

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ТЕНДЕНЦИИ, УПРАВЛЕНИЕ, СТРАТЕГИИ



Российская академия наук
Уральское отделение
**ИНСТИТУТ
ЭКОНОМИКИ**



Российская академия наук
Уральское отделение
Институт экономики

**ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ:
ТЕНДЕНЦИИ, УПРАВЛЕНИЕ, СТРАТЕГИИ**

Сборник научных статей

Екатеринбург
2023

УДК 332.141:658.512
ББК 65.305-984(2Рос):3-05
Ц 75

Издание подготовлено в соответствии с планом НИР
для ФГБУН «Институт экономики УрО РАН»

Рецензенты:

д-р экон. наук., доцент С. В. Орехова,
д-р экон. наук., профессор О. А. Романова

Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии: сборник научных статей / отв. ред. чл.-корр. РАН, д-р экон. наук. В. В. Акбердина. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2023. — Электрон. текст. дан. (1,88 Мб). — 164 с. — 1 опт. компакт-диск (CD-ROM). — Текст: электронный.

ISBN 978-5-94646-685-1

В статьях, размещенных в сборнике, ставятся вопросы оценки возможностей и перспектив цифрового перехода промышленности и индустриальных рынков, формирования представления о механизмах реализации процессов цифровизации, выявления успешных цифровых стратегий отраслей промышленности и промышленных предприятий.

Фокус статей сборника направлен на Индустрию 5.0 — новую парадигму промышленного развития, связанную с гуманизацией технологий, резильентностью и устойчивым развитием промышленных экосистем. Индустрия 5.0 — это не новая технологическая революция, а ценностно ориентированная инициатива, которая стимулирует технологические преобразования с целью обеспечить существенный рост благосостояния человечества.

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей высшей школы, а также для широкого круга читателей, интересующихся экономикой промышленности и вопросами цифровизации.

УДК 332.141:658.512
ББК 65.305-984(2Рос):3-05

ISBN 978-5-94646-685-1

© Институт экономики УрО РАН, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Афанасьев А.А.</i> Четвертая промышленная революция: к вопросу о перспективах цифровой трансформации в России	4
<i>Бродецкий Г.Л., Герами В.Д., Гусев Д.А., Зимин А.Ю.</i> Проблемы баланса метрик эффективности реализации стратегий цифровой трансформации транспорта и обрабатывающей промышленности	16
<i>Доржиева В.В.</i> Industrial AI: национальные приоритеты и перспективы развития в России в условиях неопределенности	27
<i>Зарипова Ю.О., Третьякова Е.А.</i> Сравнительная характеристика подходов к оценке информатизации и цифровой зрелости регионов России.....	37
<i>Зинатуллина Э.Р., Дубровский В.Ж.</i> Модели организационного обеспечения цифровой трансформации предприятия	48
<i>Иванченко А.В.</i> Научно-производственная трансформация рынка машиностроения и станкостроения с целью обеспечения технологического суверенитета страны	59
<i>Койтов С.А.</i> Цифровая платформа для производства	72
<i>Пономарева А.О.</i> Цифровая трансформация промышленности: механизмы реализации и инструменты промышленной политики в новых геополитических условиях	90
<i>Симченко Н.А., Цёхла С.Ю.</i> Социальные ценности в условиях Индустрии 5.0.....	103
<i>Сорокина Н.Ю.</i> Особенности цифровизации в старопромышленных регионах России.....	113
<i>Тимиргалеева Р.Р., Гришин И.Ю.</i> Концептуальная модель управления цифровой трансформацией агропромышленного кластера	124
<i>Трушкова Е.А.</i> К вопросу исследования региональной неоднородности адаптаций к процессам цифровизации	136
<i>Шориков А.Ф.</i> Оптимизация результата программного терминального управления выпуском продукции предприятия	146

ЧЕТВЕРТАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ: К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В РОССИИ

Аннотация. Цифровые технологии, внедрение которых началось еще с середины прошлого века и в последствии приобрело значительные масштабы, стали важнейшим инструментом прогрессивного развития в самых разных областях общественной жизни. В промышленности они являются средством совершенствования факторов производства. Прогрессивное развитие последних десятилетий увязывается с ходом третьей промышленной революции. Текущий период автор статьи обозначает как переходный между третьей и четвертой промышленной революцией. В статье отмечается ускоряющийся рост масштабов мировых рынков технологий, связанных с рассматриваемыми процессами. Отмечается доминирование на них компаний из США, с которыми конкурируют фирмы из Западной Европы. Отмечается слабое проявление этих тенденций на российских рынках. В то же время подчеркивается, что цифровая трансформация принята в России в качестве национальной цели развития, с соответствующим закреплением планов мероприятий в программе развития обрабатывающей промышленности. Делаются вывод о подготовительном этапе цифровой трансформации отечественной промышленности в настоящее время, а также предположение о возможности достижения паритета со странами-лидерами в данной сфере в случае начала масштабной реализации запланированных мероприятий.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровизация, четвертая промышленная революция, индустрия 4.0, киберфизические производственные системы

Введение

Внедрение цифровых технологий, начавшееся еще с середины XX в., впоследствии приобрело существенное ускорение и значительные масштабы. По мере совершенствования техники и способов работы с информацией (появление и начало применения вычислительных машин и устройств ЧПУ с 1960-х гг., роботизация производств, распространение персональных ЭВМ и информационных систем управления с 1980-х гг., а позже — интернета и облачных технологий, развитие с 2010-х гг. технологий искусственного интеллекта, обработки больших данных, цифровых двойников, интернета ве-

щей и др.) промышленное производство выводилось на очередную ступень прогресса в рамках третьей промышленной революции.

В настоящее время правомерен прогноз о постепенном перерастании этих процессов в четвертую промышленную революцию, то есть переход от простой цифровизации (третья промышленная революция) к гибридным, конвергентным технологиям (четвертая промышленная революция), «результатом которого станет полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящее за границы одного предприятия, с перспективой объединения в глобальную промышленную сеть вещей и услуг» (Акбердина, 2018).

В этой связи известный немецкий экономист Клаус Шваб отмечал, что сутью происходящей в настоящее время трансформации является коренное преобразование глобальных цепочек создания стоимости: «...Распространяя технологию „умных заводов“, четвертая промышленная революция создает мир, в котором виртуальные и физические системы производства гибко взаимодействуют между собой на глобальном уровне» (Шваб, 2016).

В данном контексте представляются актуальными всесторонние исследования проблем цифровизации, посвященные уточнению сущности этого явления, его исторического места, характеристике движущих сил, тенденций, особенности реализации соответствующих процессов как в мире, так и применительно к России.

В свете вышеизложенного, а также с учетом научных интересов автора объектом исследования в данной статье избрана цифровая трансформация промышленности, а предметом исследования стали ее перспективы в современной России.

Для решения заявленных научных задач был задействован значительный массив источников. Среди работ, посвященных проблемам влияния технологий на экономическое развитие, периодизации этапов научно-технического прогресса, выделению и анализу технологических укладов и промышленных революций, представляется возможным выделить работы С.Ю. Глазьева (Глазьев, 1993), В.Е. Дементьева (Дементьев, 2018; Дементьев и др., 2019), А.И. Анчишкина (Анчишкин, 1989). Вопросы цифровой трансформации промышленности нашли свое отражение в трудах В.В. Акбердиной (Акбердина, 2018), О.С. Сухарева (Сухарев, 2021), В.А. Плотникова (Плотников, 2018), Г.В. Лепеша (Лепеш, 2022), В.В. Коровкина (Коровкин & Кузнецова, 2020). Особенности применения и распространения различных технологических решений посвящены ис-

следования К.А. Фонтана, Б.А. Ерзнкян (Фонтана & Ерзнкян, 2022), А.Е. Варшавского (Варшавский & Дубинина, 2021) и др.

Цифровизация промышленности на этапах научно-технического прогресса

Как уже было отмечено, процессы цифровизации характеризуются быстрыми темпами и значительными масштабами во всех сферах общественной жизни.

Так, в социальной сфере они стали средством предоставления социальных услуг более совершенных форм и роста качества жизни населения (Бобров, 2011), в духовно-культурной сфере — источником появления новых способов коммуникаций и основой для создания более эффективного информационного пространства. В экологической сфере они способствуют развитию способов управления процессами взаимодействия человека и окружающей природы, во внутривластной сфере предстают средством управления и основой более совершенных форм реализации отношений по поводу власти, в геополитической — фактором ускорения глобализации и появления новых форм трансграничного взаимодействия (например, цифровые технологии стали важнейшей частью механизма международных санкций).

В экономической сфере цифровые технологии становятся средством развития факторов производства. В силу избранной цели настоящего исследования именно данный ракурс будет положен в его основу.

Таким образом, цифровизация представляет собой форму научно-технического прогресса, связанную с совершенствованием производительных сил посредством использования цифровых технологий и средств ИКТ.

Последние, проникая почти во все элементы производительных сил, принципиально меняют характер их функционирования, образуя более совершенные траектории воспроизводства. Основным содержанием этого явления стала автоматизация. Таким образом, следует зафиксировать неразрывную взаимосвязь между автоматизацией как целью и цифровизацией как средством ее достижения (табл. 1).

Цифровые технологии масштабно применяются с середины XX в., в условиях развертывания третьей промышленной революции (Афанасьев, 2023). Как уже было отмечено ранее, следующая ступень развития сопрягается с обретением возможности глобального взаимодействия физических и виртуальных систем производства (табл. 2).

Таблица 1

**Цифровизация как форма научно-технического прогресса
в единстве элементов производительных сил и уровней развертывания
соответствующих процессов**

Уровни ЦФРВ	Элементы производительных сил				
	средства производства	производственно-технические технологии	рабочая сила	средства ИКТ и цифровые технологии	форма организации производства
Производство	Цифровизация средств производства	Цифровизация метода производства	Цифровизация трудовых функций	Автоматизация технологического процесса	Цифровое производство
Предприятие	Цифровизация средств производства предприятия	Цифровизация всей совокупности процессов на предприятии	Цифровизация управленческих и иных функций	Автоматизация управленческих и иных процессов на предприятии	Цифровое предприятие
Отрасль	Цифровизация средств производства отрасли	Цифровизация производственных и иных связей отрасли	Цифровизация внутриотраслевых и прочих связей	Автоматизация жизнедеятельности отрасли	Цифровая промышленная экосистема

Источник: разработка автора (Афанасьев, 2023).

Таблица 2

Периодизация и основные характеристики промышленных революций

Характеристика	1-я промышленная революция	2-я промышленная революция	3-я промышленная революция	4-я промышленная революция
Главный тренд в развитии производительных сил	Механизация, распространение станков и машин	Внедрение универсальных станков и конвейеров	Автоматизация производства	Киберфизические производственные системы, интегрированные на основе цифровых платформ

Окончание табл. 2 на след. стр.

Характеристика	1-я промышленная революция	2-я промышленная революция	3-я промышленная революция	4-я промышленная революция
Ключевой элемент в структуре производительных сил	Станок	Стандартизация производственных процессов, новые источники энергии	Средства автоматизации, информационные системы, промышленные роботы	Цифровые платформы, технологии искусственного интеллекта, обработки больших данных, цифровых двойников, интернет вещей и др.

Источник: разработка автора (Афанасьев, 2023).

В данном контексте представляется верным тезис о переходном характере текущего этапа, поскольку здесь имеет место дальнейшее развитие производительных сил в парадигме третьей промышленной революции, в рамках которой и происходит интеграция вычислений с физическими процессами, то есть создание киберфизических производственных систем¹. Важно отметить, что уровень их развития, при котором появляется самоорганизующая функция и представляет собой так называемые «умные заводы»². При этом по мере выхода за пределы отдельно взятого предприятия на траекторию сетевого взаимодействия возникают предпосылки к началу новой — четвертой — промышленной революции, в условиях которой потенциал систем будет раскрыт в полной мере (табл. 3).

Тенденции четвертой промышленной революции в мире и их перспективы в России

В мире рассматриваемые процессы проходят масштабно, а их темп ускоряется. Так, мировой рынок цифровых двойников растет со скоростью порядка 40 % в год, рынок промышленного интернета

¹ Киберфизические системы. Аналитический отчет Технет НТИ 2022 г. <https://technet-nti.ru/article/otchet-kiberfizicheskie-sistemy> (дата обращения: 14.10.2023).

² Глоссарий терминов в области индустрии 4.0 / Позднеев Б. М. и [др]. <http://en.rgru.ru/data/news/Глоссарий%20терминов%20в%20области%20Индустрии%204.0.pdf> (дата обращения: 15.10.2023).

Таблица 3

Историческое место цифровизации в контексте четвертой промышленной революции

Характеристика	Роль цифровизации в промышленной революции			
	3-я промышленная революция	переходный период от 3-й к 4-й промышленной революции	4-я промышленная революция	
Этап	Автоматизация производства	Комплексная автоматизация предприятия	Когнитивная автоматизация	Платформенная автоматизация
Временной период	1960–1980	1980–2010	2010–2030	С 2030 г.
Главный тренд в развитии производственных сил	Автоматизация производства	Гибкие автоматизированные производства, автоматизация бизнес-процессов	Киберфизические производственные системы	Глобальное взаимодействие киберфизических производственных систем
Ключевой элемент в структуре производительных сил	ЦПУ, большие ЭВМ	ЭВМ, информационные системы управления, средства автоматизации (промышленные роботы и др.), интернет, облачные технологии	Технологии искусственного интеллекта, обработки больших данных, цифровых двойников, интернет вещей и т. д.	Цифровая платформа
Принципиальные сдвиги в формах организации производства	Автоматизированный технологический процесс	Автоматизированное предприятие	Киберфизические производственные системы	Промышленная экосистема на основе цифровых платформ

Источник: разработка автора (Афанасьев, 2023).

и аддитивных технологий — более 20 % в год, рынок промышленной робототехники и сенсорики — свыше 10 % в год.

Основными лидерами в выделенных технологических областях преимущественно являются компании из США, с которыми конкурируют фирмы из Евросоюза, Великобритании, Швейцарии, Японии (табл. 4).

Таблица 4

Параметры рынков основных технологических направлений киберфизических производственных систем в мире и России, 2021 г.

Технологические направления	Показатель				
	емкость мировых рынков (млрд долл)	ожидаемый среднегодовой темп роста мирового рынка (%)	страны-лидеры (число компаний-лидеров в топ 10)	рынок России (млн руб)	доля России в мировом рынке (%)
Компьютерное проектирование (CAD)	10,0	6,5	США (6/10)	11600,0	0,26
Компьютерный инжиниринг (CAE)	7,0	10,0	США (6/10), ЕС+* (4/10)		
Технологическая подготовка производства (CAM)	3,0	8,0	США (5/10), ЕС+ (3/10)		
Технологии цифровых двойников	6,5	40,0	США (4/10), ЕС+ (6/10)		
Управление данными о продукте (PDM)	3,0	7,0	США (6/10), ЕС+ (4/10)		
Управление жизненным циклом изделия (PLM)	30,0	8,3	США (6/10), ЕС+ (4/10)		

Окончание табл. 4 на след. стр.

Технологические направления	Показатель				
	емкость мировых рынков (млрд долл)	ожидаемый среднегодовой темп роста мирового рынка (%)	страны-лидеры (число компаний-лидеров в топ 10)	рынок России (млн руб)	доля России в мировом рынке (%)
Промышленная робототехника	35,0	10,0	Япония (6/10), ЕС+ (3/10)	6800,0	0,26
Промышленная сенсорика	200,0	12,0	США (5/10), ЕС+ (4/10)	5,0	0,00
Промышленный интернет вещей	267,0	23,0	США (7/10), ЕС+ (3/10)	900,0	0,01
Аддитивные технологии	12,0	20,0	США (7/10), ЕС+ (2/10)	300,0	0,03

¹Здесь и далее Страны ЕС+ включают страны Евросоюза, Великобританию и Швейцарию.

Источник: рассчитано и составлено автором по Прогноз развития рынков, включенных в направление «Технет» НТИ. 2022 год. Экспертно-аналитический доклад. <https://technet-nti.ru/article/ekspertno-analiticheskii-doklad-prognoz-razvitiya-rynkov-vklyuchennyh-v-napravlenie-nti-tehnet-2022> (дата обращения: 14.10.2023).

Ожидается, что предстоящие изменения затронут в первую очередь виртуальную среду и потребуют частичной (40–50 %) модернизации технической базы, однако это верно только для тех стран, которые осуществили ее существенное обновление (порядка 80–90 %) на предшествующем этапе автоматизации¹.

¹ План мероприятий («дорожная карта») «ТЕХНЕТ 4.0» (передовые производственные технологии). Национальной технологической инициативы 2020 // Технет НТИ. https://technet-nti.ru/article/roadmap_new (дата обращения 12.10.2023).

В этой связи представляется важным обратить внимание на ускорение происходящей в мире роботизации производств. Наращивание ее темпов позволяет прогнозировать удвоение мирового парка промышленных роботов за следующие пять-шесть лет¹.

