj-transformacii-promyshlennyh-kompanij-v-ramkah-napravleniya-tehnet-nti-v-2023-godu> (дата обращения: 07.01.2024).

промышленной робототехники и сенсорики – свыше 10% в год. Эти процессы затронули практически все индустриально развитые страны, а основными лидерами в выделенных технологических областях преимущественно являются компании из США, с которыми конку-

рируют фирмы из стран Евросоюза, Великобритании, Швейцарии, Японии (Афанасьев, 2024. С. 227).

Относительно отечественного рынка данных решений следует отметить, что темп его роста в 2022 году составил около 30%<sup>27</sup>, в 1,5 раза опережая среднемировой, однако в абсолютных значениях его объемы существенно отстают от таковых стран-лидеров (см. табл. 3).

Отставание России в сфере технологий для передового производства неравномерно. Так в области программного обеспечения у отечественных разработчиков существуют значительные заделы. Здесь, например, можно отметить такие конкурентоспособные решения, как: Компас-3D, Лоцман: PLM компании «Аскон»; T-Flex PLM компании «Топ Системы»; 1С: PLM «Управление жизненным циклом» фирмы «1С» и др. В аппаратной же компоненте – промышленной сенсорике, промышленного интернета вещей, аддитивных технологий – отставание более существенное. Аналогичным образом обстоят дела и в отечественном роботостроении. Этому вопросу особое внимание будет уделено в следующем пункте.

### 2.3. Динамика рынка промышленных роботов

Среднегодовой темп наращивания числа ежегодно устанавливаемых промышленных роботов в мире составляет порядка 10%, а совокупный парк установленного оборудования, размер которого достиг в 2022 г. почти 4 млн ед., уже в последующие пять–шесть лет может удвоиться (см. рис. 3).

Роботизация затронула практически все индустриально развитые страны, в то же время необходимо отметить, что более половины всех устанавливаемых роботов приходится на Китай, а порядка 80% всего потребления формирует пятерка стран-лидеров, среди которых Китай, Япония, США, Республика Корея и Германия. Различны и тенденции наращивания парка. Если в Китае в 2022 г. рост объемов по отношению к 2021 г. составил всего 5%, то в США, Японии, Франции, Мексике – порядка 10–13%, а в Турции – примерно 20%. В то же время в ряде стран в 2022 г. произошло снижение объемов

---

27. Промышленность: итоги цифровизации в 2022 году и прогнозы. АНО «Цифровая экономика». <https://cdo2day.ru/analytics/promyshlennost-itogi-cifrovizacii-v-2022-godu-i-prognozy/> (дата обращения: 06.01.2024)

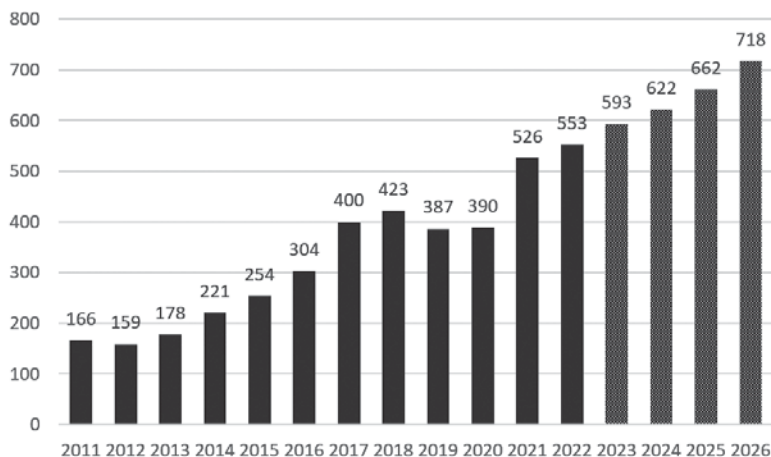


Рис. 3. Установка промышленных роботов в мире по годам (2011—2022 гг., 2023 г. и далее — прогноз) (тыс. шт.)

Составлено по: World robotics 2023. Pp. 10, 32. International Federation of Robotics. [https://ifr.org/img/worldrobotics/2023\\_WR\\_extended\\_version.pdf](https://ifr.org/img/worldrobotics/2023_WR_extended_version.pdf) (дата обращения: 27.12.2023).

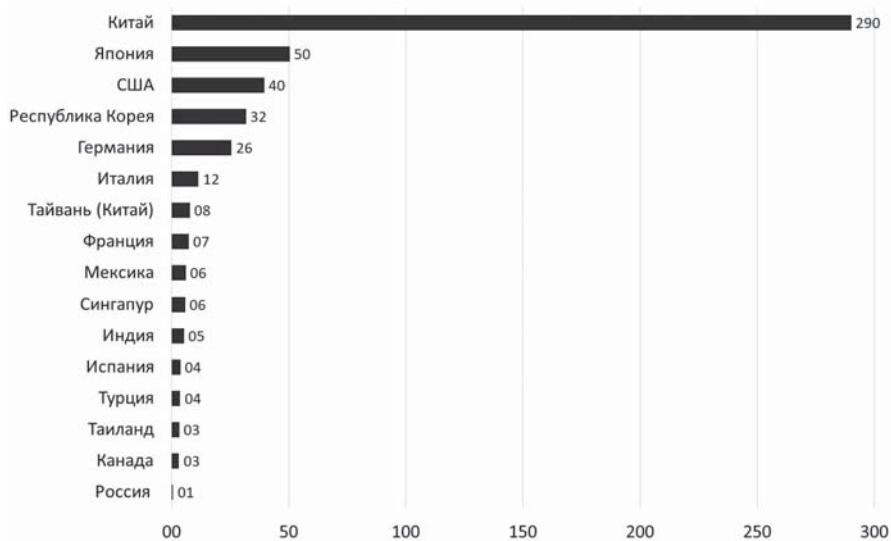


Рис. 4. Установка промышленных роботов в странах-лидерах и России в 2022 г. (тыс. шт.)

Составлено по: World robotics 2023. International Federation of Robotics. P. 17. [https://ifr.org/img/worldrobotics/2023\\_WR\\_extended\\_version.pdf](https://ifr.org/img/worldrobotics/2023_WR_extended_version.pdf) (дата обращения: 27.12.2023).

установки: в Германии оно составило около 1%; в Таиланде, на Тайване – порядка 20%; в России – почти 50% (см. рис. 4).

Основными потребителями промышленных роботов в мире являются отрасли машиностроения (прежде всего, автомобилестроение и электронная промышленность) (см. табл. 4), однако за последние десять лет совокупная доля установок в этих двух отраслях снизилась с 62% в 2012 г. до 53% в 2022 г., прежде всего, за счет ускорения распространения промышленных роботов в иных отраслях промышленности.

Таблица 4. Отраслевая структура потребления роботов в мире и странах-лидерах в 2022 г. (в % от общего числа)

Отрасль	Доля отрасли в потреблении (%)					
	Мир	Китай	Япония	США	Корея	Германия
Электронная и электротехническая промышленность	28,4	34,6	36,4	9,6	45,8	5,2
Автомобильная промышленность	24,6	25,3	25,2	37,4	17,1	26,0
Металлургия и машиностроение	11,9	10,7	16,2	10,1	5,4	16,3
Химическая промышленность и производство пластмасс	4,3	2,1	2,8	7,9	1,9	8,0
Пищевая промышленность	2,7	1,7	1,7	6,3	1,9	1,6
Прочие/Неуточненные	28,0	25,6	17,6	28,6	27,9	42,9

Составлено по: World robotics 2023. International Federation of Robotics. Pp. 12–29. [https://ifr.org/img/worldrobotics/2023\\_WR\\_extended\\_version.pdf](https://ifr.org/img/worldrobotics/2023_WR_extended_version.pdf) (дата обращения: 27.12.2023).

Соответствующим образом представлена и видовая структура оборудования: так в количественном выражении в 2022 г. порядка 48% пришлось на продажу роботов для совершения манипуляций; около 16% – роботов для сварочных работ; 11% – роботов для сборочных операций; более 6% – роботов, предназначенных для работы в чистых помещениях<sup>28</sup>.

В России применение промышленных роботов незначительно. Так, общий парк установленных в нашей стране промышленных роботов можно оценить примерно в 10 тыс. ед.<sup>29</sup> По показателю количества используемых промышленных роботов, приходящихся

28. World robotics 2023. International Federation of Robotics. P. 14. [https://ifr.org/img/worldrobotics/2023\\_WR\\_extended\\_version.pdf](https://ifr.org/img/worldrobotics/2023_WR_extended_version.pdf) (дата обращения: 27.12.2023).

29. Оценка автора с использованием материалов источника (Варшавский, 2021. С. 1876).

на каждые 10 тыс. рабочих, отечественные производства существенно (в 18,9 раз) уступают среднемировому уровню. Отставание же от стран-лидеров по плотности роботизации еще значительнее, так, например, от Германии, Японии, Китая оно составляет примерно 50 раз (см. рис. 5).

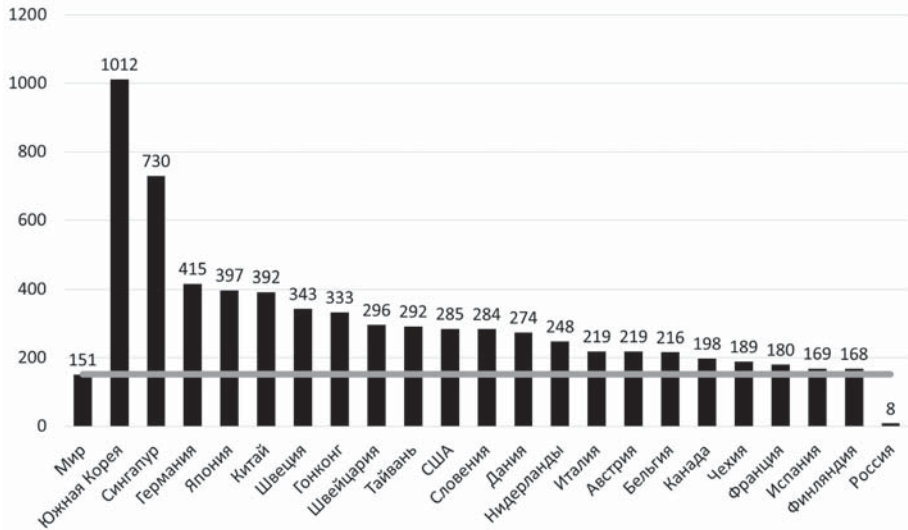


Рис. 5. Плотность роботизации в промышленности в 2022 г. (количество установленных роботов на 10 тыс. рабочих, шт.)

Источник: Технологический обзор «Робототехника 2023. Возможности для России». СБЕР. 2023. С. 13. <https://sberlabs.com/common/assets/sberlabs/sfrfwe354hpf1f6sv27g8rx8j2ow5gd.pdf> (дата обращения: 26.02.2024).

В последние годы количество устанавливаемых промышленных роботов увеличивалось и достигло уровня в 1–1,5 тыс. изделий в год. Следует отметить, что за три десятилетия в постсоветской России существовавшие компетенции советского роботостроения были практически утрачены, и из устанавливаемого оборудования только 80–100 ед. были собраны внутри страны и, как правило, с использованием импортных комплектующих. Большая же часть устанавливаемого в нашей стране оборудования – зарубежного производства, из него порядка 80–90% традиционно приходилось на изделия компаний FANUC (Япония) и KUKA (Германия).

Последнее десятилетие (до 2022 г.) темп наращивания объемов потребления промышленных роботов в России составлял порядка 20%, однако в 2022 г. вследствие санкционных ограничений произошло почти двукратное их снижение (см. рис. 6).