Что касается протекания данных процессов в России, то цифровая трансформация закреплена в качестве национальной цели развития, а в соответствии с планом по ее достижению реализуемый комплекс мер должен уже к 2030 г. вывести отечественную промышленность на уровень цифрового созревания (Цифровая трансформация..., 2022). Данный курс уже отражен в текущей версии стратегии развития обрабатывающей промышленности, предусматривающей почти четырехкратное увеличение доли внутренних затрат на цифровизацию ее предприятий (рис.).

В данном контексте можно охарактеризовать текущий период как подготовительный, связанный с решением инфраструктурных и организационных задач. Что же касается процессов цифровой трансформации отечественной промышленности, то они находятся в самом начале реализации. Данный тезис может быть проиллюстрирован низким темпом наращивания парка промышленных роботов в нашей стране, использования средств цифрового проектирования, аддитивных технологий и т. д. (Афанасьев, 2023; статистические данные²).

Заключение

Цифровые технологии, внедряемые в различных сферах общественной жизни, становятся важнейшим фактором прогрессивного развития. В настоящее время представляется правомерным прогноз о перерастании третьей промышленной революции в четвертую. В этой связи обращает на себя внимание высокий темп роста объемов мировых рынков, связанных с ключевыми технологиями данного процесса. В то же время в России отмеченные тенденции еще не получили соответствующего распространения. Тем не менее на государственном уровне цифровая трансформация закреплена в качестве национальной цели развития.

Представляется несомненным, что в результате реализации мер по достижению обозначенного приоритета существует реаль-

¹ Word robotics 2023. International Federation of Robotics. https://ifr.org/img/worldrobotics/2023_WR_extended_version.pdf (дата обращения: 14.10.2023).

² Абдрахманова Г. И., Васильковский С. А., Вишневский К. О., Гохберг Л. М. и др. Индикаторы цифровой экономики: 2022: стат. сб. Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». Москва: НИУ ВШЭ, 2023. 332 с.



Рис. 1. Интегральные индикаторы по цифровизации в сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года (источник: составлено автором по Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года. С изм. от 09.09.2023. <http://static.government.ru/media/files/AIAVFpbzBo7cvkwaMoNtWjLt6WA8Cmu.pdf> (дата обращения: 15.10.2023))

ная возможность достижения прогресса производственной системы сопоставимого с полученными результатами в государственном управлении, потребительском, финансовом и других секторах экономики, обеспечив паритет в рассматриваемой области с ведущими индустриально развитыми странами.

Список источников

Акбердина, В. В. (2018). Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики. *Известия Уральского государственного экономического университета*. 19(3), 82–99. doi: 10.29141/2073-1019-2018-19-3-8

Анчишкин, А. И. (1989). *Наука — техника — экономика*. Москва: Издательство «Экономика», 383.

Афанасьев, А. А. (2023). Индустрия 4.0: к вопросу о перспективах цифровой трансформации промышленности в России. *Вопросы инновационной экономики*, 13(3), 1427–1446. doi: 10.18334/vines.13.3.117880

Афанасьев, А. А. (2023). Цифровизация в промышленности: варианты подходов к изучению и методология исследования. *Вопросы инновационной экономики*, 13(3), 1395–1414. doi: 10.18334/vines.13.3.118927

Афанасьев, А. А. (2023). Сравнительный анализ значения отечественного станкостроения в модернизации производств СССР, постсоветского периода и на современном этапе развития России. *Экономика, предпринимательство и право*, 13(7), 2167–2188. doi: 10.18334/erpp.13.7.117948

Афанасьев, А. А. (2023). Цифровизация промышленности: теоретические основы и методология исследования. *Экономика, предпринимательство и право*, 13(8), 2537–2556. doi: 10.18334/erpp.13.8.118634

Бобров, Д. В. (2011). Теоретические основы качества жизни населения: социолого-управленческие аспекты. *Вестник университета*, 12, 20–22.

Варшавский, А. Е., Дубинина, В. В. (2021). Сопоставительный анализ показателей и факторов роботизации в России и Польше. *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*, 17, 10(403), 1875–1902. doi: 10.24891/ni.17.10.1875

Глазьев, С. Ю. (1993). *Теория долгосрочного технико-экономического развития*. Москва: ВлаДар, 310.

Дементьев, В. Е. (2019). Промышленные революции и смена технологических укладов. *Друкерровский вестник*, 1(27), 5–17. doi: 10.17213/2312-6469-2019-1-5-17

Дементьев, В. Е., Устюжанина Е. В., Евсюков, С. Г. (2018). Цифровая трансформация цепочек создания ценности: «улыбка» может оказаться «хмурой». *Журнал институциональных исследований*, 10(4), 58–77. doi: 10.17835/2076-6297.2018.10.4.058-077

Коровкин, В. В., Кузнецова, Г. В. (2020). Перспективы цифровой трансформации российского машиностроения. *Ars Administrandi (Искусство управления)*, 12(2), 291–313. doi: 10.17072/2218-9173-2020-2-291-313

Лепеш, Г. В. (2022). Цифровая трансформация промышленного сектора экономики. *Технико-технологические проблемы сервиса*, 2(60), 3–15.

Плотников, В. А. (2018). Цифровизация производства: теоретическая сущность и перспективы развития в российской экономике. *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*, 4(112), 16–24.

Сухарев, О. С. (2021). Цифровизация и направления технологического обновления промышленности России. *Journal of New Economy*, 22(1), 26–52. doi: 10.29141/2658-5081-2021-22-1-2

Фонтана, К. А. Ю. Ернзкян, Б. А. (2022). «Умная фабрика» и ключевые технологии Индустрии 4.0 (обзор). *Вестник Воронежского государственного*

ного университета. Серия Экономика и управление, 4, 53–67. doi: 10.17308/есоп.2022.4/10575

Абдрахманова, Г. И., Васильковский, С. А., Вишневский, К. О., Гершман, М. А., Гохберг Л. М. и др. (2022). *Цифровая трансформация: ожидания и реальность: докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2022 г.*; рук. авт. кол. П. Б. Рудник; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». Москва: Изд. дом Высшей школы экономики. 221. <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/603838492.pdf>

Шваб, К. (2016). *Четвертая промышленная революция*. Москва: Эксмо. 138.

Афанасьев Александр Анатольевич — канд. экон. наук, старший научный сотрудник Центра инновационной экономики и промышленной политики, Институт экономики РАН, <https://orcid.org/0000-0003-2253-3601> (Российская Федерация, 117218, Россия, Москва, Нахимовский проспект, 32. piran@bk.ru).

ПРОБЛЕМЫ БАЛАНСА МЕТРИК ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЙ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ТРАНСПОРТА И ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. В статье проанализирована эффективность реализации Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года и Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года. Выявлена несогласованность ряда метрик развития и цифровой трансформации указанных стратегий с учетом различий структуры их бенефициаров, а также неопределенность, которая может проявляться в трудно прогнозируемых диспропорциях развития отраслей с учетом динамики изменений предпочтений сторон. Для согласования разнонаправленных метрик и моделирования предпочтений заинтересованных сторон предложено использовать современные методы и модели многокритериального выбора, в том числе и в условиях неопределенности. Перспективы повышения эффективности реализации обрабатывающих отраслей промышленности вместе с их транспортным обеспечением соотносятся с возможностями многомерного поиска баланса метрик развития и предпочтений при принятии решений.

Ключевые слова: цифровая трансформация, обрабатывающая промышленность, транспорт, многокритериальный выбор, неопределенность

Введение

Сбалансированное развитие Российской Федерации и укрепление технологического суверенитета страны требует согласованности реализации стратегий отдельных отраслей промышленности, а также поддержки со стороны транспортного обеспечения соответствующих цепей поставок.

Состояние обрабатывающей промышленности в Российской Федерации

В современных реалиях беспрецедентного санкционного давления, сопутствующего функционированию отечественной промышленной сферы, наиболее эффективно (на фоне других отраслей)

справиться с новыми вызовами удастся обрабатывающей промышленности. Это происходит, в частности, за счет высокой степени инновационности, а также производительности с точки зрения вклада в ВВП страны. Несмотря на ограничения импорта технологий, ресурсов и решений, обрабатывающая промышленность сохраняет потенциал к развитию за счет появления новых и перспективных российских вариантов замещения зарубежных подходов. Важную роль в вопросе развития обрабатывающей промышленности играет стратегия ее цифровой трансформации до 2030 года от Минпромторга (Alekseev, 2021), в которой большое внимание уделено конкретным шагам, целям, метрикам и бенефициарам цифрового развития анализируемой отрасли.

На рисунке 1 представлены ключевые бенефициары изменений в обрабатывающей промышленности, согласно стратегии ее развития. Взаимодействие бенефициаров результатов проведения стратегии является важным показателем эффективности стратегии, в то время как возникновение между ними конфликтов говорит о несбалансированности предлагаемых стратегией решений. Нахождению точек баланса предпочтений бенефициаров должны способствовать метрики, закладываемые в стратегию (Ho & Ma, 2018). Так, среди метрик, перечисленных в данной стратегии, можно выделить необходимое повышение доли организаций обрабатываю-

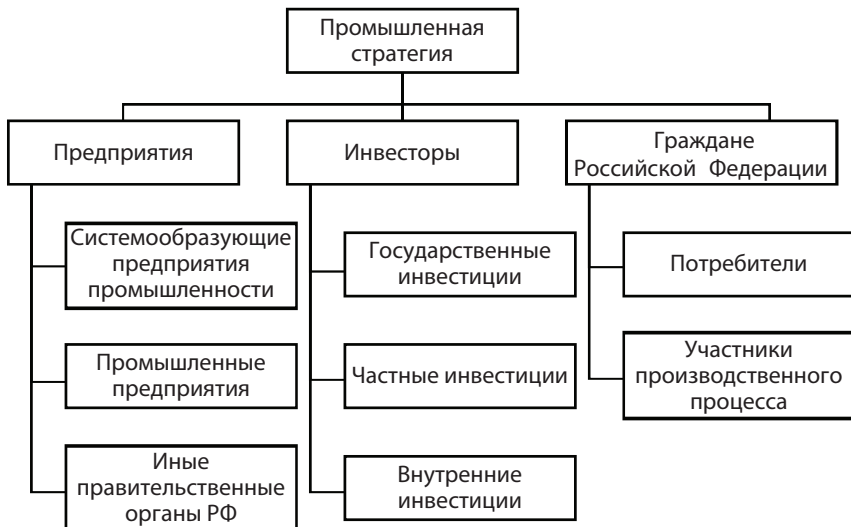


Рис. 1. Бенефициары стратегии обрабатывающей промышленности
(источник: составлено авторами)

щей промышленности, осуществляющих технологические инновации. Важность данной метрики заключается в повышении общего уровня цифровизации обрабатывающих предприятий.

Остальные метрики, приведенные в стратегии, так или иначе воздействуют на приведенную метрику, однако их воздействие нельзя однозначно оценить в силу существования разнонаправленности некоторых целей стратегии. Тем не менее, подобные преобразования способны реорганизовать классические проблемные сферы обрабатывающей промышленности, такие как относительно низкий уровень цифровизации производственных процессов, недостаток высококвалифицированного персонала, отвечающего современным требованиям к управлению технологическими решениями, а также постепенно теряющим свою актуальность управленческим подходам, рассчитанным на совершенно другие внешние и внутренние факторы (Kalinsky & Afonin, 2021).

Данное суждение находит свое отражение в главной цели, прописанной в стратегии — обеспечение технологической независимости государства, возможности коммерциализации российских исследований и разработок, а также ускорение технологического развития российских компаний и обеспечение конкурентоспособности разрабатываемых ими продуктов и решений на глобальном рынке путем достижения «цифровой зрелости» при помощи модернизации управления производственными процессами. Предполагается, что эти преобразования приведут к общему повышению производительности труда, что благотворно скажется на росте ВВП и, соответственно, благосостоянии граждан, что, в свою очередь, окажет влияние на покупательную способность населения (Sibirskaya et al., 2021).

Исходя из этого, создание инструментов реализации данной стратегии на рабочем уровне является важнейшей задачей, стоящей перед российской наукой управления (Trifonov & Fomenko, 2021). Промедление в данном вопросе может стать критической уязвимостью отечественного промышленного сектора, особенно при условии сохранения и возможного расширения западных санкций. Потеря ставшего привычным рынка готовых решений создает необходимость в нахождении альтернативных вариантов получения современных подходов к построению производственного процесса.

Стоит отметить, что поиск альтернативных подобных рынков и развитие «параллельного» импорта не является надежным решением возникшей проблемы, а лишь создает дополнительные уязвимости для и так пострадавшей отечественной экономики. Таким

образом, развитие отечественных управленческих практик с использованием российских технологических и программных решений является приоритетным направлением с точки зрения сохранения возможности конкуренции с зарубежными концернами.

Относительно новым вызовом, стоящим перед обрабатывающей промышленностью, является резкая переориентация логистических цепочек с Запада на Восток и Юг. Подобные изменения, вызванные геополитической ситуацией на международной арене, не только влекут за собой сложности, возникающие в традиционных производственных процессах, но и провоцируют появление новых межфункциональных конфликтов, наиболее вероятным из которых является конфликт производства и транспорта, во многом являющихся ключевыми элементами цепочки поставок.

Стремление современных производств к формированию единого потока создания ценности, находящегося под управлением интеллектуальных цифровых систем, создает необходимость в не менее развитом уровне транспортных структур, контактирующих с производственными процессами (Romanova, 2018). В то время как проблема развития производственного транспорта ложится на плечи самих производственных предприятий, все более актуальной становится проблема эффективного взаимодействия производственного и магистрального транспортов. С этой точки зрения необходимо рассматривать и транспортную стратегию Российской Федерации.

Стоит отметить, что транспортная стратегия также направлена на развитие цифровых инструментов, которые призваны облегчить проблемы ранее упомянутой реконфигурации цепей поставок, а также создать необходимую платформу, способную объединить «новое» производство с «новым» транспортом.

Транспортная стратегия Российской Федерации

Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, направлена на повышение пространственной связанности и транспортной доступности территорий, повышение мобильности населения и развитие внутреннего туризма, увеличение объема и скорости транзита грузов и развитие мультимодальных логистических технологий, а также на цифровую и низкоуглеродную трансформацию отрасли и ускоренное внедрение новых технологий, что особенно важно в текущем контексте.

Ключевыми задачами, поставленными для достижения целей цифровой трансформации транспортной сферы, связанной с промышленными объектами, являются цифровизация грузо-

вых перевозок, цифровизация жизненного цикла инфраструктуры и транспортных средств, цифровизация управления транспортным комплексом, а также повышение уровня технологического развития и декарбонизация транспортного комплекса. Реализация задач подкреплена перечнем определенных метрик-индикаторов, стимулирующих развитие транспортной системы России в направлении активного развития транспортной сети в совокупности с повышением уровня цифровизации.

Данные метрики выражаются в направленности на рост производительности труда в транспортном комплексе, а также на повышении объема грузоперевозок на одного сотрудника грузового транспорта. Необходимо обратить внимание, что приведенные цели и задачи оказывают прямое влияние на взаимодействие промышленного и транспортного секторов.

Структура бенефициаров, приведенная в стратегии транспорта, также отражает сложные взаимосвязи, от решения которых будет зависеть эффективность реализации предложенных мер. На рисунке 2 представлена структура бенефициаров транспортной стратегии. В данной структуре отражена необходимость учета интересов бизнеса, в частности, производственных компаний, также являющихся непосредственными участниками транспортной системы.

Существующая потребность в реорганизации цепей поставок, как в вопросах сбыта продукции, так и в снабжении ресурсами, диктует новые условия для построения эффективного взаимодействия рассматриваемых секторов (Maggazino & Mele, 2021). Однако важным этапом достижения этого взаимодействия является согласованность общих стратегий развития как производства, так и транспорта. Под согласованностью стратегий стоит понимать стремление к поиску общих балансов сторон в ситуациях, когда интересы сторон могут противопоставляться. Таким образом, необходимой задачей становится вопрос рассмотрения поиска взаимодействий, влекущих за собой конфликты предпочтений на уровне стратегий производства и транспорта.

Несо согласованность и неопределенность

Потенциальные несогласованность и неопределенность, возникающие в контексте взаимодействия стратегий между собой, являются серьезным препятствием, стоящим перед производственными компаниями. Необходимость следования требованиям государственных стратегий, содержащих разнонаправленные метрики, влечет за собой расхождение направлений деятельности



Рис. 2. Бенефициары транспортной стратегии (источник: составлено авторами)

предприятия, что создает риск ситуаций невозможности полного соответствия предприятия требуемым стандартам. При этом предприятия могут быть вынуждены затрачивать значительную долю своих ресурсов на решение непрофильных для себя проблем, что также способно стать весомым сдерживающим развитие фактором. В таблице представлены различные разнонаправленные метрики, существующие внутри стратегий транспорта и обрабатывающей промышленности.