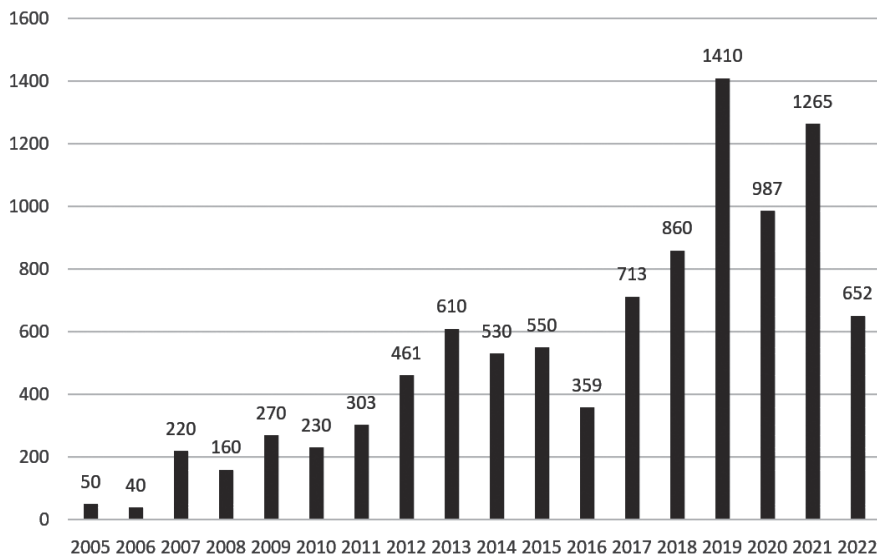


Рис. 6. Установка промышленных роботов в России в 2005–2022 гг. (шт.)  
Составлено по: (Варшавский, 2021. С. 188б; Конюховская, 2024).

В России на предприятия машиностроения приходится порядка 67% устанавливаемых промышленных роботов, из них 44 п.п. – на автомобилестроение. Что касается видовой структуры, то около 20% заняты перемещением материалов; 10% – упаковкой и сортировкой; 4% – паллетированием; 4% – обслуживанием станков; 2% – литьем пластмасс; 2% – штамповкой, ковкой и сгибанием. То есть примерно 42% роботов приходится на роботов для манипуляций, еще 25% занимают сварочные роботы (Конюховская, 2024).

В начале 2023 г. Президентом России было дано поручение правительству о разработке и утверждении федерального проекта по развитию отечественной робототехники, направленного на сокращение отставания в сфере роботизации от среднемирового

уровня<sup>30</sup>, позже – в феврале 2024 г. – в послании Федеральному собранию были обозначены планы по вхождению России к 2030 г. в число 25 ведущих стран мира по числу промышленных роботов<sup>31</sup>.

В этой связи примечательно, что в Челябинске в феврале 2024 г. было запущено первое серийное производство промышленных роботов в России. Его планируемая производственная мощность составляет 600 изделий всех типов в год<sup>32</sup>.

---

30. Перечень поручений по итогам конференции «Путешествие в мир искусственного интеллекта». <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/70418> (дата обращения: 02.03.2024).

31. Послание Президента Федеральному Собранию 29 февраля 2024 года. <http://kremlin.ru/events/president/news/73585> (дата обращения: 14.03.2024).

32. Путину показали производство роботов в Челябинске. <https://ura.news/news/1052734304> (дата обращения: 02.03.2024).



## ГОТОВНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА РОССИИ К ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

### 3.1. Промышленное производство России в аспекте развёртывания процессов его автоматизации

Ожидается, что цифровая трансформация затронет прежде всего программную компоненту и потребует частичной (40–50%) модернизации технической базы. Однако это верно только для тех стран, которые существенно обновили ее (порядка 80–90%) в процессе автоматизации на текущем этапе развития (см. рис. 7).

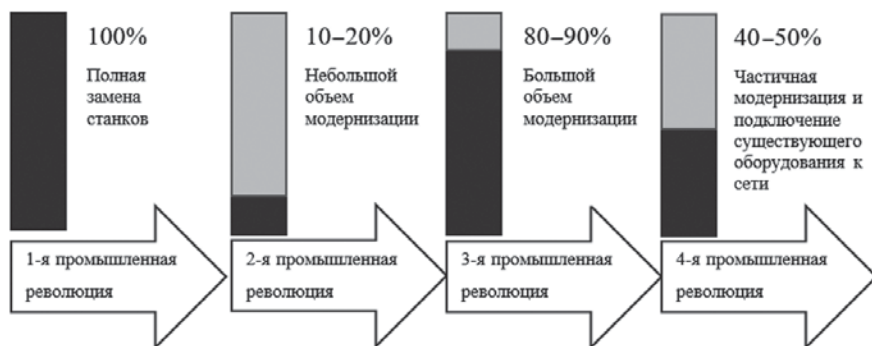


Рис. 7. Примерные доли модернизации технической базы на различных этапах прогресса

*Источник:* Четвертая промышленная революция. Целевые ориентиры развития промышленных технологий и инноваций Всемирный экономический форум, 2019. С. 19. [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Четвертая\\_промышленная%20революция.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Четвертая_промышленная%20революция.pdf) (дата обращения: 25.12.2023).

Что касается течения процессов обновления в нашей стране, то реализуемая масштабная техническая модернизация производств во второй половине 1980-х гг. замедлилась и была практически остановлена в период рыночной трансформации. Так, если в 1970 г. коэффициент обновления основных фондов предприятий в промышленности составлял 10,6%, то к 1985 г. произошло его снижение до 6,9%, а в 1993 г. до 2%, с дальнейшим падением до 1,2% в 1998 г. (Афанасьев, 2023д. С. 113). В ряде отраслей спад был еще сильнее, так, например, коэффициент обновления основных фондов предприятий машиностроения и металлообработки в сопоставимых ценах в 1998 году упал до 0,4% (Афанасьев, 2023е. С. 2177). Позднее темпы обновления стали восстанавливаться, однако так и не достигли прежних уровней – в 2022 г. значение коэффициента в сопоставимых ценах составило 4,7%<sup>33</sup>.

Отечественным промышленным производствам характерно технологическое устаревание. Так, на конец 2022 г. степень износа основных фондов в промышленности по группе машин и оборудования составила свыше 60%, а около четверти из них изношены полностью.

Например, в судостроительной промышленности в настоящее время эксплуатируется более 60% морально устаревшей и до 80% физически изношенной активной части производственных фондов<sup>34</sup>. Обследование 14-ти производств из управленческого периметра Объединенной судостроительной корпорации (ОСК) выявило, что средний возраст установленного парка станков составляет от 30 до 43 лет, 90% оборудования морально устарело, а доля станков с ЧПУ составляет всего порядка 6%.

Аналогичным образом обстоят дела в авиационной промышленности, где доля оборудования с ЧПУ составляет всего 7–8% от совокупного парка<sup>35</sup>. По данному показателю отечественные производства существенно отстают от стран-лидеров<sup>36</sup>.

33. Рассчитано автором по данным Росстата.

34. Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 октября 2019 г. № 2553-р. С. 7. <http://static.government.ru/media/files/WlszzFJXA26YAХаOifb1H2KQqmi1D7S7.pdf> (дата обращения: 29.03.2024).

35. Материалы выступления О.С. Сироткина, Президента Национальной технологической палаты член-корреспондента РАН на заседании президиума РАН по проблемам станкостроения 26.04.2022. <https://youtu.be/i87e31YeMOc> (дата обращения: 05.01.2024).

36. К примеру, в промышленности Китая (до начала реализации программы модернизации МС–2025) доля станков с ЧПУ, используемых в ключевых производственных процессах, составляла 27% (2013 г.). Программой МС 2025 было предусмотрено достижение этой доли к 2025 г. до 64%, а согласно позже дополненным планам – вывод к 2027 г. на уровень свыше 70%.

Отмечается, что в более чем половине случаев ввод новых машин и оборудования в России происходит в виде отдельных установок. При таком подходе к обновлению, как правило, сохраняются прежние форматы технологического цикла. Установка же оборудования в составе полных комплексов или технологических линий осуществлялась, например, в 2020 г. всего на 40% модернизируемых предприятий (Лола, 2021. С. 5).

Следствием совокупного воздействия негативных факторов является существенное отставание отечественных производств в производительности труда. Так, например на крупнейших российских предприятиях станкостроения в 2021 г. она составила в среднем 3,3 млн руб./ чел., что ниже уровня США в 9 раз, Японии и Германии – в 6 раз, Тайваня – в 5 раз, Китая – в 2–3 раза (см. рис. 8). Примечательно, что использование передовых организационных подходов и их обеспечение современными цифровыми технологиями позволило станкостроительному предприятию в Ульяновске, организованному лидерами мирового станкостроения DMG MORI, достигнуть более высокой (в 6,3 раза) производительности труда, чем в среднем по российским предприятиям отрасли, на сопоставимом уровне с ведущими станкостроителями в мире.

В ряде других отраслей отмечается схожая ситуация. Так, например, выработка на одного работника в авиастроительной промышленности России (65 тыс. долл.) в 6–7 раз ниже, чем в США и Евросоюзе; на одного работника в отечественной судостроительной промышленности (65 тыс. долл.) в 3–5 раз ниже, чем в Южной Корее, Германии<sup>37</sup>. Столь принципиально значимое отставание ограничивает возможность обретения производствами глобальной конкурентоспособности.

Процессы автоматизации промышленного производства сопряжены также с внедрением информационных систем как для производственных, так и связанных с ними бизнес-процессов (Афанасьев, 2023а. С. 1434). В этой связи следует отметить низкий уровень использования таких программных средств российскими

---

37. Материалы выступления О.С. Сироткина, Президента Национальной технологической палаты член-корреспондента РАН на заседании президиума РАН по проблемам станкостроения 26.04.2022.

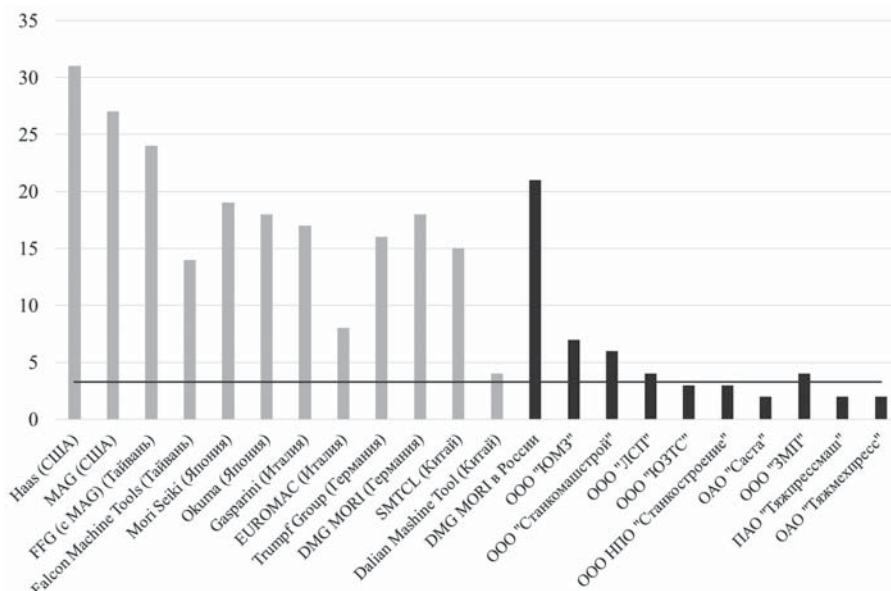


Рис. 8. Производительность труда в мировом станкостроении в 2021 г. (млн руб./ чел.)

Источник: Исследование передовой российской и зарубежной практики в области повышения производительности труда по отрасли «Производство станков, машин и оборудования для обработки металлов и прочих твердых материалов». Федеральный центр компетенций в сфере производительности труда. Ноябрь 2022. С. 120. <https://производительность.рф> (дата обращения: 23.12.2023).

производственными предприятиями при высокой зависимости от иностранных решений (см. табл. 5).

В то же время обращает на себя внимание высокий темп распространения этих систем в последние годы. Так, только за 2022 г. доля предприятий обрабатывающих производств, использующих системы планирования ресурсов, специальное инженерное программное обеспечение и средства для управления автоматизированным производством и технологическими процессами, была увеличена более чем в 1,3 раза, также произошло кратное — в 2,5–3 раза — увеличение доли предприятий, использующих такие важные для разворачивания процессов трансформации системы, как SCM-системы и PLM/PDM системы. Таким образом можно отметить существенные позитивные сдвиги в данном направлении.

Таблица 5. Использование специальных программных средств в бизнес-процессах в 2021–2022 гг.

Вид средств	Доля организаций обрабатывающих производств, использующих специальные программные средства (в % от общего числа организаций)		Доля организаций, использующих отечественные разработки, по всем видам деятельности (в % от общего числа использующих)	
	2021	2022	2021	2022
ERP-системы	28,7	38,8	53,6	53,4
Для проектирования (CAD/CAE/CAM/CAO)	28,9	37,7	43,0	50,0
Для управления автоматизированным производством и/или отдельными техническими средствами и технологическими процессом	22,2	31,2	51,4	47,1
SCM-системы	5,5	17,8	33,3	43,4
PLM/PDM системы	7,9	19,9	57,7	47,8

Рассчитано по: (Индикаторы цифровой..., 2024. С. 193, 196, 197).

Последние десятилетия потребности в передовом оборудовании и программных средствах для автоматизации в значительной мере удовлетворялись за счет зарубежных решений (Афанасьев, 2023е. С. 2180). Хотя масштабы применения зарубежной техники и имели тенденцию к снижению в период реализации планов по импортозамещению, установку импортного оборудования, например, в 2020 г. осуществило свыше 40% предприятий (Лола, 2021. С. 15). Доля же используемого зарубежного программного обеспечения для автоматизации, например, в 2021 г., составила порядка 60%. А в части «тяжелого» обеспечения доля иностранного программного обеспечения по разным оценкам достигает 80%, различаясь по сегментам. Так, например, в сегменте САД она оценивается в 70% (в денежном выражении), а в САЕ – более 90%.

Отмечается, что в 2020 г. при закупках инженерного программного обеспечения со стороны организаций государственного сектора РФ около 75% приходилось на иностранное программное обеспечение (Байдаров, 2022. С. 303).

### 3.2. Оценка цифровой зрелости отечественного промышленного производства

Сводным показателем соответствия текущего состояния внедрения цифровых технологий существующей передовой практике является уровень цифровой зрелости. Так, под **цифровой зрелостью** промышленных предприятий принято понимать «их готовность встраивания в новый технологический уклад, использующий новейшие достижения цифровых технологий»<sup>38</sup>.

Существуют различные методики и подходы для проведения таких оценок. Можно отметить разработки исследователей и практиков из Сколково, посвященные оценке цифровой зрелости регионов и отраженные в труде «Методологии расчета индекса «Цифровая Россия» субъектов Российской Федерации»<sup>39</sup>. Также имеет большую исследовательскую значимость и практическую ценность труд немецких специалистов из Acatech по оценке готовности промышленных компаний к деятельности в парадигме Индустрии 4.0<sup>40</sup>.

Особого внимания в контексте данного исследования заслуживает подход к оценке уровня цифровой зрелости промышленных предприятий, реализованный в рамках модуля ГИСП «Цифровой паспорт промышленных предприятий», применяемый Минпромторгом России. Следует отметить, что с 1 января 2023 г. оценка цифровой зрелости не реже 1 раза в полугодие стала обязательной для всех промышленных предприятий, претендующих на получение господдержки<sup>41</sup>.

- 
38. Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года» (утв. Минпромторгом РФ 14.07.2021 г.). С. 6.
39. Методология расчета индекса «Цифровая Россия» субъектов Российской Федерации // Сколково 2018. [https://sk.skolkovo.ru/storage/file\\_storage/00436d13-c75c-46cf-9e78-89375a6b4918/SKOLKOVO\\_Digital\\_Russia\\_Methodology\\_2019-04\\_ru.pdf](https://sk.skolkovo.ru/storage/file_storage/00436d13-c75c-46cf-9e78-89375a6b4918/SKOLKOVO_Digital_Russia_Methodology_2019-04_ru.pdf) (дата обращения: 30.07.2023).
40. Индекс зрелости Индустрии 4.0 – Управление цифровым преобразованием компаний (acatech исследование) / Гюнтер Шу и др. / Munich: Herbert Utz Verlag 2017. [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech\\_STUDIE\\_rus\\_Maturity\\_Index\\_WEB.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_rus_Maturity_Index_WEB.pdf) (дата обращения: 30.07.2023). См. также: (Афанасьев, 2023г. С. 1400).
41. Цифровая зрелость станет обязательной. COMNEWS. Октябрь 2022. <https://www.comnews.ru/content/222714/2022-10-21/2022> (дата обращения: 30.03.2024).

В основе этой методики расчета индекса цифровизации промышленных предприятий лежит оценка степени автоматизации основных и вспомогательных бизнес-процессов, а также внедрения передовых практик технологического развития (см. табл. 6).

Таблица 6. Перечень процессов, участвующих при оценке «цифровой зрелости»

Бизнес-процессы в цепочке создания добавленной стоимости	Вспомогательные бизнес-процессы	Технологическое развитие на предприятии
1. Управление маркетинговыми исследованиями	10. Стратегическое управление предприятием	20. Управление развитием и цифровизацией предприятия
2. Управление опытно-конструкторскими работами	11. Управление финансами	21. Единое информационное пространство
3. Управление МТО и закупками	12. Управление ИТ	22. Применение сквозных и наилучших доступных технологий
4. Управление подготовкой производства	13. Управление персоналом	23. Применение технических средств автоматизации производственных процессов
5. Управление производством	14. Юридическое управление	24. Средства защиты информации
6. Управление качеством продукции	15. Управление эксплуатацией и обслуживанием оборудования	25. Уровень оснащения АРМ и высококвалифицированные кадры
7. Управление складом готовой продукции	16. Управление безопасностью	26. Применение технологий искусственного интеллекта
8. Управление сбытом и логистикой	17. Организационное развитие и повышение операционной эффективности	27. Применение технологий цифровых двойников
9. Монтаж, эксплуатация и послепродажное обслуживание	18. Управление документооборотом и корпоративным контентом	
	19. Управление охраной труда, экологией и промышленной безопасностью	

Составлено по: (Киреев, 2023).

Результатом обследования становится характеристика степени автоматизации основных и вспомогательных бизнес-процессов (процессы с 1–19), определяемой следующим образом: 0 – процесса нет на предприятии; 1 – процесс не автоматизирован; 2 – частичная автоматизация с использованием общих и несистемных программных инструментов; 3 – автоматизация основных функций процесса; 4 – автоматизация функций аналитики и прогнозирования. Для оценки технологического развития применяются: бинарная оценка – есть/нет по направлениям 20–22, 24, 26–27; балльная оценка: по направлениям 23 (4 балла) и 25 (5 баллов).

При обследовании широкой выборки предприятий промышленности по состоянию на июнь 2022 г. средний уровень цифровой

зрелости составил порядка 41% (Шкарунета, 2023. С. 14), что соотносится с категорией цифровизации «малая» (см. табл. 7). На предприятиях преимущественно осуществлена частичная автоматизация с использованием общих и несистемных программных инструментов, а большая часть бизнес-процессов не автоматизирована.

Таблица 7. Категории цифровизации

Номер категории	Наименование категории цифровизации	Уровень цифровой зрелости
0	Нулевая	0 – при отсутствии явления
1	Низшая	0–25
2	Малая	25–45
3	Средняя	45–60
4	Большая	60–75
5	Повышенная	75–90
6	Высокая	90–99
7	Завершенная	100

Источник: разработка автора с использованием ГОСТ 23004-78, ГОСТ 14.309-74.

Как следует из приведенной методики, она учитывает отраслевые особенности исследуемых предприятий. Так, например, оценки индекса цифровизации предприятий судостроительной отрасли по итогам III квартала 2022 г. приведены в табл. 8 (категорирование результатов проведено на основе шкалы, отраженной в табл. 7).

Таким образом, в отрасли одно предприятие соответствует уровню «цифровой зрелости» «повышенная», т.е., исходя из критериев, на нем проведена автоматизация большинства основных функций процессов и начата автоматизация функций аналитики и прогнозирования. Уровень цифровизации десяти предприятий отрасли соответствует категории «средняя», что характерно для тех из них, на которых преимущественно реализована автоматизация основных функций процесса. Уровень цифровизации девяти предприятий отрасли – категории «малая», что свойственно для тех из них, на которых осуществлена частичная автоматизация с использованием общих и несистемных программных инструментов, а большая часть бизнес-процессов не автоматизирована. Трём из обследованных предприятий соответствует категории «низшая»,



Таблица 8. Уровень «цифровой зрелости» ведущих предприятий судостроительной отрасли по итогам III квартала 2022 г.

№ места	Наименование предприятия	Индекс цифровизации, %	Категория цифровизации
1	АО «Судостроительный завод “ВЫМПЕЛ”»	79,26	Повышенная
2	АО «Зеленодольский завод имени А.М. Горького»	59,89	Средняя
3	АО «Концерн “НПО “АВРОРА”»	59,36	
4	ООО «Ливадийский ремонтно-судостроительный завод»	59,18	
5	ООО «Феникс»	58,14	
6	ПАО «Амурский судостроительный завод»	53,73	
7	АО «Центр технологии судостроения и судоремонта»	53,57	
8	АО «Средне-Невский судостроительный завод»	51,28	
9	ПАО Судостроительный завод «Северная верфь»	47,80	
10	АО «Хабаровский судостроительный завод»	46,72	
11	АО «НИИ Гидросвязи “Штиль”»	45,34	
12	ООО «Судостроительный комплекс “Звезда”»	42,77	
13	АО «Прибалтийский судостроительный завод “Янтарь”»	42,39	
14	АО «КБ “Рубин-Север”»	41,76	
15	АО «Кронштадский морской завод»	41,39	
16	АО «Костромской судомеханический завод»	41,13	
17	АО «Электрорадиоавтоматика»	35,47	
18	АО «Восточная верфь»	33,66	
19	ООО «Самусьский судостроительно-судоремонтный завод»	32,79	
20	АО «82 судоремонтный завод»	31,88	Низшая
21	ЗАО «Биус»	20,49	
22	ООО «Невский судостроительный-судоремонтный завод»	20,27	
23	ПАО «Выборгский судостроительный завод»	5,99	
24	АО «30 судоремонтный завод»	0,00	Нулевая

Составлено по: Рейтинг уровня цифровизации предприятий судостроительной промышленности на отраслевом новостном портале. [https://www.korabel.ru/news/comments/obschiy\\_reyting\\_urovnya\\_cifrovizacii\\_predpriyatij\\_promyshlennosti\\_rossii.html](https://www.korabel.ru/news/comments/obschiy_reyting_urovnya_cifrovizacii_predpriyatij_promyshlennosti_rossii.html) (дата обращения: 18.02.2024).

характерная для находящихся на самых ранних стадиях автоматизации бизнес-процессов. На одном предприятии отрасли процессы автоматизации не осуществлялись.

Что касается лидирующего по уровню цифровизации в отрасли АО «Судостроительный завод “Вымпел”», то оно входит в состав Объединенной судостроительной корпорации, специализируется



Рис. 9. Оценка уровня «цифровой зрелости» АО «Судостроительный завод «Вымпел» во II квартале 2023 г.

Составлено по: сайт ССЗ «Вымпел», <https://www.vympel-rybinsk.ru/ssz-vympel-pervyj-pourovnyu-cifrovizacii-sredi-sudostroitelnyh-predpriyatij.html> (дата обращения: 12.02.2024).

на выпуске ракетных и патрульных катеров нового поколения, скоростных поисково-спасательных, пожарных, гидрографических и других специализированных судов из стали и алюминиево-магниевых сплавов спусковым весом до 2200 т<sup>42</sup>. Параметры оценки степени автоматизации его бизнес-процессов приведены на рис. 9.

42. Рыбинский завод «Вымпел» спустил на воду пограничный корабль «Гюйс». [https://advis.ru/php/view\\_news\\_ajax.php?id=14DE4C63-BB78-BF46-BD5B-11383004FD2B](https://advis.ru/php/view_news_ajax.php?id=14DE4C63-BB78-BF46-BD5B-11383004FD2B) (дата обращения: 10.04.2024).

При высоком уровне интегрального показателя обращают на себя внимание низкие значения параметров по таким ключевым и важным для качественного сдвига в формате производства машиностроительного предприятия направлениям, как 2 – управление опытно-конструкторскими работами и 23 – применение технических средств автоматизации производственных процессов.