В качестве примера потенциального конфликта предпочтений между стратегиями транспорта и производства возьмем некоторые метрики, приведенные в текстах каждого из документов. Одной из

Разнонаправленные метрики стратегий

Направленность метрик	Метрики	
	транспорт	обрабатывающая промышленность
Увеличение	Общий объем грузовых перевозок; производительность труда; протяженность инфраструктуры всех видов транспорта, приспособленной для движения автономного транспорта	Внутренние затраты на развитие цифровой экономики, в процентах от валовой добавленной стоимости обрабатывающей промышленности; индекс производительности труда обрабатывающих производств, в процентах к предыдущему году; объем экспорта промышленной продукции, млрд долл. США
Снижение	Доля протяженности участков Единой опорной сети, работающих в режиме перегрузки; расходы на техническое обслуживание и ремонт объектов транспортной инфраструктуры; себестоимость грузоперевозок любыми видами транспорта	Время вынужденного простоя производственных мощностей; сроки вывода высокотехнологичной продукции на рынок за счет признания результатов виртуальных испытаний; время формирования промышленных данных
Цифровизация	Доля перевозочных документов, оформляемых в электронном виде; строительство транспортной инфраструктуры осуществляется с применением цифровых технологий; создание цифровой карты	Достигнута цифровая зрелость обрабатывающих отраслей промышленности; повышена эффективность работы оборудования за счет внедрения новых решений для управления загрузкой фондов; достигнуто сокращение затрат на обслуживание высокотехнологичной продукции за счет перехода от «ремонта по регламенту» к «ремонту по состоянию» и использования технологии предиктивной аналитики

Источник: составлено авторами на основе Стратегия цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации; Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года, Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года

ключевых метрик стратегии транспорта является активное развитие транспортной системы страны. Подобное развитие будет включать в себя как пассажирский транспорт, так и грузовой, напрямую связанный с производством.

Развитие сети грузового транспорта, несомненно, окажет позитивное влияние на вариативность маршрутов движения грузов, а также снизит время груза в пути, однако для эффективного использования появляющихся мощностей необходимо наличие сопоставимого по объемам производства промышленного сектора, заинтересованного в использовании новых транспортных маршрутов. С учетом современных систем управления производством, направленных на минимизацию складских пространств, объемов незавершенной продукции, а также скорейшую отгрузку готовой продукции при стремлении работать под заказ (Nikonova, 2019), возникает проблема развития производственного транспорта, соответствующего по техническим параметрам связанному с ним магистральному транспорту. Необходимо учитывать, что одной из метрик, заложенных в стратегии производства является сокращение время простоя мощностей, на основе чего возникает вопрос, смогут ли промышленные предприятия соответствовать уровню развития окружающих их транспортных сетей.

Производственные предприятия не имеют возможности сфокусироваться на развитии собственного внутрипроизводственного транспорта, так как первостепенной задачей для них является развитие производственных процессов, что соответствует стратегии производства (Slack et al., 2007). Таким образом, существует риск возникновения простоев транспорта, связанного с производством, в силу несоразмерных потребностей и возможностей транспорта и производства соответственно (Popkova & Sergi, 2020).

С целью соблюдения баланса между интересами промышленных предприятий, стремящихся минимизировать лишние мощности и транспортных сетей, повысить грузооборот, необходимо проанализировать предпочтения всех сторон возникающего конфликта и выработать условия для взаимовыгодного сотрудничества.

Другим примером несогласованности метрик стратегий транспорта и производства может стать потребность в кадровом потенциале. Метрика стратегии транспорта — расширение применения информационных технологий в транспорте, — влечет за собой рост потребности в квалифицированных кадрах, способных работать с новыми цифровыми системами управления.

Ставшие традиционными кадровые проблемы в данной области безусловно должны решаться при всесторонней поддержке со стороны государства. Появление кадрового резерва специалистов в области управления цифровыми транспортными системами окажет благотворное влияние на развитие транспортных сетей. Однако до момента достижения необходимого объема данного резерва проблема дефицита кадров может стать неразрешимой, особенно для производственных предприятий, фокус которых направлен отнюдь не на вопросы взаимодействия с окружающими их транспортными системами.

Одна из существующих метрик стратегии производства — доля компаний, не испытывающих проблем с поиском квалифицированных работников, — будет значительно уменьшена в ситуации необходимости поиска дополнительных сотрудников, которые напрямую не связаны с основной деятельностью предприятия. Можно предположить, что производственные предприятия будут заинтересованы в максимальном упрощении всех вопросов, связанных с транспортировкой уже готовой продукции, в соответствии с базовыми принципами построения цепочки создания ценности (Vertakova et al., 2022). Подобное противоречие метрик двух стратегий создает прецедент, который направлен на развитие обеих сфер, но с учетом значительных непрофильных действий со стороны производственных компаний. Возникающие противоречия необходимо моделировать с учетом возможностей и потребностей всех сторон, для чего следует применять различные методы анализа подобных ситуаций.

Методология MCDM

Для разрешения указанных противоречий в мировой практике принято использовать методологию *MCDM* (*multiple criteria decision making*) (Thakkar, 2021). При этом в случае многокритериальных задач на дискретном множестве решений принято использовать методы из особого подраздела *MCDM*, называемого *MADM* (*multi-attribute decision making*) (см., например, (Tzeng & Huang, 2011)).

Возможности указанной методологии включают и моделирование предпочтений лиц, принимающих решения, на разных уровнях иерархии. Это дает возможность при формализации таких предпочтений эффективно искать баланс между выигрышами и потерями, в том числе с учетом отношения лиц, принимающих решения, к неопределенности и особенностям принятия многокритериальных решений в условиях неопределенности (Brodetskiy et al., 2021).

Заключение

Неопределенность при реализации стратегий развития обрабатывающей промышленности и транспортной отрасли может проявляться в трудно прогнозируемых диспропорциях развития отраслей, а также в динамике изменений предпочтений заинтересованных сторон. Учет фактора неопределенности требует совершенствования методов моделирования предпочтений лиц, принимающих решения, и многокритериального принятия решений с учетом метрик развития указанных отраслей.

Список источников

Alekseev, A. V. (2021). Manufacturing Industry Development Strategy: the illusion of a breakthrough. *Эко*, 51(3), 88. doi: 10.30680/eco0131-7652-2021-3-88-105

Brodetskiy, G. L., Gusev, D. A., Shidlovskii, I. G. (2021). Multi-criteria optimisation under the conditions of uncertainty in logistics and supply chain management. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 39(2), 207. doi: 10.1504/ijlsm.2021.115483

Brodetskiy G. L., Gusev D. A., Shidlovskii I. G. 2020. *Multi-criteria decision optimization in logistics research*. Moscow: INFRA-M.

Ho, W., Ma, X. (2018). The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 267(2), 399–414. doi: 10.1016/j.ejor.2017.09.007

Kalinskiy, O. I., Afonin, S. E. (2021). Strategic development of scientific and technical potential of industry during the digital transformation of economy. *Экономика V Промышленности*, 14(4), 410–417. doi: 10.17073/2072-1633-2021-4-410-417

Magazzino, C., Mele, M. (2021). On the relationship between transportation infrastructure and economic development in China. *Research in Transportation Economics*, 88, 100947. doi: 10.1016/j.retrec.2020.100947

Nikonova, A. A. (2019). “New system” of strategic planning in Industry 4.0. *Journal of New Economy*. doi: 10.29141/2073-1019-2019-20-2-9

Popkova, E. G., Sergi, B. S. (2020). A Digital Economy to Develop Policy Related to Transport and Logistics. Predictive Lessons from Russia. *Land Use Policy*, 99, 105083. doi: 10.1016/j.landusepol.2020.105083

Romanova, O. A. (2018). Industrial Policy Priorities of Russia in the context of Challenges of the Fourth Industrial Revolution. Part 1. *Экономика Региона*, 14(2), 420–432. doi: 10.17059/2018-2-7

Sibirskaya, E. V., Oveshnikova, L. V., Shakirova, D. (2021). Strategic planning of the development of manufacturing industries in the Russian Federation. *Федерализм*, 26(3), 75–104. doi: 10.21686/2073-1051-2021-3-75-104

Slack, N., Chambers, S., Johnston, R. (2007). *Operations Management*. Pearson Education.

Trifonov, P. V., Fomenko, O. V. (2021). Analysis of factors for the implementation of the strategy for the development of the manufacturing industry of the Russian Federation. *Journal of Creative Economy*, 15(4), 1365–1374. doi: 10.18334/ce.15.4.111990

Thakkar, J.J. (2021). *Multi-Criteria Decision Making. Studies in Systems, Decision and Control*, vol 336. Springer, Singapore.

Tzeng, G.-H., Huang J.J. (2011). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. CRC Press.

Vertakova, Y., Ekaterina, Z., I., Plotnikov, V., Shanygin, S. (2022). Conceptual approaches to supporting decision-making on transformation of the structure of a large production complex. *Naučnye Trudy Vol'nogo Ekonomičeskogo Obšestva Rossii*, 234(2), 177–203. doi: 10.38197/2072-2060-2022-234-2-177-203

Бродецкий Геннадий Леонидович — доктор технических наук, профессор Высшей школы бизнеса Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»; <https://orcid.org/0000-0002-3483-1078> (Российская Федерация, 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20; gbrodetskiy@hse.ru).

Герами Виктория Дарабовна — доктор технических наук, профессор Высшей школы бизнеса Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»; <https://orcid.org/0000-0002-2714-3082> (Российская Федерация, 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20; vgerami@hse.ru).

Гусев Денис Александрович — кандидат экономических наук, доцент Высшей школы бизнеса Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»; <https://orcid.org/0000-0002-2173-1270> (Российская Федерация, 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20; dgussev@hse.ru).

Зимин Алексей Юрьевич — аспирант Департамента операционного менеджмента и логистики Высшей школы бизнеса Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»; <https://orcid.org/0000-0002-7076-4503> (Российская Федерация, 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20; ayzimin@hse.ru).

INDUSTRIAL AI: НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В РОССИИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Аннотация. В статье рассматриваются национальные приоритеты развития технологий искусственного интеллекта, определенные в документах государственного стратегического развития России и стран-лидеров — США и Китая. Рассмотрены позиции России как потенциального глобального лидера индустрии искусственного интеллекта. Проведен анализ развития технологий промышленного искусственного интеллекта (Industrial AI) в России. На основе анализа принятых документов государственного стратегического планирования и происходящих тенденций в области промышленного искусственного интеллекта выявлены приоритеты и направления развития для России. Методологической основой послужили научные публикации зарубежных и отечественных авторов, статистические данные и аналитические отчеты международных и отечественных организаций, а также оценка национальных стратегий и программ развития искусственного интеллекта России, США и Китая.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровизация промышленности, национальная стратегия, промышленный искусственный интеллект

Введение

Применение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в промышленной сфере является одним из национальных приоритетов в рамках реализации стратегий и программ цифровизации промышленности во многих промышленно развитых странах мира. Акцентированное внимание и поддержка развития ИИ правительствами многих стран, а также значительный технологический прогресс создают предпосылки, с одной стороны, для глобальной гонки за лидерство, с другой — для обеспечения национальной технологической безопасности (суверенитета, независимости).

Общепризнанными лидерами в области ИИ являются США и Китай. В последнее десятилетие эти страны доминируют как в сфере фундаментальных исследований, так и в сфере внедрения в производственные процессы технологий ИИ. При этом в 2021 г. совмест-

ные американско-китайские исследования в области ИИ, несмотря на растущую геополитическую напряженность и технологическую конкуренцию, увеличились в пять раз по сравнению с 2010 г. (Artificial Intelligence Index Report, 2022) Наибольшее количество компаний, включенных в список Deloitte «Global High-growth AI Enterprises — 50», являются американскими резидентами США (30 компаний — 60 %) и китайскими (14 компаний — 28 %) (Artificial Intelligence Index Report, 2022). Россия в технологическом потенциале в области ИИ существенно уступает этим странам.

В этой связи России необходимо определить собственные перспективные направления в формирующейся индустрии ИИ, что и определило выбор в качестве цели настоящего исследования — выявить национальные приоритеты России и перспективы развития технологий промышленного ИИ на основе анализа принятых документов государственного стратегического планирования и происходящих тенденций. Предложенная автором методология исследования предполагает новый ракурс сопоставительного анализа национальных стратегий и других документов стратегического планирования стран, обладающих технологиями и компетенциями в области промышленного ИИ, а именно, принципов целеполагания, выбора приоритетов перспективного развития технологий ИИ в промышленной сфере и мер / инструментов промышленно-технологической политики, обеспечивающей достижение ожидаемых результатов принимаемых стратегических планов. Информационной базой послужили научная литература по рассматриваемой тематике, публикуемые данные в открытых статистических источниках о развитии технологий промышленного ИИ и общедоступные документы государственного стратегического планирования в области ИИ с целью выявления в уже реализуемых долгосрочных стратегических приоритетах в мировой практике важных формирующихся и перспективных направлений, которые могут быть учтены в России при пересмотре национальных приоритетов в стратегии развития ИИ в новых условиях.

Основная часть

В научной литературе большое внимание уделяется как рассмотрению проблем выбора национальных приоритетов и перспектив развития цифровой трансформации (или цифровизации) промышленности (Дементьев, 2022; Доржиева, 2022а; Доржиева, 2022б; Ленчук, 2020; Осадчук, 2022), так и анализу ключевой роли в этих процессах технологий промышленного ИИ (Васеев, 2022; Выходец, 2022;

Дементьев, 2022; Доржиева, 2022; Камолов и др., 2022; Ленчук, 2020; Осадчук, 2022; Thormundsson, 2022). При этом исследованию подходов к выбору национальных стратегических приоритетов в области развития промышленного ИИ уделяется не так много внимания.

Проникновение цифровых технологий в реальный сектор экономики признается фактором, обеспечивающим технологическое превосходство промышленно развитых стран. Высокий уровень цифровизации производства в современном мире обеспечивает конкурентоспособность и перспективность промышленных компаний, отраслей и национальных экономик (Ленчук, 2020).

В последнее десятилетие размеры мирового рынка ИИ стремительно растут. Согласно экспертным оценкам, благодаря технологиям ИИ мировой ВВП увеличится на 14 % или 15,7 трлн долл. к 2030 г. (Thormundsson, 2022). По оценкам Deloitte, самой быстрорастущей отраслью является промышленность (рис. 1) и к 2030 г. по-прежнему будет в тройке лидеров (обрабатывающая с долей на рынке в размере 16 %, а добывающая промышленность — 14 %)¹.

Анализ доступных в открытых источниках документов стратегического планирования России, США и Китая, регламентирующих подходы государственного управления к модели промышленно-технологической политики и выбору мер / инструментов поддержки развития промышленного ИИ, показал следующее:

1. В фокусе стратегических документов России, США и Китая приоритеты развития промышленного ИИ обозначены, но значительная часть опубликованных странами документов носит декларативный характер, отсутствуют четкие качественные и количественные целевые показатели / индикаторы. Важно отметить, что, в отличие от Китая, в национальных стратегиях США (кроме микроэлектроники) и России приоритеты развития технологий ИИ в промышленной сфере не представлены, а регламентированы в документах стратегического планирования нижнего уровня (отраслевых либо ведомственных планах / программах).

В стратегических документах США² ИИ позиционируется в качестве ключевой / критической технологии. Американские власти декларируют намерение задавать направления развития в мире в данной области так, чтобы это соответствовало национальным

¹ Global artificial intelligence industry whitepaper, Deloitte Consulting LLP, 2020. <https://thecxlab.io/wp-content/uploads/2020/12/deloitte-cn-tmt-ai-report-en-190927.pdf>

² Стратегические документы по ИИ. Искусственный интеллект Российской Федерации. <https://www.ai.gov/strategy-documents/>

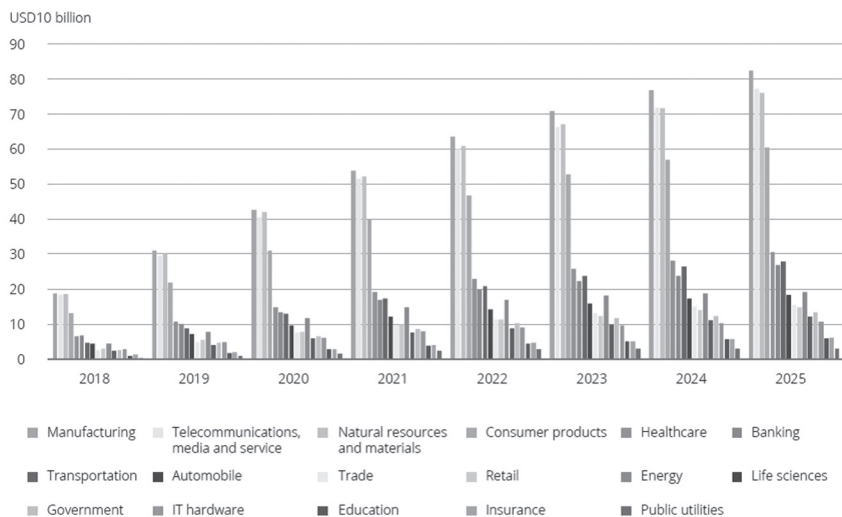


Рис. 1. Динамика развития мирового рынка искусственного интеллекта (по отраслям), миллиардов долларов США (источник: *Global artificial intelligence industry whitepaper*, Deloitte Consulting LLP, 2020. <https://thecxlab.io/wp-content/uploads/2020/12/deloitte-cn-tmt-ai-report-en-190927.pdf>)

интересам и открывало рынки для американских компаний, обеспечивая защиту их технологического превосходства и сохранение глобального доминирования страны. В реальном секторе экономик возлагаются большие надежды на промышленные системы, использующие преимущества ИИ во взаимосвязи с квантовыми вычислениями, передовой промышленной робототехники и интеллектуальных цифровых систем, поддерживающих промышленный интернет вещей и машинное обучение¹.

В Китае, в отличие от США, сформирована более целостная система документов национального стратегического планирования в области ИИ, в том числе по целевым направлениям, показателям и планам по финансированию программ, связанных с промышленным ИИ, что позволило обеспечить системный подход, контроль и распределение инвестиций в отрасль. В национальной стратегии ИИ² в качестве основных приоритетов декларируется стремле-

¹ Memorandum M-19-25 — Fiscal Year 2021. Administration Research and Development Budget Priorities. <https://www.ai.gov/strategy-documents/>

² Уведомление Госсовета о выпуске Плана развития искусственного интеллекта нового поколения. Правительство Китайской Народной Республики. 08.07.2017. [На китайском языке]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm

ние стать мировым лидером к 2030 г., утвердиться в качестве «научно-технической сверхдержавы», глобального центра инноваций с развитой коммерческой индустрией во всех сферах ИИ и пионера в создании промышленных роботов. В принятом «14-м пятилетнем плане» на 2021–2025 гг. закреплено, что основными направлениями в этой области будут форсированное развитие промышленного ИИ, в том числе на базе формирующихся пилотных высокотехнологичных зон / кластеров и традиционных отраслей промышленности¹.

В России задачи цифровизации промышленности на базе технологий промышленного ИИ также признаются в качестве одного из долгосрочных приоритетов развития национальной экономики, чему свидетельствует ряд принятых стратегических документов на федеральном уровне за последние пять лет. Этот приоритет закреплён и в национальной стратегии развития ИИ², федеральном проекте «Искусственный интеллект»³, в Национальной технологической инициативе (НТИ)⁴. Вместе с тем нет конкретики ни по целевым приоритетам, ни по организационным механизмам / инструментам и планам финансирования промышленного ИИ, а в качестве приоритетных отраслей обозначены, например, в федеральном проекте только ТЭК и обрабатывающая промышленность в целом.

2. Схожими для всех рассматриваемых стран являются подходы в расстановке стратегических приоритетов развития ИИ, в том числе в реальном секторе экономики, например, стремление к глобальному лидерству, формирование научно-технологического потенциала, разработка нормативно-правовых регламентов, создание высокотехнологичного промышленного производства на базе ИИ (Дементьев, 2022). Схожесть подходов фиксируется и в применяемой про-

¹ См.: http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm

² О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335184/

³ Паспорт федерального проекта «Искусственный интеллект» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Приложение № 3 к протоколу президиума Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности от 27.08.2020 № 17). https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_398627/

⁴ Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Нейротехнологии и искусственный интеллект». http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335564/

мышленно-технологической политике. Это ставка, прежде всего, на активное участие корпоративного сектора как на этапе финансирования НИОКР, так и на этапе внедрения технологий ИИ. Проводимая такая стратегия развития уже сейчас обеспечивает США и Китаю глобальное лидерство в области ИИ, в т. ч. по уровню инвестиций в НИОКР и по уровню их внедрения в экономике (Выходец, 2022).

3. США и Китай в отличие от России уже имеют подавляющее ресурсное и технологическое преимущество, по сути, обеспечивающее в ближайшем будущем глобальное лидерство по всем ключевым аспектам в области ИИ. Например, в год бюджет Китая составляет около 32 млрд долл., США — 30 млрд долл. (из них 80 % приходится на частные инвестиции) (The AI Index Report..., 2021). В России после принятия национальной стратегии ИИ финансирование развития ИИ осуществляется с 2021 г. в рамках бюджета федерального проекта «Искусственный интеллект» национальной программы «Цифровая экономика» и, по данным Минфина России, составляет 44,2 млрд руб.¹

Вместе с тем, Россия, несмотря на готовность к инвестициям в промышленный ИИ, значительно отстает от США и Китая как по уровню развития, так и масштабам предпринимаемых усилий России (Дементьев, 2022). Важно также отметить, что в новых условиях развития России, связанных с усложнением мировых внешнеполитических и экономических процессов, в том числе в технологической сфере, возникает угроза реализации проектов цифровой трансформации и увеличивается по сравнению со странами-лидерами задержка в освоении прорывных производственных технологий на 5–10 лет (Доржиева, 2022). В этих условиях для России важно на государственном уровне сформировать адекватный ответ на новые вызовы, возникающие и имеющиеся системные риски, в том числе путем пересмотра подходов к выбору стратегических национальных приоритетов научно-технологической политики в сфере ИИ.

Как показывают разные экспертные оценки, для России одним из существенных факторов успешной государственной промышленно-технологической политики в сфере ИИ являются уровень развития фундаментальной и прикладной науки (Камолов и др., 2022), необходимость создания и развития собственного аппаратного и программного обеспечения (Васеев, 2022), выбор эффективных мер / инструментов государственной поддержки (инвестиции

¹ Бюджет для граждан. Минфин России. 2022. https://minfin.gov.ru/ru/performance/budget/process/utverzhdienie/budget_citizen/

в создание необходимой инфраструктуры, дата-центров, дата-сетов промышленного оборудования, адресные программы обучения кадров и др.) (Осадчук, 2022).

Что касается анализа ключевой роли технологий ИИ в промышленной сфере, то для России наиболее значимыми в перспективе являются технологии, связанные с управлением производственными процессами удаленно, обработкой данных для прогнозной аналитики для принятия решений, использование в системах инженерного моделирования и машинного обучения, роботизацией и созданием так называемых умных цифровых производств / фабрик (Васеев, 2022). Промышленный ИИ уже оказывает положительное влияние на многие производственные процессы, оптимизацию цепочек поставок и логистику, а также увеличение производительности (Осадчук, 2022).

Особая роль отводится ориентированным на разработку промышленного ИИ центрам компетенций, создание которых было анонсировано правительством в 2021 г. и готовностью инвестировать в них до 7 млрд руб. (Петрова, 2021).

На рисунке 2 представлена карта размещения и концентрация Центров компетенций ИИ в регионах России.

Как показано на рисунке 2, в основном они формируются вокруг крупных промышленных компаний, научно-исследовательских организаций и университетов. Больше всего компаний сферы ИИ

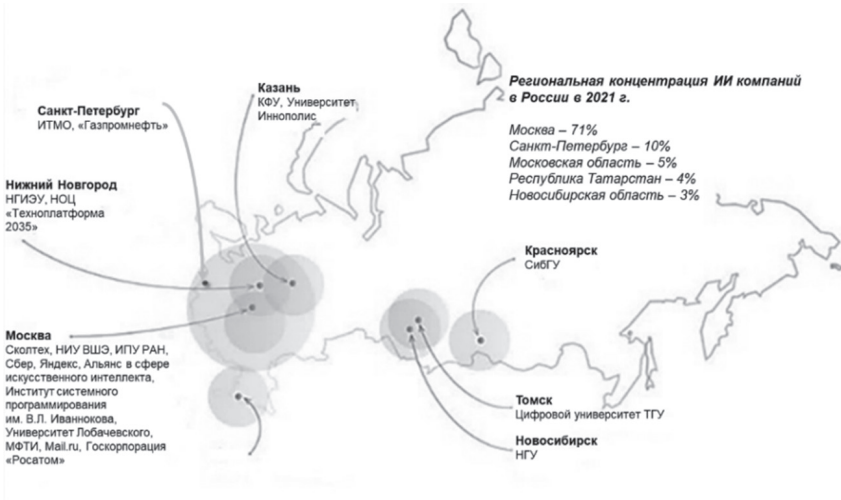


Рис. 2. Региональная концентрация Центров компетенций ИИ в России (источники: (Дементьев, 2022; Artificial Intelligence Index..., 2022))

сконцентрировано в г. Москва (71 %), г. Санкт-Петербург (10 %), Московской области (5 %) и Республике Татарстан (4 %) (Альманах ИИ. Индекс 2021, 2022).

Вклад России в развитие мирового рынка ИИ, как уже отмечалось автором в (Доржиева, 2022), незначителен. Об этом свидетельствуют и данные, опубликованные НИУ ВШЭ (Развитие отдельных высокотехнологичных направлений..., 2022); так, к примеру, Россия занимает в рейтинге стран по числу патентных заявок 15-е место (387 из 63,7 тыс., или 0,1 % мирового рынка), а по числу публикаций в научных журналах, связанных с ИИ, — 20-е место (1,3 %).

Заключение

Таким образом, Россия в отличие от США и Китая, стран — лидеров рынка ИИ, находится в начале пути и, несмотря на амбициозные планы правительства, заложенные в национальной стратегии, и готовность к финансированию проектов в области ИИ, объемы которого несопоставимы с бюджетами Китая и США, в новых сложившихся условиях должна пересмотреть приоритеты развития. Проведенный анализ документов стратегического планирования показал, что не прописаны приоритеты развития промышленного ИИ. Частично приоритетные проекты нашли отражение в рамках ведомственных мероприятий в программных документах стратегического планирования и дорожной карте Национальной технологической инициативы, но в основном реализуются в топливно-энергетическом комплексе и отраслях обрабатывающей промышленности. Несмотря на интенсификацию фундаментальных и прикладных исследований в области ИИ, применяемые технологии в промышленности в основном зарубежные. На современном этапе развития России в результате ограничения доступа к технологиям под угрозой реализация всех проектов по цифровизации промышленности. Важную роль для решения задач импортозамещения и обеспечения технологической независимости играют пересмотр стратегических приоритетов и мер адресной поддержки, реализуемых правительством в рамках промышленно-технологической политики.

Список источников

Альманах ИИ. Индекс 2021 (2022). Центр компетенций Национальной технологической инициативы на базе МФТИ по направлению «Искусственный интеллект», (апрель). Аналитический сборник, 10. https://aireport.ru/ai_index_russia-2021

Васеев, И. Е., Годунова, Е. А., Княгинин, В. Н., Липецкая, М. С., Санатов, Д. В., Семенова, М. А., Харитонов, М. А., Холоднова, Е. М. (2022). *Искусственный интеллект в промышленности. Сер. Источники новых индустрий. Выпуск 3. Центр стратегических разработок «Северо-Запад», Санкт-Петербург.* 46. <https://csr-nw.ru/publications/detail.php?ID=1826>

Выходец, Р. С. (2022). Большие ИИ-пространства и стратегия России в условиях санкционной войны. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Международные отношения*, 22(2), 256–270. doi: 10.22363/2313-0660-2022-22-2-256-270

Дементьев, В. Е. (2022). Перспективы России при цифровом доминировании Китая и США. *Проблемы прогнозирования*, 4(193), 6–17. doi: 10.47711/0868-6351-193-6-17

Доржиева, В. В. (2022a) Национальные приоритеты развития промышленного искусственного интеллекта в условиях новых технологических вызовов. *Вопросы инновационной экономики*, 12(1), 111–122. doi: 10.18334/vinес.12.1.114205

Доржиева, В. В. (2022b) Цифровизация промышленности: роль искусственного интеллекта и возможности для России. *Вопросы инновационной экономики*, 12(4), 2383–2394. doi: 10.18334/vinес.12.4.116599

Камолов, С. Г., Варос, А. А., Крибиц, А., Алашкевич, М. Ю. (2022). Доминанты национальных стратегий развития искусственного интеллекта в России, Германии и США. *Вопросы государственного и муниципального управления*, 2, 85–105. doi: 10.17323/1999-5431-2022-0-2-85-105

Ленчук, Е. Б., Власкин, Г. А., Доржиева, В. В., Иванов, А. Е., Смотрицкая, И. И., Черных, С. И., Шувалов, С. С., Андрюшин, С. А., Рубинштейн, А. А., Чубарова, Т. В., Яковлева, Н. Г., Ахапкин, Н. Ю., Волкова, Н. Н., Соболева И. В., Баскакова М. Е. (2020). *Формирование цифровой экономики в России: вызовы, перспективы, риски.* Санкт-Петербург: Алтейя. 320.

Осадчук, Е. В. (2022). Цифровизация промышленности: барьеры на пути внедрения искусственного интеллекта и предложения по их преодолению. *Управление наукой: теория и практика*, 4(2). С. 201–209. doi: 10.19181/smtp.2022.4.2.17

Петрова, К. В. (2021). России откроются 6 новых центров по искусственному интеллекту. *Национальные проекты России. (29 октября).* <https://xn--80aarpmpemchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/news/v-rossii-otkroyutsya-6-novykh-tsentrov-po-iskusstvennomu-intellektu>

Развитие отдельных высокотехнологичных направлений. Белая книга (2022). НИУ ВШЭ. 2022. 188. <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/565446894.pdf>

Artificial Intelligence Index Report 2022. (2022). Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence (HAI). https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2022/03/2022-AI-Index-Report_Master.pdf

Доржиева В. В.

The AI Index Report: Measuring Trends in Artificial Intelligence (2021). Stanford University Human-Centered Artificial Intelligence. <https://aiindex.stanford.edu/report/>

Thormundsson, B. (2022). *Artificial Intelligence (AI) worldwide — Statistics & Facts*, Statista <https://www.statista.com/topics/3104/artificial-intelligence-ai-worldwide/#dossierKeyfigures>

Доржиева Валентина Васильевна — кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, Институт экономики РАН; <https://orcid.org/0000-0002-9789-0024> (Российская Федерация, 117218, Россия, Москва, Нахимовский проспект, 32; vvdorzhieva@inecon.ru).

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ИНФОРМАТИЗАЦИИ И ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ РЕГИОНОВ РОССИИ

Аннотация. В работе представлен обзор актуальных методик оценки информатизации и цифровой зрелости регионов в контексте непрерывного процесса цифровой трансформации субъектов Российской Федерации. Теоретико-методологическая база охватывает широкий спектр релевантных статей отечественных исследователей, а также ключевых программ развития информационного общества и цифровой экономики на региональном и федеральном уровнях. Авторы поднимают проблему амбивалентной дифференциации понятий, используемых в терминологическом дискурсе четвертой промышленной революции, а также отмечают отсутствие гибкого комплексного подхода к оценке достижения регионами целей Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030-е годы и рассматривают потенциально возможные траектории совершенствования методики.

Ключевые слова: региональная экономика, цифровая зрелость, оценка цифровой зрелости, информатизация

Внедрение информационно-коммуникационных и цифровых технологий представляется в настоящее время драйвером развития экономических и социальных процессов в регионах России. Феномен информатизации рассматривается представителями академического сообщества и бизнес-среды в качестве движущей силы, способной привести к проактивной трансформации отраслей, рынка труда и образа жизни населения, расширению доступа к глобальным рынкам и снижению транзакционных издержек. Среди позитивных результатов интенсивного использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) необходимо отметить повышение производительности труда, эффективности управления хозяйственной деятельностью, ускорение процессов принятия решения вследствие их автоматизации, снятие территориальных барьеров общественной кооперации, развитие возмож-

ностей дистанционного обслуживания. Наблюдаемое масштабное внедрение цифровых решений в традиционные организационно-управленческие механизмы управления субъектами Российской Федерации требует наличия системного подхода к оценке их эффективности. Так, например, в текущем десятилетии нам предстоит подвести итоги реализации Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы.

Высокий интерес разных стейкхолдеров к цифровизации процессов управления привел к синонимизации терминов «цифровизация», «информатизация», «цифровая трансформация», «цифровая экономика» и в средствах массовой информации, и в национальных программах, и даже в научных трудах, несмотря на то, что эти термины в действительности обозначают разные сущности. Ранее авторами были аргументированы различия между этими понятиями в соответствии с особенностями реализации процессов (Зарипова & Третьякова, 2022). Оцифровка является подготовительным этапом цифровизации и предусматривает перевод аналоговой информации в цифровую. Информатизация выступает ключевым этапом цифровизации — автоматизация процессов и операций не представляется возможной без предварительного внедрения информационно-коммуникационных технологий. Процесс цифровой трансформации, в отличие от точечной настройки текущих процессов, предполагает коренные изменения отраслей экономики, рынка труда, политической системы в связи с текущим этапом серии промышленных революций. Цифровая экономика как состояние открывает отраслям новые возможности для создания ценности с целью повышения благосостояния населения.