Максимальные оценки уровня автоматизации большей части основных и вспомогательных бизнес-процессов, согласно принятой методике, должны соответствовать их состоянию, при котором на предприятии внедрена автоматизация не только основных функций процессов, но и функций аналитики и прогнозирования. Соответствие таких оценок реальному состоянию дел вызывает сомнения в контексте отсутствия сведений по направлению 26 – применение технологий искусственного интеллекта, используемых в том числе при аналитике данных. Следует отметить, что неверная трактовка специалистами компании градации степени автоматизации бизнес-процессов в результате самообследования может приводить к таким расхождениям.

Так, например, сервис «1С: Распознавание первичных документов» в составе «1С: ERP. Управление холдингом», использующий технологии искусственного интеллекта, позволяет повысить значение показателя по направлению оценки 26. Однако последовавшие улучшения части вспомогательных бизнес-процессов по вводу документов, например, товарных накладных в информационную систему, формально повысив значения интегрального показателя, не могут привести к существенным качественным изменениям на производстве, возрастанию степени готовности к встраиванию в новый технологический уклад, к примеру, для машиностроительного предприятия.

Таким образом, существующая методика оценки «цифровой зрелости» промышленного предприятия допускает обретения им требуемых показателей без осуществления качественных сдвигов в формате производства, повышения его конкурентоспособности.

В этой связи представляется целесообразным дальнейшее совершенствование как самой методики оценки уровня «цифровой зрелости», так и процесса верификации данных для проведения оценки, полученных в результате самодиагностики в рамках цифрового паспорта предприятия в ГИСП.

# ПОЛИТИКА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

## 4.1. Политика цифровой трансформации отечественного промышленного производства: этапы и содержание

В процессе функционирования территориальных общностей людей выделяется ряд ключевых объектов, требующих особого характера воздействия на них, а именно — управления ими со стороны государства в форме соответствующей политики (Афанасьев, 2023б. С. 629).

В самом общем виде **политика** представляет собой совокупность стратегических ориентиров, а также управленческую деятельность со стороны государства, направленную на их достижение (Афанасьев, 2023с. С. 24).

В изданном летом 2020 г. Указе Президента РФ № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» цифровая трансформация была зафиксирована в качестве национальной цели. Также был закреплён состав и значения целевых показателей, с достижением которых сопрягается оценка степени продвижения к ней (см. табл. 9).

Приведенный перечень целевых показателей отражает охват широкого спектра общественных отношений. Что касается промышленного производства, то здесь применимы два показателя: достижение «цифровой зрелости» обрабатывающими производствами и увеличение вложений в отечественные решения в сфере информационных технологий в отрасли.

Таблица 9. Состав целевых показателей национальной цели «Цифровая трансформация»

Национальная цель	Целевой показатель
Цифровая трансформация	Достижение «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе здравоохранения и образования, а также государственного управления
	Рост доли домохозяйств, которым обеспечена возможность широкополосного доступа к информационно-телекоммуникационной сети Интернет, до 97%
	Увеличение вложений в отечественные решения в сфере информационных технологий в четыре раза по сравнению с показателем 2019 г.
	Увеличение доли массовых социально значимых услуг, доступных в электронном виде, до 95%

Составлено по: Указ от 21 июля 2020 г. №474 «О национальных целях развития России до 2030 года». С. 3. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007210012> (дата обращения: 01.04.2024).

Таким образом, **политика цифровой трансформации промышленного производства** может быть представлена как *управленческая деятельность со стороны государства, направленная на достижение производственной системой страны состояния «цифровой зрелости».*

На достижение сформулированной цели была сориентирована национальная программа «Цифровая экономика». Программа с одноименным названием была утверждена еще в июле 2017 г.<sup>43</sup> Позже, в конце 2018 г.<sup>44</sup>, в соответствии с принятым в мае Указом Президента «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» был утвержден паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»<sup>45</sup>, позволивший сформировать новое организационное начало.

С целью обеспечения преемственности национальной программы по отношению к ранее утвержденной одноименной про-

43. Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации» <http://government.ru/docs/28653/> (дата обращения: 19.12.2023).

44. Протокол заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам. 24.12.2018. <http://government.ru/news/35168/> (дата обращения: 20.12.2023).

45. Опубликован паспорт национальной программы «Цифровая экономика». <http://government.ru/info/35568/> (дата обращения: 20.12.2023).

грамме и исключения дублирования в феврале 2019 г. более ранняя программа была признана утратившей силу<sup>46</sup>. В июне 2019 г. паспорт национальной программы был скорректирован и приобрел актуальное содержание, предусматривавшее реализацию шести федеральных проектов<sup>47</sup>. Позже данный перечень был дополнен седьмым проектом, направленным на развитие технологий искусственного интеллекта (см. рис. 10) (Афанасьев, 2024. С. 229).

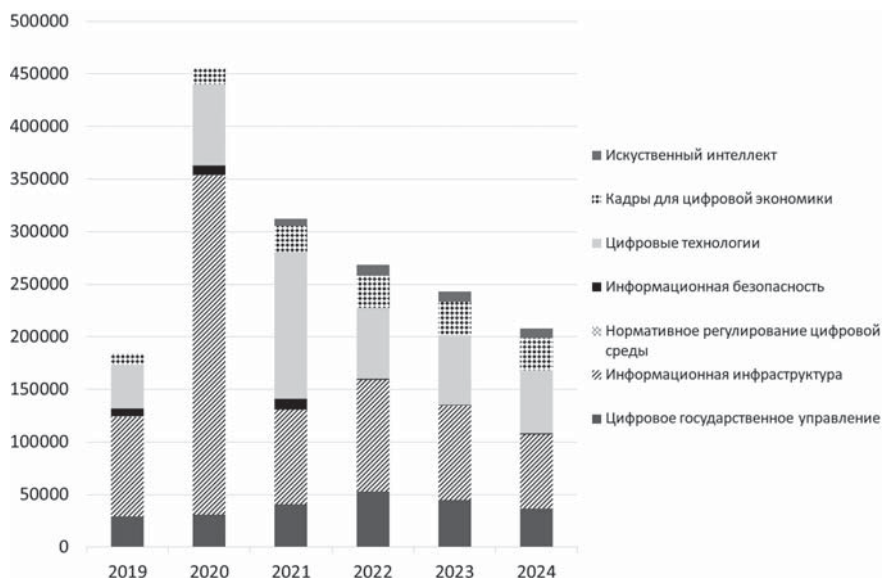


Рис. 10. Структура расходов по годам национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» в разрезе федеральных проектов (млн руб.)

Составлено по: паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

Как видно из наполнения федеральных проектов, они в первую очередь направлены на решение инфраструктурных задач, создание технологий, подготовку кадров и других вопросов по формированию базы для цифровизации, т.е. носят подготовительный характер.

46. Распоряжение Правительства РФ от 12 февраля 2019 г. №195-р. <https://docs.cntd.ru/document/552424012?marker> (дата обращения: 20.12.2023).

47. Протокол заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам. 04.06.2019. <http://government.ru/news/36906> (дата обращения: 20.12.2023).

Разработка отечественных технологий для предприятий обрабатывающих отраслей предполагалась в составе направления «Новые производственные технологии» федерального проекта «Цифровые технологии». Данное направление включает также и меры, связанные со стимулированием внедрения передовых производственных технологий, однако их масштаб не предполагает охвата всей отрасли, а скорее соответствует задачам по тестированию и отработке проектов-маяков.

Следует отметить, что уже в октябре 2019 г. была утверждена дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии», которая предусматривала развитие: трех субтехнологий – цифрового проектирования, математического моделирования и управления жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design); технологии «умного» производства (Smart Manufacturing); программно-аппаратных средств взаимодействия с окружающей средой и объектами, а также методов и решений для управления роботами-манипуляторами. В третьем технологическом блоке в результате мер дорожной карты планируется нарастить объем выпуска отечественных промышленных роботов до 4600 в год с обеспечением до 40% доли отечественной продукции в совокупном ее потреблении.

Предусмотрено, что реализация мероприятий будет осуществляться с опорой на компании-лидеры, т.е. российские коммерческие организации, осуществляющие профильную деятельность и обладающие необходимыми кадровыми, материально-техническими, организационными и иными ресурсами, обеспечивающими высокий инновационный потенциал и лидирующие позиции<sup>48</sup>.

Таким образом, дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «новые производственные технологии» в первую очередь направлена на создание национальной технологической базы для цифровизации предприятий промышленности (Афанасьев, 2024. С. 229–231).

Отсутствие данных о ходе выполнения программы не позволяет всесторонне оценить ее результативность. Однако при первоначаль-

---

48. Паспорт федерального проекта «Цифровые технологии». <https://digital.gov.ru/uploaded/files/pasport-federalnogo-proekta-tsfroyvye-tehnologii.pdf> (дата обращения: 05.03.2024).

ной потребности в финансовом наполнении на пятилетний период на уровне 145 млрд руб.,<sup>49</sup> предусмотренной дорожной картой, планы были скорректированы, и годовое финансирование составило всего несколько млрд руб.<sup>50</sup> Например, в 2021 г. на весь федеральный проект, в составе которого большое количество иных технологий, было запланировано и выделено лишь порядка 18,5 млрд руб.<sup>51</sup>

В то же время ряд планируемых показателей так и не был достигнут. Например, «Стратегическое направление в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности» предусматривает, что доля отечественной электронной продукции, используемой при реализации проектов данной трансформации, в общем ее объеме составит только 40,8%,<sup>52</sup> а в принятом в 2021 г. Минпромторгом плане мероприятий по импортозамещению в станкоинструментальной промышленности предполагалось увеличение доли отечественных промышленных роботов только до 15% – с 6% существовавших до реализации планов по импортозамещению<sup>53</sup>, а не 40%, заложенных дорожной картой развития «сквозной» цифровой технологии «новые производственные технологии».

Что касается организационных аспектов подготовки условий для цифровой трансформации, то они были отражены в разработанном

- 
49. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии». С. 49.
  50. Утверждена разработанная Росатомом и Ростехом дорожная карта «Новые производственные технологии». <https://rostec.ru/news/utverzhdena-razrabotannaya-rosatomom-i-rostekhom-dorozhnaya-karta-novye-proizvodstvennye-tekhnologii> (дата обращения: 03.05.2024).
  51. Заключение Счетной палаты Российской Федерации о результатах проверки исполнения Федерального закона «О Федеральном бюджете на 2021 год и на плановый период 2022 и 2023 годов» и бюджетной отчетности об исполнении федерального бюджета за 2021 год в Министерстве цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ. Утверждено Коллегией Счетной палаты Российской Федерации 22 апреля 2022 года. С. 28. <https://ach.gov.ru/upload/iblock/db7/hwwof4inbs9y4dw4s52gwd7ot9k18qrp.pdf> (дата обращения: 20.03.2024).
  52. Распоряжение Правительства РФ от 6 ноября 2021 г. № 3142-р «Об утверждении Стратегического направления в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности». С. 3. <http://static.government.ru/media/files/Yu4vXEtPvMyDVAw88UuBGB3dGEr6r8zP.pdf> (дата обращения: 23.12.2023).
  53. План мероприятий по импортозамещению в станкоинструментальной промышленности Российской Федерации на период до 2024 г. Утвержден приказом Минпромторга России от 28 июня 2021 г. №2332. <https://fprfr.ru/download/plan-po-importozameshcheniyu-v-stankoinstrumentalnoy-promyshlennosti.pdf> (дата обращения: 12.12.2023).



в 2018 г. Минпромторгом РФ ведомственным проектом «Цифровая промышленность», предусматривающем реализацию комплекса мероприятий в рамках трех направлений. *Первое направление* – создание регуляторной среды цифровой трансформации промышленности – предполагает развитие законодательной и нормативно-технической базы в данной сфере, информационных мер государственной поддержки, создание специальных образовательных программ переподготовки кадров. *Второе направление* связано с созданием и развитием функционала центральной платформы цифрового взаимодействия между государством и предприятиями – ГИСП. Здесь планируется наращивание ее функционала для охвата решения вопросов по инвестированию в промышленность, созданию и развитию промышленных предприятий, для подбора мер государственной поддержки, продвижения продукции на внутреннем и внешних рынках, прогнозирования развития производства и др. *Третье направление* – цифровая трансформация обрабатывающих отраслей промышленности – предполагает формирование центра компетенций, оценку уровня данной трансформации, разработку мер поддержки и стимулирования создания и масштабирования соответствующих решений<sup>54</sup>.