Важно строго разграничивать данные понятия для построения системы оценивания эффективности реализации указанных выше процессов. В то время как ключевыми атрибутами цифровизации являются технологии, то есть цифровые продукты и услуги, процесс информатизации направлен на развитие информационных ресурсов как факторов производства, выступающих в виде товаров и средств труда. Без достаточного оснащения информационными ресурсами императивное внедрение цифровых технологий может оказать негативный эффект на социально-экономическое развитие региона.

При обзоре существующих подходов к оцениванию эффективности реализации национальных программ было установлено, что внимание авторов фокусировалось, прежде всего, на процессах

информатизации субъектов Российской Федерации. Так, В.В. Акбердина подчеркивает значимость информатизации при реализации этапов дальнейшей цифровой трансформации экономики субъектов РФ, описывая процесс внедрения ИКТ «первой ступенью» цифровизации, без которой дальнейшие цифровизационные шаги будут представлять собой «оцифровку технологической отсталости» (Акбердина, 2018), или, как подчеркивает Г.Г. Фещенко с соавторами, «цифровизацию ради цифровизации», не создавая условий для стремления к цифровому взаимодействию между населением и бизнес-сообществом (Fesenko et al., 2021).

Впервые методика расчета индекса готовности регионов России к информационному обществу была представлена в 2004–2005 гг. Министерством информационных технологий и связи Российской Федерации (Шапошник et al., 2005). В модель вошли два субиндекса: факторы развития информационного общества (ИКТ-инфраструктура, человеческий капитал, деловой климат) и степень использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ в здравоохранении, ИКТ в культуре, использование ИКТ домохозяйствами и т. п. — всего 70 показателей). Модель отличает доступность данных для проведения расчетов (были представлены результаты расчета индексов для всех регионов, кроме Чеченской Республики). В качестве недостатка можно отметить отсутствие обоснования равенства весов значимости двух субиндексов при формировании итогового индекса готовности регионов к информационному обществу.

В 2015 г. были подведены промежуточные итоги реализации программы развития информационного общества в субъектах РФ (Абдрахманова et al., 2015). В документе «Информационное общество: тенденции развития в субъектах Российской Федерации (основные показатели развития информационного общества в субъектах Российской Федерации)» при поддержке Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, Федеральной службы государственной статистики и НИУ ВШЭ в качестве индикаторов эффективности информатизационных процессов рассматривались показатели степени развитости ИКТ-инфраструктуры (плотности телефонной сети и т. п.), сектора ИКТ (среднесписочной численности работников и т. п.), использования ИКТ в домашних хозяйствах и организациях. Однако в изданном статистическом сборнике отсутствуют расчеты интегрального индекса, комплексно характеризующего степень информатизации регионов.

Методика оценки уровня развития информационного общества в субъектах Российской Федерации от 2016 г.¹ в гораздо большей мере соответствует методике расчета индекса готовности регионов России к информационному обществу. Интегральный индекс предполагает скорректированное распределение весов между субиндексами: одну треть составляет субиндекс факторов развития информационного общества, а две трети — степень использования ИКТ. Подход предусматривает нормализацию показателей, использующуюся при расчете индекса развития ИКТ (*IDI*) в соответствии с процедурой, спроектированной Международным союзом электросвязи. Индекс-компоненты в данной методике представлены в расширенном формате: факторы развития информационного общества включают в себя не только ИКТ-инфраструктуру, человеческий капитал и экономическую среду, но и управление информатизацией. Субиндекс использования ИКТ в приоритетных направлениях деятельности дополнен данными по блокам, связанным с электронным правительством, образованием, здравоохранением, культурой.

Несмотря на то, что вышеуказанный подход к оценке информатизации регионов России представляется наиболее полным и комплексным для своевременной диагностики эффективности процессов внедрения информационно-коммуникационных технологий в субъектах РФ, последние результаты мониторинга, проведенного с его использованием, датируются 2016 г. Два других подхода к оценке готовности регионов к информационному обществу и к оценке уровня развития информатизации также более не используются при подведении итогов реализации национальных проектов и программ.

Определенную сложность при оценке эффекта от внедрения информатизационных и цифровизационных технологий в субъектах Российской Федерации вызывает отмеченная выше синонимизация ключевых понятий. Так, например, в программе «Цифровая экономика Российской Федерации» от 2017 года² представлены как мероприятия, направленные на обеспечение информационными ресурсами населения и бизнес-сообщества промышленно-

¹ Методика оценки уровня развития информационного общества в субъектах Российской Федерации (проект). <https://digital.gov.ru/uploaded/files/metodika-otsenki-urovnya-razvitiya-informatsionnogo-obschestva-v-subektah-rf-proekt.pdf> (дата обращения: 01.10.2023).

² Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 01.10.2023).

сти, так и меры, способствующие внедрению цифровых технологий. Для анализа эффективности предусмотренных мероприятий авторы предлагают использовать международный индекс *I-DESI*, опубликованный Европейской комиссией в 2016 г. Комплекс ключевых компонентов индекса включает в себя использование сети Интернет, качество человеческого капитала, внедрение цифровых технологий в бизнес-среду и разработку цифровых услуг для населения. В данном случае отмечается смешение показателей эффективности информатизации и цифровизации регионов, что вызывает сложности с оценкой процессов с учетом дифференциации данных аспектов.

Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы¹ утверждает следующий перечень показателей для оценки качества реализации стратегии:

- а) состояние перехода регионов к использованию организациями наукоемких технологий;
- б) развитие ИКТ в Российской Федерации;
- в) развитие информационного общества в Российской Федерации;
- г) влияние цифровой экономики на темпы роста валового внутреннего продукта, параметры ее формирования.

Современные представители академического сообщества отмечают сложность оценки эффективности мероприятий стратегии, обусловленную недостаточной конкретизацией входящих в модель параметров. В этой связи А.П. Исаев и его соавторы (Исаев et al., 2018) исследовали потенциал использования международных индексов с целью оценки развития информационных технологий. Таким образом, авторы предложили адаптировать указанные в стратегии индексы к существующим зарубежным методикам, основанным на расчете индекса развития ИКТ (*IDI*), индекса развития электронного правительства (*E-government Development Index, EGDI*), индекса экономики знаний (*Knowledge Economy Index, KEI*), индекса готовности к сетевому обществу (*Network Readiness Index, NRI*).

Среди государственных программ в контексте цифровой трансформации общества необходимо упомянуть Приказ Минцифры России от 18.11.2020 № 600 «Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Российской Федера-

¹ О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения: 01.10.2023).

ции „Цифровая трансформация”» (ред. от 14.01.2021)¹. Несмотря на то, что в документе рассмотрены в первую очередь цифровизационные мероприятия, методики расчета сохраняют недочеты существующих подходов к оцениванию эффективности внедрения технологий в региональные процессы. На данном этапе было введено еще одно понятие, связанное с феноменом цифровой трансформации, — «цифровая зрелость регионов». Под цифровой зрелостью рекомендовано подразумевать «степень готовности» к реализации задач цифровизации (Баннх et al., 2022), «результатирующее положение хозяйственной системы субъекта», формирующееся под воздействием различных внешних и внутренних факторов и объясняющее потенциал использования субъектом цифровых технологий для выявления стратегических точек роста и разработки индивидуальной траектории технологического развития (Логачева, 2021). Стандарт «цифровой зрелости» в представленном выше приказе унифицирован для всех субъектов Российской Федерации, что обеспечивает доступность сравнения готовности регионов к цифровой трансформации в отношении развития сфер здравоохранения, государственного управления, образования, транспорта, городской среды, но ограничивает перспективы дифференциации цифровых воздействий на субъекты РФ в зависимости от их гипотетического влияния на социальное и экономическое положение регионов. По мнению авторов, дисбаланс цифрового развития в городском хозяйстве и в здравоохранении отражает предпосылки к необходимости адаптации подхода для повышения цифровой зрелости в данных социально-значимых отраслях (Абрамов & Андреев, 2023). Также в приказе не отражена часть базовых расчетных показателей за 2019–2020 гг. В стратегиях цифровой трансформации регионов России в качестве ключевых обозначены цифровизационные, а не информатизационные мероприятия, что указывает на проблемы несоответствия целевых траекторий цифровой трансформации с фактическими действиями в стратегиях цифрового развития регионов (Абрамов & Андреев, 2022).

Сравнительная характеристика существующих авторских подходов к оценке информатизации и цифровой зрелости регионов России приведена в таблице.

¹ Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Российской Федерации «Цифровая трансформация». Приказ Минцифры России от 18.11.2020 # 600 (ред. от 14.01.2021). <https://legalacts.ru/doc/prikaz-mintsifry-rossii-ot-18112020-n-600-ob-utverzhenii/#100834> (дата обращения: 01.10.2023).

Таблица

Авторские подходы к оценке информатизации и цифровой зрелости регионов России¹

Феномен	Авторы, рассматривающие методологию	Методология оценивания	Краткое описание методологии	Сильные стороны	Слабые стороны
Цифровая зрелость	Н. А. Логачева; Л. Г. Батракова; Е. А. Петрова	PEST-анализ, PESTI-анализ	Анализ факторов макро-окружения региона (политических, экономических, социальных, технологических, цифровых)	Комплексность алгоритма оценки внешних факторов влияния на регионы	Субъективность оценки, выстроенной на базе опроса экспертов, отсутствие учета внутренних факторов развития региона
Цифровизация	А. М. Елохов, Т. В. Александрова; Ю. С. Положенцева	Оценка соотношения цифрового спроса и предложения	Оценка приближенности текущего соотношения цифрового спроса и предложения к «оптимальной модели цифровизации» (1:1)	Объективность оценки, выстроенной на базе статистических данных	Слабая совместимость индикаторов оценки цифровизации регионов и городов, игнорирование факторов, определяющих особенности реализации цифровых технологий в городах
Информатизация	К. А. Никитина; А. Ю. Титовец; Е. В. Русакова; С. И. Ашмарина; М. Ю. Теплякова; А. А. Кизина; Д. В. Хомутова; Т. П. Скуфьина, С. В. Баранов; П. А. Жданчиков	Интегральная оценка информатизации	Объединение разнородных данных в один комплексный показатель с присваиванием весов субиндексам	Доступность статистической информации для проектирования индексации, возможность проведения дальнейшего влияния интегрального индекса на социальное и экономическое положение регионов	Требование к изменению состава и весов показателей в связи с целями проведения исследования

¹ Разработано авторами статьи.

Как показывают данные таблицы, каждая методология оценивания уровня информатизации и цифровой зрелости регионов обладает как преимуществами, так и ограничениями, которые необходимо учитывать при проектировании дизайна исследования. На наш взгляд, наиболее объективными являются методы количественной оценки эффекта внедрения информационно-коммуникационных технологий в сравнении с методами качественной оценки, основанных, например, исключительно на мнении экспертов (таких как *PEST*-анализ).

Обзор научной литературы показал, что наиболее распространенным при оценке информатизации регионов Российской Федерации является метод интегральной оценки. В частности, М.А. Ветрова и Д.В. Иванова представили обзор более 10 возможных интегральных индексов цифровой зрелости территорий (Ветрова & Иванова, 2020). В этом случае перед исследователями возникает задача выбора наиболее корректного индекса для реалистичной оценки эффективности информатизационных и цифровизационных процессов.

При использовании моделей интегральной оценки не только выбор показателей должен быть обоснован целями исследования, следует также учитывать доступность данных для многократного использования метода и их комплексность для потенциальной оценки влияния на развитие регионов (Скуфьина & Баранов, 2015). Одним из способов решения ключевой проблемы подхода — идентификации весов для отдельных субиндексов и подиндексов — является эмпирическая апробация вариаций интегрального индекса информатизации регионов. Например, в работе Т.М. Касимовой и соавторов (Касимова et al., 2021; Магомедова, 2020) были спроектированы различные варианты индекса развития ИКТ, предполагающего включение трех субиндексов — доступ к ИКТ, использование ИКТ и расходы на ИКТ. Выбор оптимальной модели производился с учетом взаимосвязи уровня развития информационно-коммуникационных технологий и социально-экономического положения субъектов РФ. В качестве дополнительных зависимых переменных возможно также рассмотрение показателей экологического состояния регионов, интегрируемых в систему устойчивого развития территорий.

Таким образом, сравнительный анализ широкого спектра методик оценки уровня информатизации и цифровизации регионов представляет собой основу для повышения эффективности управленческих решений (Головин, 2021; Смотрицкая, 2021). Каждый из представленных подходов, — и отраженных в национальных программах, и описанных представителями современного академиче-

ского сообщества, — представляет собой ценный материал для формирования механизмов развития субъектов Российской Федерации в контексте Четвертой промышленной революции. Тем не менее, в настоящий момент не наблюдается единого гибкого комплексного подхода к оценке информатизации территорий и эффектов ее воздействия на социально-эколого-экономическое развитие регионов, выстроенного на достаточном объеме объективных статистических данных. Эту задачу нам как исследователям предстоит решить в ближайшем будущем.

Список источников

Абдрахманова, Г. И., Гохберг, Л. М., Ковалева, Г. Г. (2015). *Информационное общество: тенденции развития в субъектах Российской Федерации. Выпуск 2: статистический сборник*. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Москва: НИУ ВШЭ, 160.

Абрамов, В. И., Андреев, В. Д. (2022). Оценка цифровой зрелости системы государственного и муниципального управления в регионах: опыт США и развитие в России. *Информатизация в цифровой экономике*, 3(2), 43–62. doi: 10.18334/ide.3.2.115106

Абрамов, В. И., Андреев, В. Д. (2023). Анализ стратегий цифровой трансформации регионов России в контексте достижения национальных целей. *Вопросы государственного и муниципального управления*, 1, 89–119.

Акбердина, В. В. (2018). Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики. *Известия Уральского государственного экономического университета*, 19(3), 82–99.

Ашмарина, С. И., Казарин, С. В. (2015). Оценка и сравнительная характеристика процессов информатизации экономики регионов. *Известия Уральского государственного экономического университета*, 2(58), 73–84.

Банних, Г. А., Баранова, М. Е., Режецкая, А. И. (2022). Оценка цифровой зрелости регионов как инструмент цифровой трансформации государственного управления. *Российские регионы в фокусе перемен: сборник докладов XVI международной конференции, Екатеринбург, 18–20 ноября 2021 года*, 2, 554–560.

Батракова, Л. Г. (2022). Выявление и оценка факторов, влияющих на цифровую зрелость регионов. *Теоретическая экономика*, 3(87), 97–110. doi: 10.52957/22213260_2022_3_97

Ветрова, М. А., Иванова, Д. В. (2020). Оценка цифровой зрелости и готовности к цифровой трансформации регионов РФ. *Управление бизнесом в цифровой экономике: сборник тезисов выступлений 3-ей международной конференции, Санкт-Петербург, 19–20 марта 2020 года*, 99–104.

Головин, А. А. (2021). Критический анализ методов измерения и мониторинга качества жизни населения. *Управление*, 9(4), 30–42. doi: 10.26425/2309-3633-2021-9-430-42

Елохов, А. М., Александрова, Т. В. (2019). Подходы к оценке результатов цифровой трансформации экономики России. *Учет. Анализ. Аудит*, 6(5), 24–35. doi: 10.26794/2408-9303-2019-6-5-24-35.

Жданчиков, П. А. (2021). Итоги и перспективы региональной информатизации. *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*, 17, 1780–1806. doi: 10.24891/pi.17.9.1780

Зарипова, Ю. О., Третьякова, Е. А. (2022). Терминологический дискурс цифровой экономики в контексте регионального развития. *Управление в современных системах: сборник трудов XII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников и аспирантов, Челябинск, 14 декабря 2022 года*, 454–464.

Исаев, А. П., Наумов, В. Н., Саблина, Ю. В. (2018). О Стратегии развития информационного общества РФ на 2017–2030 гг. *Евразийская интеграция: экономика, право, политика*, 1(23), 84–98.

Касимова, Т. М., Магомедова, С. Р., Рабаданова, М. Г. (2021). Оценка уровня развития информационно-коммуникационных технологий и его влияния на региональную экономику. *Фундаментальные исследования*, 5, 13–18. doi: 10.17513/fr.43032

Кизина, А. А. (2013). Методика построения интегрального показателя оценки информационных процессов регионов России. *Известия Саратовского университета*, 13(4), 667–673.

Логачева, Н. А. (2021). Оценка уровня цифровой зрелости региона в контексте стратегического развития. *Известия СПбГЭУ*, 2(128), 147–152.

Магомедова, С. Р. (2020). Исследование информатизации и уровня цифрового развития регионов Российской Федерации. *Фундаментальные исследования*, 10, 66–70. doi: 10.17513/fr.42857

Никитина, К. А. (2020). Методика оценки уровня информатизации региона (на примере Белгородской области). *Глобальный научный потенциал*, 10(115), 155–158.

Петрова, Е. А. (2008). Многопараметрическая оценка состояния и развития информационных процессов региона. *Экономический анализ: теория и практика*, 7(112), 36–40.

Положенцева, Ю. С. (2020). Методы оценки уровня цифровизации на мезоуровне. *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*, 6(48), 67–72. doi: 10.47581/2020/10.23.PS85/IE/5.48.011

Русакова, Е. В. (2015). Направления оценки экономической эффективности информатизации региона. *Управление экономическими системами: электронный научный журнал*, 9(81), 3–15.

Скуфьина, Т. П., Баранов, С. В. (2015). Измерение информатизации регионального пространства России. *Современные проблемы науки и образования*, 1(1), 552–561.

Смотряцкая И. И. (2021). Инновации в сфере государственного управления в контексте обеспечения экономической безопасности России. *Экономическая безопасность*, 4(3), 519–530. doi: 10.18334/ecsec.4.3.112294

Теплякова, М. Ю., Хабиб, М. Д. (2020). Исследование развития цифровой экономики: региональный аспект. *Вестник университета*, 4, 137–143. doi: 10.26425/1816-4277-2020-4-137-143

Титовец, А. Ю. (2020). Методика расчета регионального индекса информатизации. *Развитие территориальных социально-экономических систем: вопросы теории и практики: Материалы XVII международной научно-практической конференции молодых ученых, Екатеринбург, 11–12 марта 2020 года*, 49–52.

Хомутова, Д. В. (2017). Методические основы оценки уровня информатизации региона на основе исследования эффективности процессов информатизации и достигнутого уровня использования информационно-коммуникационных технологий (на примере Сибирского федерального округа по данным 2005–2015 годов). *Управление экономическими системами: электронный научный журнал*, 4(98), 32–47.

Шапошник, С. Б., Евтюшкин, А. В., Ершова, Т. В. (2005). *Индекс готовности регионов России к информационному обществу 2004–2005*. 2-е издание, исправленное и дополненное. Москва: Автономная некоммерческая организация «Институт развития информационного общества», 224.

Fesenko, G., Fesenko, T., Fesenko, H. (2021). Developing E-Maturity Model for Municipal Project and Program Management System. *Eastern-european journal of enterprise technologies*, 3(109), 15–28. doi: 10.15587/1729–4061.2021.225278

Зарипова Юлия Олеговна — аспирант ПНИПУ, преподаватель департамента менеджмента НИУ ВШЭ; <https://orcid.org/0000-0002-7852-5056> (Российская Федерация, 614070, г. Пермь, ул. Студенческая, 38; iuoshamgunova@hse.ru).

Третьякова Елена Андреевна — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики и управления промышленным производством, ПНИПУ (Российская Федерация, 614000, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29); профессор, НИУ ВШЭ — Пермь (Российская Федерация, 614070, г. Пермь, ул. Студенческая, 38); методолог службы дополнительного профессионального образования ООО «Кайрос Инжиниринг»; <https://orcid.org/0000-0002-9345-1040> (Пермь, ул. Максима Горького, д.34, каб. 208; e.a.t.pnpru@yandex.ru).

МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. Статья посвящена проблеме выработки системного подхода к осуществлению процессов цифровой трансформации предприятия. Интерес к ее решению обусловлен пониманием того, что уникальных рецептов осуществления цифровой трансформации объективно не существует, но может быть полезным предлагаемое авторами решение задачи выбора организационных методов и средств разработки и реализации цифровой бизнес-стратегии предприятия, имеющей целью его будущее преобразование в «цифровое» предприятие. В обоснование авторского подхода рассмотрены цели, факторы, ключевые элементы организационного обеспечения цифровой трансформации предприятия, а также приведены результаты анализа опыта ряда зарубежных компаний и организаций в части установления тех элементов организации, поведение или состояние которых обеспечивает положительный результат процессов цифровой трансформации. В качестве примера, демонстрирующего фрагменты авторского подхода и его системные возможности, приведены модели организационного обеспечения цифровой трансформации ценностного предложения и основных бизнес-процессов предприятия — двух из выявленных семи базовых компонентов областей хозяйственной деятельности предприятия — объектов его преобразования в «цифровое» предприятие.

Ключевые слова: цифровая стратегия, организационное обеспечение цифровой трансформации, ключевые элементы, подходы, модели

Цифровая трансформация предприятия — это в определенном смысле новая парадигма его развития, характеризующаяся массовым внедрением современных цифровых технологий в процессы создания новых продуктов, услуг, их доставки на глобальный рынок. При том, что ее содержанием является глубокое переосмысление бизнеса, инициированное возможностями цифровых технологий выступать в роли материального фактора нынешних и будущих изменений традиционных моделей управления предприятием, компетенций и процедур решения вопросов его производственно-хозяйственной деятельности. Все такого рода изменения могут быть сгруппированы в одну из трех категорий:

1) замещение, когда цифровые технологии используются для замены отдельной функции / процесса, которые ранее уже реализуются предприятием;

2) расширение, при котором цифровые технологии используются для улучшения функциональности процесса / продукта;

3) собственно трансформация, когда цифровые технологии используются для внесения фундаментальных изменений в собственный процесс / продукт.

Очевидно, что каждой категории (условно) цифровых изменений процессов / продуктов предприятия соответствует свой, отличный от других подход к их организационному обеспечению — совокупности методов и средств, используемых ИТ-специалистами в процессах формирования характеристик и свойств (образа) будущего предприятия — его «цифровой» модели (Akberdina, 2018; Akberdina & Barybina, 2022).

Организационное обеспечение цифровой трансформации на этапе разработки цифровой стратегии предприятия может иметь следующие формальные цели:

1) формирование принципиально новой модели рационального использования ресурсов на основе цифровизации контроля и анализа комплекса производственных возможностей предприятия;

2) создание системы социально-экономических и организационно-технических ИТ-отношений, отвечающей требованиям основных технологических трендов концепции «Индустрия 4.0» (новые материалы, промышленные роботы, 3D-печать и др.), а также принципам и технологиям концепции «Индустрия 5.0», направленным на построение своеобразной киберсоциальной промышленной экосистемы;

3) формирование единого контура управления основными бизнес-процессами на основе активной имплементации цифровых технологий в процессы обмена данными в цепочках создания стоимости, в парах «поставщик — потребитель»;

4) построение инновационно-технической системы, в которой центральную роль в числе прочего играет система автоматизированного проектирования типа CAD / CAE, а также технологии, ориентированные на формирование необходимых условий для появления цифровых инноваций, цифровых средств производства, повышающих уровень конкурентоспособности предприятия (Berman, 2012; Bloomberg, 2018).

Отметим, каждая из вышеназванных целей может быть развернута как система деталей и подробностей с тем, чтобы в дальнейшем получить систематизированное представление о ключевых составляющих организационного обеспечения цифровой транс-

формации, являющихся в то же время отправными точками для принятия управленческих решений по цифровым преобразованиям предприятия (Bharadwaj et al., 2013).

В комплексе проводимых авторами исследований, а также по результатам анализа содержания научных публикаций авторами выделены факторы, которые имеют приоритет в организационном обеспечении цифровой трансформации предприятия, ключевые элементы собственно обеспечения цифровой трансформации, а также подходы к созданию организационных условий ее реализации (Bowersox et al., 2005).

Среди факторов организационного обеспечения цифровой трансформации первое место занимает соответствующая бизнес-стратегия, в лучшем своем проявлении иллюстрирующая буквально морфологию модели цифровой трансформации предприятия и тем самым создающая видение новых перспектив для всех заинтересованных сторон, стейкхолдеров бизнеса, формирующая представление о самых необходимых цифровых технологических и организационных решениях руководства, в том числе преодолевающих неопределенности и противодействия со стороны персонала предприятия, вызванные, например, ростом присутствия искусственного интеллекта или ощущением постоянного контроля со стороны различных устройств. Другой важный фактор — IT-специалисты по цифровой трансформации, которые, помимо знания языков программирования, понимания процессов тестирования, проверки качества программного обеспечения и прочего, обеспечивают как разработку стратегии цифровой трансформации, так и ее реализацию, обладают при этом знаниями трендов и прорывных цифровых технологий, умеют работать с большими данными, имеют навыки в управлении людьми и процессами, развивают в себе так называемые *Soft Skills* — способности к самоорганизации, активным коммуникациям, нахождению нестандартных решений, узнаванию нового (Cheremisina, 2019; Corver & Elkhuizen, 2014). Успех любой модели цифровой трансформации предприятия определяет фактор наличия накопленных знаний и навыков о порядке и процедурах реализации программно-аппаратных, иных цифровых технологических систем, благодаря чему на каждом новом шаге цифровизации предприятия может быть получена определенная экономия ресурсов, требуемых для достижения ожидаемого качества цифровых решений (Dahlstrom et al., 2017). При том, что каждое предприятие может рассчитывать на содействие совокупности институциональных факторов цифровой трансформации

ции предприятия: Программа «Цифровая экономика РФ», проекты и инициативы, центры компетенций и рабочие группы в составе исполнительных органов власти, регуляторы в лице ЕЭК, ФОИВов и контрольно-надзорные органы ОНФ, АНО и др. — по существу это инструменты государственной политики, стимулирующие и направляющие процессы цифровой трансформации предприятий, равно как устраняющие отклонения от заданной траектории, например, в сфере информационной безопасности¹. Их основное функциональное назначение — системно организовать и скоординировать процессы формирования компетенций в области цифровой трансформации в экономике и в промышленности, в частности, с тем, чтобы затем передать их всем заинтересованным сторонам для адаптации и практического применения как организационной основы цифровой трансформации, в том числе для исследований и оценки той же законодательной базы с точки зрения понимания того, какие инструменты осуществляют полезное регулирование, а какие выступают сдерживающими факторами цифровой трансформации (примеры: введенные государством нормативные ограничения в использовании персональных данных, крипто-валюта и др.). Рассматривая вопрос элементов организационного обеспечения процессов цифровой трансформации, следует обратить внимание на то, что реализация стратегий цифровой трансформации бизнес-структур находится под контролем инвесторов и органов, защищающих интересы клиентов. Это, безусловно, важные элементы, оказывающие влияние на процессы цифровой трансформации, но ключевыми в организационном обеспечении процессов цифровой трансформации все же являются внутриорганизационные инструменты, благодаря которым процесс цифровой трансформации становится феноменом изменения бизнес-модели предприятия в направлении широчайшего применения цифровых решений, развиваются такие свойства современной организации, как адаптируемость к изменяющейся среде, организационная гибкость, командная работа и проектный, кросс-функциональный подход, который повышает эффективность совместной работы большого числа специалистов по автоматизации бизнес-процессов с участием множества IT-систем, сервисов и программ².

¹ Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2019. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2019>

² European Commission (2019). Digital transformation. https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/digitaltransformation_en

В современной научной литературе достаточно широко представлен опыт компаний, дающий представление о том, использование каких элементов организации цифровой трансформации приносило определенный успех. В частности, подчеркивается роль специализированных цифровых команд, которые лучше адаптированы для управления всем комплексом изменений, вызванных цифровыми инновациями, а также элементов организации, на которых сосредоточено внимание, поскольку они определяют мотивацию цифровых преобразований, достижения позитивного результата реализации цифровых стратегий. Отметим, что состав этих элементов варьируется в зависимости от того, как та или иная методология подходит к оценке так называемой цифровой зрелости организации.

Некоторые примеры, иллюстрирующие типы цифровой зрелости организации:

1. Модель цифровой зрелости — TM Forum¹.
2. Модель цифровой зрелости 5.0 — Forrester².
3. Инструмент оценки цифровой зрелости — в материалах Правительства Южной Австралии³.
4. Ключевые столпы цифровой трансформации — рекомендуемая структура отчета директора по информационным технологиям⁴.
5. Рамки цифровой зрелости школ — региональная модель CARNet, рекомендуемая для организаций сферы образования и разработанная в рамках проекта «Электронная школа: Успеха развития цифровых школ (пилотный проект)»⁵.

Состав ключевых элементов, внимание к которым обеспечивает успех цифровой трансформации деятельности организации приведены в таблице.

Неоднородный состав ключевых элементов обеспечения процессов цифровой трансформации, с одной стороны, свидетельству-

¹ TM forum. (2018). Digital Maturity Model. <https://www.tmforum.org/digital-maturity-model-metrics/>

² Forrester. (2018). The Digital Maturity Model 5.0. <https://hootsuite.com/resources/forrester-the-digital-maturity-model-5-0#>

³ Government of South Australia. (2015). Digital Maturity Assessment Tool — Governance and leadership. https://digital.sa.gov.au/sites/default/files/content_files/toolkits/Digital_Maturity_Assessment.pdf

⁴ Evans, N. (2017). Assessing your organization's digital transformation maturity. <https://www.cio.com/article/3213194/digitaltransformation/assessing-your-organization-sdigital-transformation-maturity.html>

⁵ e-Škole. (2018). Okvir za digitalnu zrelost škola. <https://www.e-skole.hr/hr/resultati/digitalna-zrelost-skola/okvir-digitalnezrelosti-skola/>

Таблица

Ключевые элементы обеспечения процессов цифровой трансформации

Модель цифровой зрелости — TM Forum	Модель цифровой зрелости 5.0 — Forrester	Инструмент оценки цифровой зрелости. Правительство Южной Австралии	Ключевые столпы цифровой трансформации — ИТ-директор	Рамки цифровой зрелости школ — модель CARNet
Цифровизация отношений с клиентами	Культура	Управление и лидерство	Стратегия и видение	Планирование, управление в обеспечении лидерства
Формирование информационной культуры	Организация	Люди и культура	Люди и культура	ИКТ в обучении и преподавании
Развитие цифровых навыков	Технологии	Масштабы и возможности	Процессы управления	Развитие цифровых компетенций
...	Сотрудники	Инновации	Технологии и возможности	Цифровая культура
...		Технологии		Инфраструктура ИКТ

Составлено автором по (Hausberg et al., 2018a; Digital transformation in business research..., 2019; Hemerling et al., 2018b; Henriette et al., 2015; Reis et al., 2018; Schwertner, 2017)

ет (косвенно), конечно, об отсутствии единого видения особенностей организационного обеспечения цифровой трансформации, но с другой — демонстрируя разнообразие мотивационных тенденций цифровой трансформации, доминирующими показывает те из них, благодаря которым могут осуществляться цифровые взаимодействия с потребителями и партнерами, а также повышаться эффективность использования цифровых активов.

Исследование факторов, направлений и условий, организационно обеспечивающих положительные эффекты цифровой трансформации предприятия, позволило авторам выделить базовые компоненты основных областей хозяйственной деятельности предприятия как объектов его преобразования в так называемое циф-

ровое предприятие. Этими компонентами являются ключевые партнеры, основные бизнес-процессы, базовые ресурсы, ценностные предложения, отношения с клиентами в каналах сбыта, клиентские (рыночные) сегменты, структура расходов и доходов. Приведем два примера, демонстрирующие логику организационного обеспечения цифровой трансформации, результатом которого становится формирование характеристик и свойств, присущих цифровому предприятию как организации, бизнес-модель которой характеризует системное использование во всех сферах деятельности и на всех уровнях управления «цифрового образа мышления», преобразованного в целенаправленные действия, все части которого представляют собой решение конкретных задач с использованием

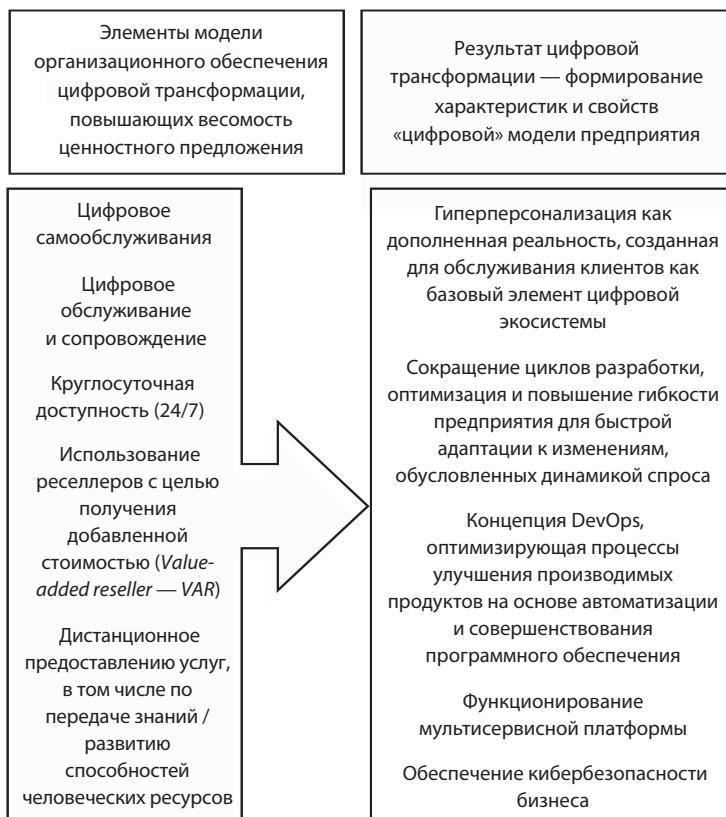


Рис. 1. Модель организационного обеспечения цифровой трансформации ценностного предложения предприятия (составлено авторами по (Ismail et al., 2017; Korovin, 2018; Kvasha et al., 2018; Nylén & Holmström, 2015; Reis et al., 2018))



Рис. 2. Модель организационного обеспечения цифровой трансформации основных бизнес-процессов предприятия (составлено авторами по (Kvasha et al., 2018; Matt et al, 2015; Morakanyane et al., 2017; Nylén & Holmström, 2015; Yee & Ng, 2015; Боровков и др., 2019; Давий и др., 2017))

цифровых технологий. Первый пример (рис. 1) — иллюстрация того, как из элементов, имеющих цифровые решения и организационно обеспечивающих формирование ценностного предложения предприятия должны «вырасти» целые мультисервисные платформы для привлечения как прямых клиентов, так и поставщиков необходимых ресурсов и услуг.