Как уже было отмечено, важное значение для оценки процесса продвижения к сформулированной цели имеет показатель «цифровой зрелости». Он рассчитывается на федеральном и региональном уровнях, а также в разрезе отраслей (см. рис. 11).

В отраслевом разрезе состав показателей по направлению «Промышленность» представлен в табл. 10.

Среди представленных показателей 9 и 10 относятся к сфере обращения. В обрабатывающих отраслях используются показатели 1–8, из которых показатель 3 рассчитывается применительно к крупным и средним предприятиям обрабатывающих отраслей промышленности, остальные – формируются по результатам обследования соответствующих системообразующих предприятий обрабатывающих отраслей промышленности.

---

54. Ведомственный проект «Цифровая промышленность». Минпромторг РФ. [https://digital.gov.ru/uploaded/files/vedomstvennyiy-proekttsifrovaya-promyishlennost.pdf?utm\\_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f](https://digital.gov.ru/uploaded/files/vedomstvennyiy-proekttsifrovaya-promyishlennost.pdf?utm_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f) (дата обращения: 25.12.2023). См. также: (Афанасьев, 2024. С. 231).

## АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЯ



Рис. 11. Схема расчета показателя для оценки цифровой трансформации отраслей Минцифры России

Источник: Минцифры утвердило методики расчета показателей достижения национальной цели развития «Цифровая трансформация» // d-russia. <https://d-russia.ru/mincifry-utverdilo-metodiki-raschjota-pokazatelej-dostizhenija-nacionalnoj-celi-razvitija-cifrovaja-transformacija.html> (дата обращения: 30.04.2024).

Завершение основного массива технологических разработок и создания национальной институциональной базы становится важнейшим подготовительным этапом для последующего ускоренного наращивания цифровой зрелости предприятиями промышленности (см. рис. 12).

Как уже было отмечено, национальная программа «Цифровая экономика» направлена прежде всего на решение подготовительных для цифровой трансформации задач: создание необходимой инфраструктуры, выработку специальных норм, подготовку кадров, разработку технологий и т.д. Достижение же отраслью целевых показателей национальной цели «Цифровая трансформация» предусматривается в рамках соответствующей стратегии.

Так, в «Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года» определено, что «мероприятия, направленные на достижение целевого показателя «Увеличение вложений в отечественные решения в сфере информационных технологий в 4 раза

Таблица 10. Перечень показателей оценки «цифровой зрелости» промышленности и торговли в рамках мониторинга достижения национальной цели «Цифровая трансформация»

№ пп	Показатель	2019/2020 (%)	2021 (%)	2030 (%)
1	Цифровая зрелость основных производственных процессов предприятий промышленности	–	44	85
2	Цифровая зрелость вспомогательных производственных процессов предприятий промышленности	–	49	90
3	Доля предприятий, в отношении которых сформирован цифровой паспорт в ГИСП	0	25	99
4	Доля предприятий, использующих технологию API для обмена данными, предоставления цифровых услуг и информационного взаимодействия с государственными информационными системами	1	9	90
5	Доля предприятий, использующих технологии имитационного моделирования и виртуальных испытаний промышленной продукции («цифровой двойник изделия»), в группе «Машиностроение и приборостроение»	15	18	80
6	Доля предприятий, использующих технологии предсказательной (предиктивной) аналитики при прогнозировании и проведении послепродажного (сервисного) обслуживания, в группе «Машиностроение и приборостроение»	5	8	75
7	Доля предприятий, использующих технологии промышленного интернета вещей, сбора данных и диспетчерского контроля для управления производственными процессами в реальном времени, в группе «Химическая и металлургическая промышленность»	50	–	95
8	Доля предприятий, использующих технологию «цифровой двойник производства», в группах «Легкая промышленность и лесопромышленный комплекс», «Фармацевтическая и медицинская промышленность»	15	–	80
9	Доля предприятий розничной торговли, использующих электронный документооборот при информационном обмене с контрагентами	5	–	50
10	Доля маркированных средствами идентификации товаров, реализованных с применением контрольно-кассовой техники, в общем количестве потребительских товаров, реализованных с применением данной техники	5	–	50

Составлено по: Приказ Минцифры России от 18 ноября 2020 г. № 600 «Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Российской Федерации “Цифровая трансформация”». <https://docs.cntd.ru/document/573320665> (дата обращения: 23.12.2023); (Цифровая трансформация..., 2022. С. 39).

по сравнению с показателем 2019 года», способствуют созданию конкурентоспособной промышленной продукции»,<sup>55</sup> в связи с чем предусматривается почти четырехкратный рост доли внутренних

55. Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года. С. 14. <http://static.government.ru/media/files/AIAVFpbzBo7cvkwaM0NtWjJLt6WA8Cmu.pdf> (дата обращения: 24.12.2023).

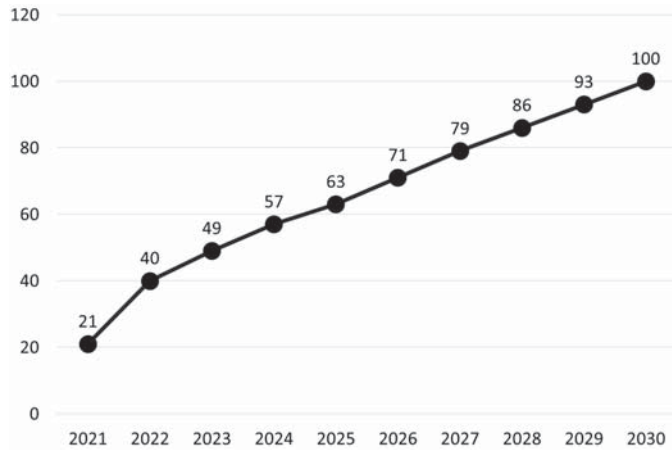


Рис. 12. Цифровая зрелость промышленности (среднее из долей показателей оценки «цифровой зрелости» промышленности в рамках мониторинга достижения национальной цели «Цифровая трансформация», %) *Источник: (Цифровая трансформация..., 2022. С. 39).*

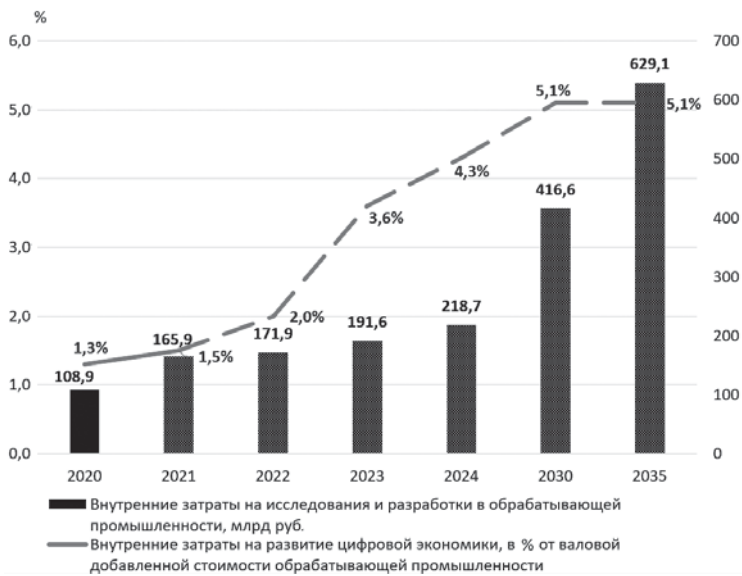


Рис. 13. Интегральные индикаторы по цифровизации в «Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года»

*Составлено по: Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года. С. 32. <http://static.government.ru/media/files/AIAVFpbzBo7cvkwaMoNtWjJLt6WA8Cmu.pdf> (дата обращения: 24.12.2023).*

затрат на развитие цифровой экономики к 2030 г. — до 5,1% от валовой добавленной стоимости обрабатывающей промышленности (см. рис. 13).

Согласно подходу Росстата, внутренние затраты на развитие цифровой экономики понимаются как «совокупность расходов организаций на выполнение собственными силами работ (услуг) по созданию, распространению и использованию цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг, а также домашних хозяйств на использование цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг»<sup>56</sup>.

В этой связи представляется целесообразным привести некоторые оценки. Так, в 2022 г. валовая добавленная стоимость обрабатывающих производств составила 19 704 млрд руб.<sup>57</sup> Достижение целевого показателя в 5,1% потребует увеличение затрат до уровня свыше 1 трлн руб. в сопоставимых ценах или примерно до 1,5% от объема отгруженных товаров, выполненных работ, услуг (в 2022 г. такой объем у предприятий обрабатывающих производств составил 66 797 млрд руб.<sup>58</sup>).

В свете сложившейся структуры расходов на инновации обращает на себя внимание масштаб наращивания затрат на цифровую экономику. Так, отношение затрат на все виды инновационной деятельности у предприятий обрабатывающих производств к общему объему отгруженных товаров, выполненных работ, услуг в 2022 г. составило 2,1% (Индикаторы инновационной..., 2024. С. 52). В то же время внутренние затраты этих предприятий на внедрение и использование цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг составили 305,8 млрд руб., или порядка 0,46 п.п. (Индикаторы цифровой..., 2024. С. 38).

Представляется, что в случае если наращивание затрат на цифровую экономику будет осуществляться за счет и в ущерб иным видам инновационной деятельности, то «общий экономический

---

56. Приказ Росстата от 29 марта 2019 г. № 182 (ред. от 4 июля 2019 г.) «Об утверждении методик расчета показателей для мониторинга целевых показателей национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». С. 2. <https://rosstat.gov.ru/metod/naz-proekt/met110001.pdf> (дата обращения: 23.12.2023).

57. Российский статистический ежегодник. 2023: Стат. сб. М.: Росстат, 2023. С. 277.

58. Там же. С. 373.

эффект от цифровизации не будет иметь решающего значения: мы будем и дальше «оцифровывать» технологическую отсталость» (Акбердина, 2018. С. 83), в то же время общий рост затрат на инновации в контексте деформации их структуры может привести к обратному от ожидаемого эффекту, сформировав условия для замедления инновационных процессов на производствах.

Для координации процесса достижения в отрасли национальной цели «Цифровая трансформация» была сформирована представленная в 2021 году Минпромторгом РФ «Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года». В документе среди многочисленных инициатив предполагается: создание на базе государственной информационной системы промышленности (ГИСП) биржи мощностей промышленных предприятий (с последующей коммерциализацией по ГЧП), что должно содействовать достижению цели по повышению на 50% фондоотдачи за счет использования кооперационных цепочек; внедрение технологий предиктивной аналитики, в том числе для перехода от «ремонта по регламенту» к «ремонту по состоянию», что может обеспечить сокращение на 45% времени вынужденного простоя мощностей; формирование национальной системы сертификации на базе «цифровых двойников» и виртуальных испытаний, что должно позволить снизить в 1,5 раза сроки вывода высокотехнологичной продукции на рынок и др. Стратегией также предусматривается рост внутренних затрат на развитие цифровой экономики до 5,6% от валовой добавленной стоимости обрабатывающей промышленности<sup>59</sup>.

Ряд этих предложений был отражен в утвержденном в ноябре 2021 г. Правительством РФ «Стратегическом направлении в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности». В документе подчеркивается, что главная задача цифровой трансформации заключается в **модернизации управления производственными процессами**, а ее результатом должно стать **значительное повышение производительности труда**. Качественный характер сформулированных задач в значительной

---

59. Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года (утв. Минпромторгом РФ 14.07.2021 г.).

мере контрастирует с ранее рассмотренным подходом к формированию системы целевых показателей степени продвижения к национальной цели «Цифровая трансформация», сконцентрированной на количественных оценках, отражающих прежде всего техническую сторону проблемы.

Стратегическим направлением в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности предусматривается реализация четырех проектов. Так, в рамках проекта «Умное производство» на базе государственной информационной системы промышленности предполагается создание биржи мощностей предприятий обрабатывающих отраслей промышленности; реализация проекта «Цифровой инжиниринг» подразумевает существенное – до 50% – сокращение сроков вывода высокотехнологичной продукции на рынок за счет признания результатов виртуальных испытаний; проект «Новая модель занятости» нацелен на увеличение до 23% количества высокотехнологичных рабочих мест на предприятиях обрабатывающих отраслей промышленности, использующих цифровые технологии; реализация проекта «Продукция будущего» предполагает использование технологии предиктивной аналитики, сокращение затрат на обслуживание высокотехнологичной продукции на 25% за счет перехода от «ремонта по регламенту» к «ремонту по состоянию» (Афанасьев, 2024. С. 233).

При этом предполагается, что доля российской электронной продукции, используемой при реализации проектов цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, в общем объеме данной продукции составит порядка 40%<sup>60</sup>.

В конце 2023 г. была обозначена работа над национальным проектом «Экономика данных»<sup>61</sup>. Он должен будет сменить на завершающем этапе – с 2025 г. – национальную программу «Цифровая экономика» и будет направлен на формирование цифровых платформ во всех ключевых отраслях экономики и социаль-

---

60. Распоряжение Правительства РФ от 6 ноября 2021 г. № 3142-р «Об утверждении Стратегического направления в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности». С. 3. <http://static.government.ru/media/files/Yu4vXEtpvMyDVAw88UuBGB3dGEr6r8zP.pdf> (дата обращения: 23.12.2023).

61. Финальный вариант нацпроекта «Экономика данных» подготовят летом 2024 г. <https://digital.gov.ru/ru/events/48369/> (дата обращения: 09.03.2024).

ной сферы. Предполагается, что на его реализацию будет направлено свыше 700 млрд руб.<sup>62</sup> В составе проекта выделяются следующие направления:

- «Цифровая инфраструктура»;
- «Системы и сети передачи данных»;
- «Инфраструктура вычислений и облачных сервисов»;
- «Отечественные решения в сфере IT»;
- «Искусственный интеллект»;
- «Цифровые платформы в госуправлении»;
- «Кадры»;
- «Кибербезопасность»;
- «Развитие квантовых технологий»;
- «Наука»;
- «Цифровые платформы в госуправлении».

Текущий вариант проекта не предполагает выделение направлений, напрямую затрагивающих проблему внедрения передовых производственных технологий, например, «Цифровые платформы в промышленности», «Передовое производство» и т.д., а обозначенные эффекты от программы касаются прежде всего государственного управления и социальной сферы. В этой связи следует еще раз сделать акцент на важнейшей роли промышленного производства в жизнедеятельности общества и подчеркнуть, что именно в материальном производстве формируются предпосылки экономического роста.

Таким образом, сформированные с задействованием системы стратегического планирования (Афанасьев, 2023b. С. 635) программы, стратегии и проекты, сориентированные на достижение национальной цели по цифровой трансформации промышленного производства, содержат технологический и организационный блоки, а также фиксацию целевого состояния зрелости и нормативы затрат на цифровую экономику, однако сам механизм достижения проектного состояния промышленными предприятиями остался неохваченным. Как будет показано далее, данный процесс для предприятий с государственным участием увязывается с выполнением директив по их цифровой трансформации.

---

62. Послание Президента Федеральному Собранию 29 февраля 2024 г. <http://kremlin.ru/events/president/news/73585> (дата обращения: 14.03.2024).



## 4.2. Перспективы цифровой трансформации отечественного промышленного производства

Согласно положениям разработанной Минпромторгом РФ «Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года», ее реализацию предполагалось осуществить преимущественно за счет внедрения российских решений<sup>63</sup>. При этом предусматривалось постепенное наращивание их доли в совокупном потреблении примерно с 40% на начальном этапе реализации стратегии по трансформации (по 2024 г.). Однако в условиях высокой степени технологической зависимости от развитых стран и санкционных ограничений с их стороны уже в самом начале реализации намеченных планов (после 2022 г.) развертывание процессов цифровой трансформации и само функционирование высокотехнологичных отечественных производств в текущий период затруднены (Ленчук, 2023. С. 48), и это потребовало принятия ряда корректировок плана.

В условиях санкционных ограничений проблема сокращения технологического отставания сопряжена с необходимостью одновременного решения двух масштабных задач: во-первых, создания технологической основы на базе собственных линий разработок, а во-вторых, модернизации производств на ее основе.

Большинство ИТ-компаний из недружественных стран после событий 2022 г. объявили о прекращении деятельности в России (Доржиева, 2023а. С. 641). Так, например, компания SAP, занимавшая около 40% отечественного рынка ERP, с 2022 г. перестала заключать новые контракты, а позже ею были обозначены планы прекратить доступ клиентам из России к своим облачным услугам<sup>64</sup>. Если ERP-системы, пусть и с определенными потерями в производительности и функционале, могут быть заменены на отечественные решения (к примеру, на 1С ERP), то экспертиза специалистов SAP – ведущей компании в сфере внедрения передовых производственных

63. Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года. Минпромторг РФ 14.07.2021. С. 73.

64. Немецкая SAP назвала дату закрытия доступа к облачным услугам для россиян. [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/07/02/2024/65c243219a794716b7327c00?from=copy](https://www.rbc.ru/technology_and_media/07/02/2024/65c243219a794716b7327c00?from=copy)

технологий Индустрии 4.0 в самых разных отраслях промышленности – становится недоступна.

Существенные затруднения вызывает также прекращение реализации проектов в области инженерного программного обеспечения. Так, только четверка ведущих поставщиков, объявивших об уходе из России, в стоимостном выражении ранее обеспечивала большую часть запросов на рынке. На решения Siemens DI Software (США, Германия) – одного из ведущих поставщиков программных средств и услуг по управлению жизненным циклом изделия и технологическими процессами – в 2020 г. приходилось порядка 32% в совокупных закупках организациями государственного сектора иностранного инженерного программного обеспечения; Ansys (США) – более 26%; Autodesk (США) – более 12%; Dassault Systemes (Франция) – более 10% (*Байдаров, 2022. С. 303*).

Большое значение для процессов цифровизации имела деятельность таких ушедших из России компаний, как Microsoft, Cisco, Hewlett-Packard Enterprise, VMware, Oracle, IBM и др. (*Доржиева, 2023b. С. 35*).

Преимущества сотрудничества трансформировались в угрозы технологической безопасности, а новые вызовы сформировали необходимость скорейшего импортозамещения в сфере индустриально-программного обеспечения.

Эти обстоятельства определили необходимость формирования и утверждения в декабре 2022 г. Правительственной комиссией по цифровому развитию дорожной карты «Новое индустриальное программное обеспечение». Отмечается, что «большая часть проектов «дорожных карт» на общую сумму более 200 млрд рублей будет реализована за счет собственных средств компаний, в том числе в рамках заключения соглашений с Правительством о создании условий по обеспечению гарантированного спроса на продукты. Остальные проекты предполагают привлечение кредитных (около 20 млрд рублей) и грантовых (более 23 млрд рублей) средств»<sup>65</sup>.

В документе предусматривается развитие программного обеспечения по трем направлениям: системы автоматизации проектирования и управления жизненным циклом изделий; системы интер-

---

65. Утверждены дорожные карты «Новое индустриальное программное обеспечение» и «Новое общественное программное обеспечение». <http://government.ru/news/47353/> (дата обращения: 24.12.2023).

нета вещей; платформы для управления ресурсами и процессами предприятий.

В план были включены проекты российских компаний-лидеров, включающие программные решения по направлениям PLM, CAE, CAD, MES, SCADA, ERP и др. Ключевыми участниками соглашения являются ГК «Ростех» и ГК «Росатом» (Афанасьев, 2024. С. 234).

Результатом реализации дорожной карты должен стать рост доли отечественного программного обеспечения для автоматизации до 90% к 2030 г. (с 41% в 2021 г.); в области производственных платформ на базе интернета вещей – до 76,8% (с 41,5%); в части платформы для управления ресурсами и процессами предприятий – до 92,3% (с 78,5%).

С этой целью уже в 2023 г. предполагалась реализация 26 проектов по таким направлениям, как CAD, CAE, PLM, SPDM и др.<sup>66</sup>, а в 2024 г. – завершение по 74 начатым ранее проектам<sup>67</sup>.

Количество российских CAD- и PLM-систем должно будет увеличиться с 1323 ед. в 2021 г. до 3669 ед. к 2030 г. В числе компаний, чьи проекты учтены в дорожной карте, «ОДК-авиадвигатель», Объединенная авиастроительная корпорация (ОАК), Объединенная судостроительная корпорация (ОСК), «АвтоВАЗ», группа ГАЗ, концерн «Калашников», «Трансмашхолдинг» (ТМХ) и др.

Так, например, производителем двигателей для гражданской авиации «ОДК-авиадвигатель» (входит в «Ростех») планируется внедрение к 2026 г. российской CAD-системы, а к 2027 г. – PLM-системы, созданных на базе решений крупного российского разработчика инженерного программного обеспечения и интегратора в сфере автоматизации АСКОН; Концерном «Калашников» к 2025 г. должна завершиться разработка центральной унифицированной отечественной PLM-системы; ТМХ к 2025 г. планирует создание на основе технологий блокчейн децентрализованного защищенного

---

66. Специалисты Передовой инженерной школы и Центра НТИ СПбПУ приняли участие в разработке дорожной карты «Новое промышленное программное обеспечение». <https://nticenter.spbstu.ru/news/8394> (дата обращения: 24.12.2023).

67. В Правительстве подписаны соглашения о сотрудничестве по «дорожным картам» высокотехнологичных направлений. <http://government.ru/news/47466/> (дата обращения: 24.12.2023).

хранилища и среды безопасного обмена данными по жизненному циклу изделия и т.д.<sup>68</sup>

Скорейшее решение стоящих антикризисных задач направлено не только на преодоление затруднений, возникших в результате разрыва технологических связей, но и на формирование полновесной отечественной технологической основы для цифровизации промышленных производств (Афанасьев, 2024. С. 235).

Таким образом, если первоначальный план развертывания цифровой трансформации предполагал ее осуществление с преимущественным использованием зарубежных решений на начальном этапе (доля отечественных программных средств в период до 2024 г. планировалась на уровне порядка 40%) с постепенным наращиванием к 2030 г. доли отечественных средств по мере их разработки и развертывания импортозамещения, то в условиях эскалации санкций он был пересмотрен в пользу сдвигов сроков и скорейшей разработки отечественных решений с соответствующим масштабным финансированием проектов и ускорением процессов импортозамещения.

Важнейшим этапом развертывания процессов цифровой трансформации для компаний с государственным участием стало принятие в 2021 г. Правительством РФ **директив по цифровой трансформации**<sup>69</sup>. В них предусматривается подготовка и последующая реализация компаниями с государственным участием стратегий цифровой трансформации в соответствии с разработанными ранее методическими рекомендациями<sup>70</sup>. Согласно сообщениям Минцифры, на первом этапе (2021–2022 гг.) этими планами должны быть охвачены 50 госкомпаний из списка 91-р (перечень акционерных обществ с определением специальных правомочий РФ), а также более 200 иных госкомпаний, а на втором – еще свыше 600 компаний с государственным участием. Компании

---

68. Российские разработчики должны создать 2300 новых программ для промышленности за семь лет // Ведомости. 2023. 20 дек. <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2022/12/19/956058-rossiiskie-razrabotchiki-dolznyi> (дата обращения: 24.12.2023).

69. Правительство утвердило директивы по цифровой трансформации госкомпаний. <https://digital.gov.ru/ru/events/40854/> (дата обращения: 30.03.2024).

70. Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием. <https://digital.gov.ru/uploaded/files/140020231228obnovlennyye-metodicheskierekomendatsii12sokraschennyye-1.pdf> (дата обращения: 06.03.2024).

самостоятельно определяют содержание стратегий, утверждая их перед реализацией.

Планами предусматривается использование собственных средств компаний, а также привлечение кредитов на соответствующие проекты в объеме от 5 млн руб. до 5 млрд руб., а на соответствующие программы – от 500 млн руб. до 10 млрд руб. с льготной ставкой 1–5%<sup>71</sup>.