Модель, представленная на рисунке 2, отражает видение перехода спектра цифровых помощников осуществления специализированных функций в рамках основных бизнес-процессов в целые цифровые платформы, повышающие адаптивность предприятия, буквально автоматизирующие процессы его перехода на новый уровень развития.

Авторский подход к представлению моделей организационного обеспечения цифровой трансформации — достаточно простой метод идентификации и содержательного документирования инструментов цифровой трансформации предприятия и в то же время — возможность получить целостное видение формируемых базовых характеристик трансформированной модели уже «цифрового» предприятия¹. Такой подход может быть использован предприятиями для придания системности в разработке и реализации своей цифровой стратегии, понимания значимости принятия нового цифрового компонента, прекращения или ограничения устаревшего компонента.

Список источников

Akberdina V. V. (2018). Digitalization of industrial markets: regional characteristics. *Управленец*, 6. 77–87

Akberdina, V., Barybina, A. (2022). Digital platform for regional industry: prerequisites and functionality. *Digital Transformation in Industry: Digital Twins and New Business Models*. Cham: Springer International Publishing, 109–120. doi: 10.1007/978-3-030-94617-3_9

Berman, S. J. (2012). Digital transformation: opportunities to create new business models. *In Strategy, Leadership*, 40(2), 16–24. doi: 10.1108/10878571211209314

¹ Проблемы и тенденции цифровой трансформации предприятия: от заимствования до собственных индустриальных ИТ-решений (2020). <https://integral-russia.ru/2020/02/07/problemny-i-tendentsii-tsifrovoj-transformatsii-predpriyatiya-ot-zaimstvovaniya-do-sobstvennyh-industrialnyh-it-reshenij/>; Руководство по цифровой трансформации производственных предприятий (2015). *Социально-экономические явления и процессы*. 9. 146–152. http://assets.fea.ru/uploads/nticenter/112019/Rukovodstvo_po_cifrovizacii_proizvodstvennyh_predpriyatij.pdf; Цифровая трансформация экономики и промышленности. (2019). *Сборник трудов научно-практической конференции с зарубежным участием СПбПУ, 20–22 июня 2019 г.* Под ред. д.э.н., проф. А. В. Бабкина. СПб., ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. 780.

Bharadwaj, A., El Sawy, O.A., Pavlou, P.A., Venkatraman, N. (2013). Digital business strategy: toward a next generation of insights. *In MIS Quarterly*, 37(2), 471–482.

Bloomberg, J. (2018). *Digitization, digitalization, and digital transformation: confuse them at your peril*. <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/04/29/digitization-digitalization-and-digital-transformation-confuse-them-at-your-peril/#2dd1ce842f2c>

Bowersox, D. J., Closs, D. J., Drayer, R. W. (2005). The Digital Transformation: In Technology and beyond. *Supply Chain Management Review*, 9(1), 22–29.

Cheremisin T.P. (2019). Evolution of the Business Models of Russian Construction Companies Digitalization of the Industry. *Журнал СФУ. Гуманитарные науки*, 4, 565–582. doi: 10.17516/1997–1370–0409

Corver, Q., Elkhuisen, G. (2014). *A framework for digital business transformation cognizant*. <https://www.cognizant.com/InsightsWhitepapers/a-framework-for-digital-business-transformation-codex-1048.pdf>

Dahlstrom, P., Erikson, L., Khanna, S., Meffert, J. (2017). *From disrupted to disruptor: Reinventing your business by transforming the core*. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/digital%20reinvention/digital%20reinvention.ashx>

Evans, N. (2017). *Assessing your organization's digital transformation maturity*. <https://www.cio.com/article/3213194/digitaltransformation/assessing-your-organization-sdigital-transformation-maturity.html>

Hausberg, J., Liere-Netheler, K., Packmohr, S., Pakura, S., Vogelsang, K. (2018). Digital transformation in business research: a systematic literature review and analysis. In *DRUID18. Copenhagen Business School*, Copenhagen, Denmark. <https://ssrn.com/abstract=3169203>

Hemerling, J., Kilmann, J., Danoesastro, M., Liza Stutts, L., Ahern, C. (2018). *It's not a digital transformation without a digital culture*. <https://www.bcg.com/publications/2018/not-digital-transformation-without-digital-culture.aspx>

Henriette, E., Feki, M., Boughzala, I. (2015). The shape of digital transformation: A systematic literature review. *MCIS 2015 Proceedings*, 431–443.

Ismail, M. H., Khater, M., Zaki, M. (2017). *Digital business transformation and strategy: What do we know so far?* https://cambridgeservicealliance.eng.cam.ac.uk/resources/Downloads/Monthly%20Papers/2017NovPaper_Mariam.pdf

Korovin, G. B. (2018). Problems of industrial digitalisation in Russia. *Journal of new economy*, 3, 100–110.

Kvasha, N. V., Demidenko, D. S., Voroshin, E. A. (2018). Industrial development in the conditions of digitalization of infocommunication technologies. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*, 2, 17–27.

Matt, C., Hess, T., Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business and Information Systems Engineering*, 57(5), 339–343. doi:10.1007/s12599-015-0401-5

Morakanyane, R., Grace, A. A., O'Reilly, P. (2017). Conceptualizing digital transformation in business organizations: a systematic review of literature. In *30th Bled conference: digital transformation — from connecting things to transforming our lives*. Maribor: Maribor Press. doi:10.18690/978-961-286-043-1.30

Nylén, D., Holmström, J. (2015). Digital innovation strategy: A framework for diagnosing and improving digital product and service innovation. *Business Horizons*, 58(1), 57–67

Reis, J., Amorim, M., Melão, N., Matos, P. (2018). Digital transformation: a literature review and guidelines for future research. In *World Conference on Information Systems and Technologies*, 411–421. Cham: Springer. doi: 10.1007/9783-319-77703-0_41

Schwertner, K. (2017). Digital transformation of business. *Trakia Journal of Sciences*, 15(1), 388–393. doi: 10.15547/tjs.2017.s.01.065

Shallmo, D., Williams, C. A., Boardman, L. (2017). Digital transformation of business models — best practice, enablers and roadmap. *International Journal of Innovation Management*, 21(8), 1740014.

Von Knop, J. (2016). Chemistry 4.0 challenges and solutions for the digital transformation. In *Croatia Chemica Acta*, 89(4), 397402. doi: 10.5562/cca3132

Yee, T. M., Ng, V. (2015). From digital transformation to disruption, From customer experience to obsession. *NetworkWorld Asia*, 12(2), 2–2.

Боровков, А. И., Гамзикова, А. А., Кукушкин, К. В., Рябов, Ю. А. (2019). *Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности. Краткий доклад*. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 62.

Давий, А. О., Паклина, С. Н., Прокофьева, А. С. (2017). Digital manufacturing: new challenges for marketing and business models. *Российский журнал менеджмента*, 4, 537–552.

Зинатуллина Эльза Равильяновна — руководитель финансовой службы, ООО «Грайф Москва», руководитель финансовой службы, ООО «Грайф Москва» (Greif Russia) (Российская Федерация, 115280, г. Москва, ул. Ленинская слобода, 19, ком. 20294 elza0502@yandex.ru).

Дубровский Валерий Жоресович — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики предприятий, Уральский государственный экономический университет (Российская Федерация, 620144, г. Екатеринбург, 8 Марта / Народной Воли, 62/45; dubr@usue.ru).

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ РЫНКА МАШИНОСТРОЕНИЯ И СТАНКООБРАЗОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА СТРАНЫ¹

Аннотация. Статья посвящена актуальным проблемам развития промышленного рынка машиностроения и станкостроения в Российской Федерации в связи с острой потребностью в его научно-производственной трансформации. Цель исследования — охарактеризовать состояние и определить направления развития промышленного рынка машиностроения и станкостроения в России. Задачи исследования включают себя общую характеристику промышленного рынка и места в нем машиностроения и станкостроения, оценку роли импорта и результативности принятых государством мер по импортозамещению, определение направлений научно-технологического развития отраслей. В ходе исследования использованы общенаучные методы исследования, в том числе комплексный анализ, а также конкретно научные экономические методы. В статье отмечается, что промышленный рынок обладает многоуровневой иерархической структурой и функционирует на основе сложных производственно-технологических цепочек; при этом ключевую роль в нем играют машиностроение и станкостроение как отрасли, делающие возможным производство всех иных видов продукции. При этом до настоящего времени сохраняется сильная зависимость ключевых сегментов рынка от импорта машин и комплектующих, что говорит о недостаточной результативности мероприятий Правительства РФ в реализации политики импортозамещения. Также высокий уровень зависимости от импорта наблюдается в сфере цифровых технологий, необходимых для успешного развития промышленного комплекса. В текущих сложных внешнеэкономических условиях необходимо поэтапное преодоление импортозависимости в машиностроении и станкостроении на основе осуществления различных форм экономической и производственно-технической кооперации государства, бизнеса, научных и образовательных учреждений.

Ключевые слова: научно-производственная трансформация, промышленный рынок, импортозамещение, производственно-технологические цепочки, цифровые решения

¹ Статья подготовлена на материалах ранее опубликованной работы: Иванченко, А. В. (2023). Состояние и перспективы развития промышленного рынка машиностроения и станкостроения в России. Бизнес. Образование. Право, 4(65). 117–122. DOI 10.25683/VOLBI.2023.65.830.

Промышленный рынок — важнейший элемент экономической системы государства, охватывающий торгово-экономические связи прежде всего самих участников производственной деятельности. В то же время, в экономической науке содержание и определение этого явления до сих пор являются дискуссионными вопросами.

Понятие «промышленный рынок» (*industrial market*) к настоящему времени нашло широкое применение в зарубежной экономической науке.

В соответствии с одним из широко распространенных определений, под промышленным рынком подразумевается совокупность всех «частных лиц и организаций, приобретающих товары и услуги, которые используются для производства других продуктов или услуг...»¹. Таким образом, под основной характеристикой промышленного рынка понимается то, что обращающиеся на нем товары и услуги потребляются другими «бизнесами», а не конечными потребителями (Rich, 1999). При этом отличительным свойством товаров, функционирующих на промышленном рынке, рассматривается их наибольшая применимость и полезность в работе именно предприятий, которые могут задействовать их, в частности, в производстве других товаров (Geiger & Finch, 2009).

В связи со сказанным можно сделать вывод, что понятие «промышленный рынок» в зарубежной науке недостаточно разделено с понятиями «бизнес-рынок» (*business market*), B2B (*business-to-business*).

В свою очередь, в настоящее время в отечественной экономической науке также применяется понятие «рынок товаров промышленного (производственного) назначения», по сути идентичное понятию «промышленный рынок» (*industrial market*), но с большим акцентом именно на производство (Хлобыст, 2007; Тюрин & Потрепалова, 2016). Для характеристики данного рынка применяются также такие смысловые конструкции, как, например, «рынок средств производства» (Ахматова & Дегтярева, 2012).

В современных исследованиях в качестве отличительных черт промышленного рынка обоснованно выделяют «иерархичность» и «технологический принцип структуры», когда «взаимодействие складывается в рамках вертикальных связей» (Ярошевич, 2021; Ярошевич, 2019).

¹ Marketing dictionary. Monash University, Australia. Available at <https://www.monash.edu/business/marketing/marketing-dictionary/i/industrial-market> (accessed on September 14, 2023).

Таким образом, в целом можно охарактеризовать промышленный рынок как межотраслевой многоуровневый «рынок производителей», связанных между собой цепочками производства и потребления.

На наш взгляд, ключевыми элементами многоуровневой структуры промышленного рынка являются отрасли, делающие возможным «производство средств производства» для всех иных видов промышленной деятельности, — станкостроение и машиностроение.

Машиностроение и станкостроение обеспечивают воспроизводство и научно-технологическое обновление основных фондов, и как наиболее высокотехнологичные отрасли промышленности могут служить флагманами цифровой трансформации экономики. Можно согласиться с утверждением, что уровень инновационно-технологического развития машиностроительного комплекса «определяет состояние и перспективы всей производственно-хозяйственной системы» страны (Соломенникова, 2020).

В то же время, отличительной особенностью российского промышленного рынка, сформировавшегося в результате перехода от плановой экономики к рыночной в 90-е гг. XX в., стал очевидный упадок отечественного машиностроения и станкостроения.

Период восстановительного промышленного роста в 2000-е гг. не привел к возрождению данных отраслей, так как потребности предприятий, прежде всего, добывающей отрасли и потребительского сектора, восполнялись за счет продукции иностранных производителей. Последние имели очевидные конкурентные преимущества в силу большого числа факторов: мощной инновационной составляющей, масштабированности производства, налаженного сервисно-гарантийного обслуживания и, наконец, более привлекательной цены за счет более низкой себестоимости и лучших условий кредитования.

Как отмечается в отечественных исследованиях, «однобокое встраивание России в глобальные цепочки стоимости, по сути, приводило к наращиванию потенциала конкурентов в сфере готовой и высокотехнологичной продукции» (Симонин & Литвин, 2023). При этом отмечается, что «наиболее зависимыми из машиностроительных производств являются не высокотехнологичные отрасли (электронная и аэрокосмическая промышленность), а... большинство инвестиционных отраслей — от станкостроения до машиностроения для легкой и пищевой промышленности, которые можно определить как традиционное машиностроение» (Корепанов, 2022).

Наиболее критичная ситуация сложилась в станкостроении, которое «служит важнейшим элементом отечественной базы про-

изводства других видов машин и оборудования» (Татаркин & Романова, 2012). К 2014 г. порядка 90 % от общего парка станков на российском рынке составляла импортная продукция.

С целью исправления ситуации Правительством РФ в 2014 г. была принята государственная программа «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности». В программе констатировалось, что «массовые, но конкурентоспособные производства, способные конкурировать на российском рынке наравне с импортерами, в большинстве отраслей отсутствуют»¹.

Ключевой составляющей Программы являлся комплекс мер по развитию импортозамещения — курса на изменение отраслевой структуры экономики с целью развития высокотехнологичных производств и создания экономических условий для их успешной конкуренции с импортом.

Оценить результаты выполнения программы импортозамещения на момент начала специальной военной операции можно на основе данных, содержащихся в приказах Минпромторга РФ о реализации отраслевых планов импортозамещения, принятых в 2021 г. (ряд из них в последствии корректировался). В частности, в них имеется информация о процентном соотношении импортной и отечественной продукции на внутреннем рынке на момент их принятия (2021) в следующих отраслях:

- станкостроительная и инструментальная промышленность;
- тяжелое машиностроение;
- нефтегазовое машиностроение;
- машиностроение для пищевой и перерабатывающей промышленности².

На основе данных материалов можно сделать следующие выводы:

1. В станкостроении к 2021 г. были достигнуты ощутимые позитивные изменения, доля отечественной продукции в общем объеме парка станков составила порядка 30 %. Напомним, это в 3 раза больше, чем в 2000-е гг., когда доля отечественной продукции не превышала 10 %; в то же время этого явно недостаточно, чтобы избавить рынок от импортозависимости.

¹ Государственная программа «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности». Правительство РФ. <http://government.ru/rugovclassifier/862/events/> (дата обращения: 14.09.2023).

² Отраслевые планы импортозамещения Минпромторга России. Фонд развития промышленности. <https://frprf.ru/zaymy/prioritetnye-proekty/?docs=334&ysclid=ln1ef9khd0816175763> (дата обращения: 14.09.2023).

2. В тяжелом машиностроении в 2020–2021 гг. положение следует признать неоднозначным ввиду серьезного разброса показателей по различным видам деятельности и номенклатуре продукции. В производстве ряда видов продукции доля отечественных производителей велика: в производстве проходческих комбайнов для горнодобывающей промышленности — 70 %, электропечей сопротивления для металлургии — 60 %, башенных кранов — 40 %. В то же время, в поставках бурового оборудования для подземных горных работ, шахтных погрузчиков, судовых кранов и др. доля отечественной продукции от импортного оборудования составляет 90 % и более, что делает определенные виды промышленной деятельности критически зависимыми от импорта.