Что касается перспектив достижения сформулированной национальной цели «Цифровая трансформация» к 2030 г. в отношении промышленных производств, то, как уже было отмечено ранее, оно сопрягается с двумя целевыми показателями.

Относительно вклада отрасли в увеличение совокупных вложений в отечественные решения – достижение роста таких расходов к 2030 г. относительно базового 2019 г. в четыре раза – то это не вызывает сомнений. Так, планами, зафиксированными Сводной стратегией обрабатывающей промышленности, уже предусматривался почти четырехкратный рост затрат на цифровую экономику, а в контексте санкционных ограничений, ухода зарубежных вендоров с российского рынка и существенных изменений в вопросах создания отечественных средств ожидаются значительные структурные сдвиги в сторону увеличения доли использования российских решений, что несомненно будет способствовать достижению плана по рассматриваемому показателю. Имеются все предпосылки к его перевыполнению к 2030 г.

В части же наращивания обрабатывающими производствами к 2030 г. плановых параметров «цифровой зрелости» данный показатель к середине 2023 г. увеличился примерно до 45%,<sup>72</sup> т.е. годовой прирост составил около 4 п.п. Если данная тенденция будет сохранена, то к 2030 г. показатель сможет достичь значения чуть выше 70%, а для выхода на плановое значение потребуются значительная интенсификация рассматриваемых процессов.

Следует отметить существенное отставание промышленного производства от других направлений. Так, по итогам 2023 г. инте-

71. Цифровая трансформация государственных компаний. Минцифры. <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/986/> (дата обращения: 06.03.2024).

72. Мантуров сообщил о планах довести цифровую зрелость промпредприятий до 85% к 2030 г. <https://tass.ru/ekonomika/18561939> (дата обращения: 20.03.2024).

гральный показатель «цифровой зрелости» по всем направлениям составил 74,7% (при плане 64,2%)<sup>73</sup>.

В то же время вызывает опасение применение несовершенного механизма самооценки уровня «цифровой зрелости» при создании предприятиями цифровых паспортов в системе ГИСП, допускающей возможность обретения ими ее высокого значения без качественных изменений в характере производственной деятельности.

В этой связи следует еще раз отметить важность именно качественных изменений: достижения первоначальной целевой установки по прорывному развитию, существенного повышения конкурентоспособности.

### 4.3. Направления совершенствования политики цифровой трансформации России

Вывод производственной системы на новый уровень технологического развития является сложной, многоаспектной проблемой. В этой связи представляется необходимым сфокусировать внимание на некоторых направлениях совершенствования политики цифровой трансформации промышленных производств России.

**Во-первых, смещения акцента с технической стороны проблемы на социально-экономические последствия преобразования промышленной системы страны.** Как было показано в исследовании, направление политики цифровой трансформации в России в целом соответствует общемировым тенденциям.

Особенностями развития данных процессов в России по сравнению с рассмотренными странами – индустриальными лидерами являются следующие: в нашей стране нет таких компаний – глобальных технологических лидеров как в США; производственными компаниями не достигнуто доминирующего положения на глобальных рынках как у предприятий из Германии; нет того внутреннего рынка как в Китае, а также не принята единая программа масштабной реиндустриализации с ее соответствующим ресурсным наполнением.

---

73. Дмитрий Чернышенко принял участие в отраслевом мероприятии «День цифровой экономики» // Интернет-ресурс Правительства РФ. [http://government.ru/dep\\_news/50798/](http://government.ru/dep_news/50798/) (дата обращения: 20.03.2024).

Перенос напрямую применяемых зарубежных моделей в отечественную практику невозможен. В то же время цифровая трансформация и ее реализация в форме достижения «цифровой зрелости» отраслей и предприятий не является самоцелью. Представляя собой форму совершенствования производственной системы страны (Афанасьев, 2023г. С. 1403), эти преобразования должны быть сопряжены с решением конкретных экономических задач с учетом объективно сложившихся императивов. В этой связи представляется целесообразным соотнесение планов по цифровой трансформации в нашей стране с целями ее социально-экономического развития. Требуется выработка долгосрочных ориентиров развития отечественного производственного сектора с определением в политике по их достижению места задачам по цифровизации как важнейшей составляющей механизма прорывного развития.

Следует подчеркнуть, что в условиях отсутствия четко обозначенных социально-экономических стратегических целей измерение результатов цифровой трансформации сосредоточено на техническом аспекте проблемы, а позитивные качественные изменения в производственной системе становятся вторичны (Братченко, 2023. С. 82).

**Во-вторых, первостепенная ориентация на достижение стратегических целей компаний с государственным участием в контексте директив по их цифровой трансформации.** Механизм повышения «цифровой зрелости», опирающийся на директивы по цифровой трансформации компаний с государственным участием за счет собственных или кредитных ресурсов без соотнесения этих вложений с эффективностью, оценкой достигаемых результатов и анализом альтернатив, сопряжен с рисками излишней финансовой нагрузки на эти предприятия, угрозами потери их конкурентоспособности и обретением несостоятельности.

Разработанными Минцифры методическими рекомендациями предусмотрены анализ перспективной бизнес-модели предприятий и оценка экономической эффективности стратегии цифровой трансформации, однако их значение при принятии инвестиционного решения в условиях обозначенных директив становится не определяющим.

В этой связи обращает на себя внимание комплекс рисков и угроз, с которыми столкнулся Китай при директивном подходе

к внедрению цифровых технологий. Их содержание было раскрыто во второй главе настоящего исследования.

В то же время в контексте директивного подхода к цифровой трансформации компаний с государственным участием вызывают опасение возможные структурные сдвиги в их затратах на инновационное развитие. Внедрение цифровых технологий должно повышать конкурентоспособность компаний, однако если наращивание затрат на них будет происходить за счет и в ущерб иным направлениям инновационной деятельности, то эффект может быть обратный ожидаемому из-за снижения совокупной результативности инновационной деятельности при общем росте затрат на нее.

В то же время, в условиях ограниченности ресурсов и наличия директив по цифровой трансформации возрастает риск обретения предприятиями требуемых показателей «цифровой зрелости» без осуществления качественных сдвигов в формате производства, повышения его конкурентоспособности. На данный момент, как было показано в исследовании, методика оценки «цифровой зрелости» предприятия допускает такую возможность — как из-за своего несовершенства, так и вследствие применяемого способа обследования предприятий (самообследование).

**В-третьих, комплексный подход к осуществлению политики цифровой трансформации промышленных производств.** В контексте технологического устаревания технической базы отечественного промышленного производства вывод его на конкурентоспособные позиции сопряжен с первостепенной необходимостью ее модернизации. Сформировавшееся представление о возможности перехода к передовым формам производства преимущественно за счет внедрения цифровых решений и подключения существующего оборудования к сетям при помощи датчиков и сервисов справедливо лишь для тех стран, которые провели существенное обновление технической базы производства в процессе автоматизации на предшествовавшем этапе развития. В нашей стране эти процессы завершены не были.

В этой связи представляется целесообразным увязывание комплекса реализуемых мер по совершенствованию промышленных производств посредством внедрения передовых производственных технологий с задачами по модернизации их производственных фондов на современной технологической основе.



В то же время большое количество разнонаправленных стратегий, концепций, дорожных карт нуждается в согласованности. Важное значение для перспектив развития цифровой трансформации имеет результативное завершение подготовительных этапов реализуемых мероприятий, связанных с созданием национальной технологической основы в сфере программного обеспечения, проектов в области промышленного интернета вещей, сенсорики и т.д. Требуется увязка планов по наращиванию уровня автоматизации производств с решением проблемы кадрового обеспечения процессов цифровой трансформации – как инженерных специальностей с соответствующими цифровыми компетенциями, так и специалистов в сфере цифровых технологий. Особое значение в условиях прекращения деятельности в России ведущих ИТ-компаний из недружественных стран имеет наращивание национальных компетенций в прикладной сфере – развитие компетенций отечественных системных интеграторов в области передового производства.

Так, например, как было показано в исследовании, вызывает озабоченность результативность планов по автоматизации и роботизации отечественных производств в условиях отставания развертывания роботостроения в нашей стране.

Думается, что согласованность различных целевых показателей существующих проектов, дорожных карт и сопряженных стратегий должна способствовать повышению результативности и эффективности затрачиваемых ресурсов и усилий (Хейфец, 2019. С. 138).

В этой связи целесообразно соотносить планы по автоматизации производств в контексте наращивания уровня «цифровой зрелости» с планами развития обрабатывающей промышленности, предусмотренными Сводной стратегией развития обрабатывающей промышленности.

В-четвертых, **гармонизация политики цифровой трансформации с курсом на технологический суверенитет.** В новых геэкономических реалиях руководством нашей страны был принят курс на «достижение настоящего технологического суверенитета, создание целостной системы экономического развития, которая по критически важным составляющим не зависит от иностранных

институтов»<sup>74</sup>. В этой связи был обозначен ряд крупных производственно-технологических проектов в области авиастроения и радиоэлектронной промышленности,<sup>75</sup> а также сформулирована подготовка аналогичных программ для развития отечественного судостроения, транспортного и сельскохозяйственного машиностроения и др.,<sup>76</sup> локализации по отдельным линейкам высокотехнологичной продукции, таким как телекоммуникационное оборудование, турбины, локомотивы, высокоточные станки, медицинское оборудование и др., реализация которых предполагалась в формате государственно-частного партнерства.

Позднее, в 2023 г., учитывая масштабность и комплексность стоящих задач, был обозначен новый механизм их реализации в формате проектов технологического суверенитета. В перечень видов деятельности для таксономии таких проектов были включены приоритетные направления, среди которых: авиационная промышленность, автомобилестроение, железнодорожное машиностроение, медицинская промышленность, нефтегазовое машиностроение, сельскохозяйственное машиностроение, специализированное машиностроение, станкоинструментальная промышленность и тяжелое машиностроение, судостроение, фармацевтическая промышленность, химическая промышленность, электронная и электротехническая промышленность, а также энергетическая промышленность<sup>77</sup>.

Достижение технологического суверенитета (Афанасьев, 2022. С. 2389) сопрягается с установлением и поддержанием технологического паритета со странами-лидерами в развитии критических

- 
74. Пленарное заседание Петербургского международного экономического форума // Официальный сетевые ресурсы Президента РФ. <http://kremlin.ru/events/president/transcripts/68669> (дата посещения 05.09.2022).
75. Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года. Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 июня 2022 г. №1693-р. <http://government.ru/docs/all/141773/> (дата обращения 01.08.2022).
76. Доклад М.Г. Решетникова о прогнозе социально-экономического развития на 2023 год и на плановый период 2024–2025 годов Минэкономразвития РФ // Официальный интернет-ресурс Совета Федерации РФ. <http://council.gov.ru/events/news/138446> (дата посещения 29.09.2022).
77. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2023 г. №603 «Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации». <http://static.government.ru/media/files/8JsiO5kSttJA1g5IHhGd5qiQVACeECn.pdf> (дата обращения 06.01.2024).

технологий и производстве продуктов на их основе<sup>78</sup>. В данном контексте очевидно, что закреплённые планы реиндустриализации отечественного промышленного производства должны предусматривать их реализацию на современной технологической основе (Афанасьев, 2023f. С. 696).

В этой связи представляется целесообразным сопряжение программ и мероприятий, связанных с достижением национальной цели «Цифровая трансформация», с мегапроектами технологического суверенитета, возможно, в рамках единой долгосрочной стратегии промышленного развития (например, «Сделано в России 2036»).

---

78. Концепция технологического развития на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ № 1315-р от 20 мая 2023 г. <http://static.government.ru/media/files/KlJ6A00A1K5t8Aw93NfRG6P8OIbVp18F.pdf> (дата обращения: 06.01.2024).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя содержание проведенного исследования по теме «Цифровая трансформация промышленного производства: теоретические аспекты и политика ее реализации», необходимо сделать акцент на следующем.

1. В мировом промышленном производстве внедрение технологий, формирующих основу новой технологической революции, осуществляется в значительных масштабах и высокими темпами. Совершенствование производств на их основе было обозначено в качестве приоритета развития в политике ведущих промышленных стран. Назревает и фактически началась глобальная технологическая трансформация.

2. Цифровизация и цифровая трансформация не являются самоцелью. Требуется выработка долгосрочных ориентиров развития отечественного производственного сектора с определением в политике по их достижению места задачам по цифровизации, как важнейшей составляющей механизма прорывного развития.

3. Национальная цель цифровой трансформации в промышленном производстве соотносится с достижением «цифровой зрелости» обрабатывающих отраслей промышленности, обеспечением их готовности к становлению нового формата производств. Текущий уровень «цифровой зрелости» отечественного промышленного производства соответствует категории цифровизации «малая», т.е., как указывалось ранее, на предприятиях преимущественно осуществлена частичная автоматизация с использованием общих и несистем-

ных программных инструментов, а большая часть бизнес-процессов не автоматизирована.

4. В условиях значительного устаревания технической базы и низкого уровня автоматизации производств России проблема совершенствования отечественной производственной системы, ее вывода на состояние технологического паритета со странами-лидерами сопряжена с первостепенным решением задач по модернизации производственных фондов на новой технологической основе. Нарратив о возможности их совершенствования преимущественно за счет цифровизации и изменений в виртуальной (программной) компоненте справедлив лишь для стран, которые осуществили обновление технической базы на предшествовавшем этапе автоматизации.

5. В программах и стратегиях по цифровой трансформации промышленного производства нашли отражение задачи разработки технологической основы и решения организационных вопросов, однако сам механизм достижения сформулированной цели остался не охваченным процессами согласования в системе стратегического планирования. В этой связи вызывает опасение результативность предпринимаемой масштабной инициативы в форме директивы по цифровой трансформации.

6. Сформулированные планы вывода отечественных производств к 2030 г. на состояние «цифровой зрелости» представляются достижимыми при условии интенсификации процессов, в том числе и в условиях эскалации санкционных ограничений. Однако обращает на себя внимание несовершенство методики определения состояния «цифровой зрелости», а также ее акцент на достижение количественных показателей изменения (степени автоматизации бизнес-процессов) в ущерб качественным (повышение производительности труда, снижение трудоемкости и т.д.).

7. В контексте принятого курса на достижение технологической независимости и начала реализации масштабных проектов технологического суверенитета, затрагивающих ключевые сегменты промышленного производства, представляется целесообразной координация мер по их цифровой трансформации в рамках этих проектов с возможной перспективой объединения в единую стратегию развития промышленности, например, «Сделано в России 2036».

## ЛИТЕРАТУРА

- Акбердина В.В.* Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики / В.В. Акбердина // Известия Уральского государственного экономического университета. 2018. Т. 19. № 3. С. 82–99. DOI: 10.29141/2073-1019-2018-19-3-8. EDN ХУЕНАД.
- Афанасьев А.А.* Технологический суверенитет как научная категория в системе современного знания / А.А. Афанасьев // Экономика, предпринимательство и право. 2022. Т. 12. № 9. С. 2377–2394. DOI: 10.18334/err.12.9.116243. EDN КЕКЈUR.
- Афанасьев А.А.* Индустрия 4.0: к вопросу о перспективах цифровой трансформации промышленности в России / А.А. Афанасьев // Вопросы инновационной экономики. 2023а. Т. 13. № 3. С. 1427–1446. DOI: 10.18334/vines.13.3.117880. EDN КТОТЈL.
- Афанасьев А.А.* Механизм формирования промышленной политики России в системе стратегического планирования / А.А. Афанасьев // Экономика, предпринимательство и право. 2023b. Т. 13. № 3. С. 629–648. DOI: 10.18334/err.13.3.117203. EDN АОУЕСR.
- Афанасьев А.А.* Промышленная политика России по достижению технологического суверенитета: теоретико-методологические основы и практические аспекты / А.А. Афанасьев. М.: Общество с ограниченной ответственностью «Первое экономическое издательство», 2023с. DOI: 10.18334/9785912924644. EDN СУТКСМ.
- Афанасьев А.А.* Промышленность России: текущее состояние и условия формирования / А.А. Афанасьев // Вопросы инновационной экономики. 2023d. Т. 13. № 1. С. 105–126. DOI: 10.18334/vines.13.1.116946. EDN LORZBF.
- Афанасьев А.А.* Сравнительный анализ значения отечественного станкостроения в модернизации производств СССР, постсоветского периода и на современном этапе развития России / А.А. Афанасьев // Экономика, предпринимательство и право. 2023е. Т. 13. № 7. С. 2167–2188. DOI: 10.18334/err.13.7.117948. EDN PZJSWP.
- Афанасьев А.А.* Технологический суверенитет: варианты подходов к рассмотрению проблемы / А. А. Афанасьев // Вопросы инновационной экономики. 2023f. Т. 13. № 2. С. 689–706. DOI: 10.18334/vines.13.2.117375. EDN ZIAOXU.
- Афанасьев А.А.* Цифровизация в промышленности: варианты подходов к изучению и методология исследования / А.А. Афанасьев // Вопросы инновационной экономики. 2023g. Т. 13. № 3. С. 1395–1414. DOI: 10.18334/vines.13.3.118927. EDN HZXPVS.

- Афанасьев А.А. Цифровизация промышленности: теоретические основы и методология исследования / А.А. Афанасьев // Экономика, предпринимательство и право. 2023h. Т. 13. № 8. С. 2537–2556. DOI: 10.18334/errp.13.8.118634. EDN BWZWTT.
- Афанасьев А.А. Цифровая трансформация машиностроения России в контексте четвертой промышленной революции / А.А. Афанасьев // Вопросы инновационной экономики. 2024. Т. 14. № 1. С. 221–240. DOI: 10.18334/vinec.14.1.120242. EDN GUSHWN.
- Байдаров Д.Ю. Программное обеспечение «тяжелого» класса: возможности импортозамещения / Д.Ю. Байдаров, Е.М. Абакумов, Д.Ю. Файков // Вопросы инновационной экономики. 2022. Т. 12. № 1. С. 295–316. DOI: 10.18334/vinec.12.1.114143. EDN UTGFAG.
- Белов В.Б. Новая парадигма промышленного развития Германии – стратегия «Индустрия 4.0» / В.Б. Белов // Современная Европа. 2016. № 5(71). С. 11–22. DOI: 10.15211/soveurope520164146. EDN XISLKT.
- Бодрунов С.Д. Ноономика: Монография / С.Д. Бодрунов. М. и др.: Культурная революция, 2018. EDN XQTTJZ.
- Братченко С.А. Несогласованность целей в государственном управлении / С.А. Братченко // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2023. № 6. С. 78–108. DOI: 10.52180/2073-6487\_2023\_6\_78\_108. EDN KDNKXU.
- Варшавский А.Е. Сопоставительный анализ показателей и факторов роботизации в России и Польше / А.Е. Варшавский, В.В. Дубинина // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2021. Т. 17. № 10(403). С. 1875–1902. DOI: 10.24891/ni.17.10.1875. EDN SBQFLN.
- Доржиева В.В. Цифровая трансформация промышленности и промышленная политика в условиях внешних ограничений / В.В. Доржиева // Вопросы инновационной экономики. 2023a. Т. 13. № 2. С. 637–648. DOI: 10.18334/vinec.13.2.117692. EDN IEYDZJ.
- Доржиева В.В. Цифровая трансформация промышленности в условиях внешних ограничений (на примере фармацевтической промышленности) : Научный доклад / В.В. Доржиева. М.: ИЭ РАН, 2023b. EDN NKUBJR.
- Индикаторы инновационной деятельности: 2024 : стат. сбор. / В.В. Власова, Л.М. Гохберг, Г.А. Грачева и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024.
- Индикаторы цифровой экономики: 2024: статистический сборник / В.Л. Абашкин, Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «ВШЭ». М.: ИС ИЭЗ ВШЭ, 2024.

- Киреев К.* Цифровая зрелость промышленных предприятий. Пилотный проект по апробации обновленных методических рекомендаций по формированию цифрового паспорта промышленного предприятия. Дискуссионная площадка «Цифровая зрелость VS Цифровая готовность». [https://vk.com/video-64545043\\_456239147](https://vk.com/video-64545043_456239147) (дата обращения: 08.10.2023).
- Ковальчук М.В.* Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее / М.В. Ковальчук // Российские нанотехнологии. 2011. Т. 6. № 1–2. С. 13–23. EDN NEDVVH
- Конюховская А.* Российский рынок промышленной робототехники. <https://robotrends.ru/pub/1917/konspekty-rossiyskiy-rynok-promyshlennoy-robototekhniki-alisa-konyuhovskaya-naurg> (дата обращения: 07.01.2024).
- Ленчук Е.Б.* Формирование цифровой экономики в России: вызовы, перспективы, риски / Е.Б. Ленчук, Г.А. Власкин, В.В. Доржиева и др.; Институт экономики РАН. СПб.: Алтейя, 2020. EDN JCDEOY.
- Ленчук Е.Б.* Индустрия 4.0 в повестке стратегического партнерства России и стран АСЕАН / Е.Б. Ленчук, В.В. Доржиева // Россия и современный мир. 2023. № 4(121). С. 39–57. DOI: 10.31249/rsm/2023.04.03. EDN LZQTBU.
- Лола И.С.* Инвестиционная активность промышленных предприятий России: коронакризисные тенденции и перспективы в 2021 г. М.: НИУ ВШЭ, 2021.
- Пястолов С.М.* Новый курс: стратегия американского лидерства в области передового производства / С.М. Пястолов // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Серия 8: Науковедение. 2020. № 1. С. 99–108. EDN PHTVBX.
- Смородинская Н.В.* Ключевые черты и последствия индустриальной революции 4.0 / Н.В. Смородинская, Д.Д. Катукров // Инновации. 2017. № 10(228). С. 81–90. EDN YPMVXW.
- Руднев К.Н.* Автоматизация производства. Большая советская энциклопедия: [В 30 т.] / Гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.
- Тарасов И.В.* Технологии Индустрии 4.0: влияние на повышение производительности промышленных компаний / И.В. Тарасов // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. № 2(105). С. 62–69. EDN XSCOGT.
- Трачук А.В.* Трансформация промышленности в условиях четвертой промышленной революции / А.В. Трачук, Н.В. Линдер, И.В. Тарасов [и др.]; Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации. М.: Издательский дом «Реальная экономика», 2018. EDN YPDYJN.



- Хейфец Б.А. Зарубежные программы умной реиндустриализации: варианты для России / Б.А. Хейфец, В.Ю. Чернова // ЭКО. 2019. № 8(542). С. 118–140. EDN CJWYRV.
- Цифровая трансформация: ожидания и реальность: доклад / Г.И. Абдрахманова и др. М.: Изд. дом ВШЭ, 2022.
- Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. международ. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 г. / Г.И. Абдрахманова, К.Б. Быховский, Н.Н. Веселитская и др. М.: ВШЭ, 2021.
- Шваб К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб. М.: Эксмо, 2016. (Top Business Awards).
- Шкарупета Е.В. Практические аспекты оценки цифровой зрелости промышленных предприятий в условиях пилотирования инноваций в цифровых сервисах ГИСП / Е.В. Шкарупета // Информатизация в цифровой экономике. 2023. Т. 4. № 1. С. 9–22. DOI: 10.18334/ide.4.1.117048. EDN VPVOJQ.
- Bidet-Mayer T. Industrie du futur: une compétition mondiale. Paris: Presses des Mines, 2016.
- Roco Mibail C., William S. Bainbridge (eds.). Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and the Cognitive Science. Arlington, VA: National Science Foundation, 2002.



Редакционно-издательский отдел:  
Тел.: +7 (499) 129 0472  
e-mail: print@inecon.ru  
сайт: www.inecon.ru

*Научный доклад*

**А.А. Афанасьев**

**ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
И ПОЛИТИКА ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ**

Оригинал-макет – Валериус В.Е.  
Редактор – Ерзнкян М.Д.  
Компьютерная верстка – Хацко Н.А.

Подписано в печать 02.07.2024 г.  
Заказ №10. Тираж 300. Объем 2,8 уч. изд. л.  
Отпечатано в ИЭ РАН

ISBN 978-5-9940-0755-6



9 785994 007556