3. В машиностроении для нефтяной и газовой промышленности (добыча) по ряду позиций отечественные производители занимают весьма существенную долю на рынке: к примеру, в производстве породоразрушающего и бурильного инструмента — порядка 55 %. Однако в целом доля отечественного оборудования составляет порядка 40 %, что несет очевидные риски для ключевой экспортной отрасли страны.

4. Наконец, наиболее сложная ситуация складывается в производстве машиностроительной продукции для легкой и пищевой промышленности, где доля отечественных предприятий не превышает 25 %, при этом критически низкой она является в таких важнейших и социально значимых отраслях, как производство мясной продукции (6 %), производство детского питания (3 %).

В целом можно выделить ключевые негативные черты, характеризующие общую ситуацию на рынке машиностроительной и станкостроительной продукции:

— высокая зависимость отечественного машиностроения и станкостроения от поставки иностранных комплектующих. Согласно имеющимся данным по станкостроению, только 15 % шпинделей для станков с ЧПУ и 10 % направляющих выпускаются в России.

— очень низкая доля отечественных производителей в производстве наиболее высокотехнологичных изделий, в том числе относящихся к цифровым технологиям. Так, доля российских предприятий в производстве промышленных роботов (станкостроение) не превышает 9 %, в производстве программных средств для интерпретации сейсморазведки и сопровождения бурения скважин (нефтегазовое машиностроение) — 10 %. Ряд других видов продукции — цифровые автоматизированные и роботизированные машины и линии для литейных производств (тяжелое машиностроение),

системы подводных добычных комплексов (нефтегазовое машиностроение) и др. — в России вообще не производятся.

Развитие ситуации на промышленном рынке также отражено в материалах Росстата об экспорте и импорте машин, оборудования и транспортных средств в 2015–2021 гг.¹ В течение всего периода данная продукция составляет небольшую долю в общем объеме экспортных поставок — в пределах 5–9 %. В то же время, ввоз в страну иностранных машин, оборудования и транспорта, наоборот, всегда оставался ведущей и главной статьёй российской импорта, неизменно составляя порядка 45–50 %.

Общероссийским тенденциям соответствует и ситуация в Уральском федеральном округе, на регионы которого приходится 5,6 % экспорта и 6,2 % импорта машин, оборудования и транспортных средств.

Данные об экспорте и импорте машин, оборудования и транспортных средств по регионам УрФО в 2021 г. приведены в таблице 1.

Как видим, наиболее весомую роль из регионов УрФО на этом рынке играет Свердловская область, обладающая мощной обрабатывающей промышленностью, в том числе машиностроением: 64 % от общего объема экспорта и 56,2 % от импорта по округу.

Второе место по экспорту предсказуемо занимает промышленно развитая Челябинская область (21,8 %), доля остальных регионов невелика.

В отношении импорта ситуация иная: здесь второе место занимает ЯНАО, где реализация крупных инвестиционных проектов требует закупок больших объемов машин и оборудования.

Что касается соотношения экспорта и импорта в денежном выражении, то практически во всех регионах импорт в разы превосходит экспорт (исключение составляет Курганская область).

Значимые сведения относительно инновационного развития российской промышленности, косвенно свидетельствующие и о большой роли импорта на промышленном рынке России, содержатся в данных Росстата о разработанных и внедренных передовых промышленных технологиях (табл. 2).

Как видим, количество внедренных технологий везде многократно превосходит количество разработанных. Так, в Российской Федерации в 2021 г. количество внедренных технологий в 117 раз

¹ Внешняя торговля. Экспорт и импорт в Российской Федерации. Федеральная служба государственной статистики. https://rosstat.gov.ru/statistics/vneshnyaya_torgovlya (дата обращения: 14.09.2023).

Таблица 1

**Экспорт и импорт машин, оборудования и транспортных средств
в УрФО в 2021 году¹**

Регион	Экспорт		Импорт		Отношение импорта к экспорту, раз
	млн долл. США	доля, %	млн долл. США	доля, %	
УрФО	1816,2	100,0	8912,7	100,0	4,9
Курганская область	67,9	3,7	34,6	0,4	0,5
Свердловская область	1162,0	64,0	5009,3	56,2	4,3
ХМАО	78,2	4,3	406,1	4,6	5,2
ЯНАО	34,6	1,9	1623,7	18,2	46,9
Тюменская область без округов	78,3	4,3	810,3	9,1	10,3
Челябинская область	395,2	21,8	1028,7	11,5	2,6

¹ Регионы России. Социально-экономические показатели.2022. Федеральная служба государственной статистики: офиц. сайт. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2022.pdf (дата обращения: 08.11.2023)

Таблица 2

**Разработанные и внедренные передовые производственные технологии
в Российской Федерации и УрФО в 2014 и 2021 гг.¹**

Регион	Разработанные технологии		Внедренные технологии	
	2014	2021	2014	2021
Российская Федерация	1409	2186	204546	256 582
УрФО	182	315	22832	33 325
Курганская область	—	н. д.	1106	1 290
Свердловская область	59	135	9050	16 455
ХМАО	1	23	1328	2 252
ЯНАО	16	17	3930	4 598
Тюменская область без округов	10	38	1527	2 264
Челябинская область	96	101	5891	6 466

¹ Наука, инновации и технологии. Федеральная служба государственной статистики. <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>. (дата обращения: 08.01.2024)

превышало количество разработанных, в Уральском федеральном округе — в 105,8 раза. Наиболее высокий разрыв (122 раза) в самом промышленно развитом регионе округа — Свердловской области, где произведено 42,9 % и внедрено 49,4 % технологий от обще-окружного показателя.

Такой разрыв можно объяснить только активным внедрением в производство импортных технологических решений, в том числе цифровых, поскольку требующиеся для рынка технологии не производятся внутри страны в необходимом количестве. Таким образом, можно сделать вывод, что на рынке технологических решений наша зависимость от импорта еще более высокая, чем на рынке готовой машиностроительной и станкостроительной продукции.

Справедливости ради следует отметить, что при количественном росте с 2014 г. как разработанных, так и внедренных технологий (что свидетельствует о спросе на них в российской промышленности), разрыв между разработанными и внедренными технологиями за истекший период несколько снизился в силу определенного ускорения процесса производства технологий. Так, в 2014 г. в Российской Федерации количество внедренных технологий превосходило количество произведенных в 145,1 раза, в УрФО — в 125,4 раза, в Свердловской области — в 153,4 раза. Однако развитие этой позитивной тенденции в 2014–2021 гг. следует признать крайне медленным.

Таким образом, мы видим, что в ходе реализации программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» не были достигнуты качественные изменения, свидетельствующие об изменении структуры промышленного рынка в пользу отечественных производителей высокотехнологичной продукции.

Начало СВО на Украине в феврале 2022 г. кардинально изменило ситуацию на внутреннем промышленном рынке. С одной стороны, вследствие введенных против России санкций российская промышленность была существенно ограничена в возможности приобретать машины, станки и комплектующие на западных рынках. С другой стороны, санкции открыли беспрецедентные возможности для отечественных производителей по замещению производственных и рыночных ниш, ранее прочно занятых импортом.

Резкое изменение ситуации на промышленных рынках обозначило ряд проблем, требующих незамедлительного решения:

- скорейшее налаживание поставок и недопущение дефицита многих машин, оборудования и комплектующих;
- обеспечение качества продукции, сравнимого с импортом.

Новая ситуация требует резкой интенсификации процессов импортозамещения на основе качественного ускорения инновационных процессов. В связи с этим, на наш взгляд, необходима соответствующая корректировка государственной экономической политики:

1. Проведение мониторинга и комплексной оценки ситуации на рынке с целью выявления «узких мест» в производственных цепочках и выбора наиболее оптимальных механизмов их преодоления:

— оперативное определение наиболее зависимых от импорта секторов экономики и источников покрытия возможного дефицита. Вариантом решения данной проблемы, в частности, может быть предлагаемое создание «информационных каталогов» в отраслевом разрезе по замещению импортных изделий для поиска заказчиков внутри российского рынка (Сухарев, 2023);

— определение возможностей и перспектив замещения импорта в рамках активизации научно-технологического сотрудничества науки и производства и, как подчеркивается в ряде исследований, формирования новых «кооперационных цепочек создания ценности» (Сафиуллин & Ельшин, 2023).

2. Применение с целью производства аналоговых и принципиально новых видов машин и оборудования различных форм и механизмов кооперации науки и бизнеса:

— формирование консорциумов с участием научных, образовательных учреждений и бизнеса с целью реализации «прорывных» проектов при участии государства;

— создание отраслевых «центров компетенции» (особенно в отраслях с низкой степенью концентрации и большим количеством независимых участников рынка, например, в станкостроении). Задачами таких центров могли бы стать анализ рыночной конъюнктуры, поддержка конструкторских бюро, ведущих разработку новой техники и технологий, а также верификация выбранных решений через оценку их результативности на различных этапах реализации;

— научно-производственная кластеризация с участием крупных компаний, научных организаций, предприятий малого и среднего бизнеса;

— сотрудничество научных учреждений с малым и средним высокотехнологичным бизнесом в рамках технопарков, вузовских и академических лабораторий и опытных производств;

— подготовка производственных кадров для данных отраслей, в том числе в рамках совместно разработанных образовательных программ и целевых заданий.

3. Развитие и расширение общеэкономических мер поддержки (налоговых режимов, стимулирующих субсидий), способствующих внедрению отечественных инноваций в промышленность. В настоящее время в России внедрены действенные, но точечные меры поддержки в отношении отдельных производств и организацион-

ных форм хозяйствования. Так, начиная с 2023 г. действуют правила поддержки участников промышленных кластеров, позволяющие возмещать из бюджета до 50 % расходов на приобретение стартовых партий комплектующих, выпущенных другими участниками кластера. Кроме того, для участников кластеров, заключивших СПИК, снижена ставка по страховым взносам (Щурина, 2023).

Очевидно, что данная политика нуждается в расширении как инструментов воздействия, так объектов приложения данных мер с целью максимально широкого охвата производственно-технологических цепочек по разработке и внедрению высокотехнологичной продукции, способной заместить импорт.

4. Цифровизация промышленного производства за счет внутренних возможностей.

Современные условия промышленной деятельности требуют внедрения в производство широкого спектра цифровых технологий:

а) на этапе проектирования: системы автоматизированного проектирования (САПР) и VR / AR-технологии для проектирования и виртуальной сборки;

б) в производственном процессе: аддитивные технологии (3D-печать деталей и готовых изделий), промышленный интернет вещей для удаленного контроля и управления производственным процессом в автоматизированном режиме, промышленная сенсорика и роботизация производства и др.

Кроме того, идет внедрение цифровых платформ, цифровых двойников и PLM-технологий для управления жизненным циклом изделия на разных этапах, от проектирования до сборки и обслуживания (Дубровина, 2021; Кобзев & Бабакин, 2023).

Таким образом, цифровизация затрагивает все этапы промышленной деятельности и требует соответствующих комплексных решений.

Проблема заключается в том, что основные программные и технологические решения и продукты наша страна на протяжении последних лет в основном заимствовала за рубежом — в еще большей степени, нежели продукция машиностроения и станкостроения. Так, по данным Минпромторга РФ, в 2023 г. доля российского программного обеспечения в общем объеме используемых в стране систем САПР не превышает 3 %.

В настоящее время в России действует целый комплекс мер по поддержке ИТ-отрасли, включая налоговые льготы, гранты из Российского фонда развития информационных технологий и Фонда содействия инновациям, предоставление субсидированных кредитов

через уполномоченные банки и др. Тем не менее цифровых решений для промышленности в нашей стране производится явно недостаточно; кроме того, механизм их практического внедрения не отработан. В условиях внешнеэкономических санкций и ограничения доступа нашей страны к мировым рынкам высоких технологий эта проблема напрямую угрожает экономической безопасности страны.

В связи с этим необходима комплексная работа по обеспечению, прежде всего, высокотехнологичных отраслей промышленности (машиностроения и станкостроения) отечественными цифровыми решениями:

- оценка потребностей промышленных компаний и предприятий в конкретных цифровых технологиях;

- анализ возможностей отечественных производителей ПО в плане удовлетворения существующего и потенциального спроса и замены импорта;

- налаживание взаимодействия между производителями цифровых технологий и промышленным комплексом при поддержке и курировании со стороны государства.

В новых условиях, вероятно, потребуется коррекция государственной политики в сфере финансовой поддержки компаний с целью концентрации ресурсов государства, в первую очередь, на финансировании тех цифровых разработок, которые являются критически важными для развития промышленности и обеспечения технологического суверенитета.

В настоящее время, с учетом внешнеполитических и внешнеэкономических условий, обеспечение технологического суверенитета страны требует принятия экстренных мер с целью не только фактического замещения многих ранее импортировавшихся элементов промышленного рынка, но и обеспечения поступательного научно-технического развития и обновления промышленного комплекса за счет внутренних возможностей. Этих целей возможно достичь за счет налаживания многоплановой кооперации государства, науки и бизнеса.

Список источников

Geiger, S., Finch, J. (2009). Industrial sales people as market actors *Industrial Marketing Management*, 38(6), 608–617. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2009.04.003>

Rich, M. K. (1999). Business market management: Understanding, creating, and delivering value. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 14(3), 76–80. <https://doi.org/10.1108/jbim.1999.14.3.76.1>.

Ахматова, Н. Д., Дегтярева, Д. Н. Особенности маркетинговых исследований на рынке товаров промышленного назначения (2012). *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 2(34–1). 162–166.

Дубровина, Н. А. Инновационные технологии в машиностроении (2021). Вестник Самарского университета. *Экономика и управление*, 12(1). 108–115. DOI: 10.18287/2542-0461-2021-12-1-108-115

Кобзев, В. В., Бабкин, А. В., Скоробогатов, А. С. (2022). Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях новой реальности (2022) *π-Econoty*, 15(5). 7–27. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15501>

Корепанов, Е. Н. Импортотависимость и импортотавмещение в машиностроении (2022) *Вестник Института экономики Российской академии наук*, 5. 66–76. DOI: 10.52180/2073-6487_2022_5_66_76

Сафиуллин, М. Р., Ельшин, Л. А. (2023). Санкционное давление на экономику России: пути преодоления издержек и выгоды конфронтации в рамках импортотавмещения. *Финансы: теория и практика*, 27(1). 150–161. DOI: 10.26794/2587-5671-2023-27-1-150-161

Симонин, П. В., Литвин, И. Ю., Череповская, Н. А., Кузьмина, А. А. (2023). Машиностроительная промышленность: стратегические приоритеты развития в условиях санкций. *Уголь*, 2. 65–71. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-2-65-71>

Соломенникова, Е. А. (2020). Цифровизация машиностроительных и станкостроительных производств — основа повышения конкурентоспособности высокотехнологичного бизнеса. *Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество*, 3–1. 551–554.

Сухарев, О. С. (2023). Государственное управление импортотавмещением: преодоление ограничений. *Управленец*, 14(1). 33–46. DOI: 10.29141/2218-5003-2023-14-1-3

Татаркин, А. И., Романова, О. А. (2012). Промышленная политика: теоретические основы, практика реализации. *Региональная экономика: теория и практика*, 6. 19–23.

Тюрин, А. Е., Потрепалова, Е. В. (2016). Особенности функционирования рынка товаров производственного назначения. Российская экономика в условиях современного кризиса. В: *Сборник материалов научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей и научных работников: 20-летию высшей школы экономики КНИТУ посвящается*. Казань: Редакционно-исследовательский центр «Школа», 162–166.

Хлобыст, А. А. (2007). Особенности прогнозирования спроса на рынке продукции промышленного назначения. *Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена*. 9(29). 118–122.

Щурина, С. В. (2023). Индустриальная политика России в условиях структурной трансформации экономики в 2023 году и в среднесрочной перспективе. *Экономика. Налоги. Право*, 16(1). 118–128. DOI: 10.26794/1999-849X-2023-16-1-118-128

Ярошевич, Н. Ю. (2021). Промышленный рынок: семантическое позиционирование и содержательный фундамент. *Journal of New Economy*, 21(4). 156.-172. DOI: 10.29141/2658-5081-2021-22-4-9

Ярошевич, Н. Ю. (2019). Модель структурирования промышленного рынка машиностроения. *Journal of New Economy*, 20(3). 101–115. DOI: 10.29141/2658-5081-2019-20-3-7

Иванченко Алексей Викторович — кандидат исторических наук, старший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0000-0001-6927-1501> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; ival1972@mail.ru).

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Цель исследования — показать возможности масштабирования рынка производственных услуг через формы сотрудничества предприятий в области цифровой трансформации бизнес-процессов. Актуальность статьи подтверждается тотальным трендом на цифровизацию в РФ, который охватывает широкий спектр секторов. При этом на рынке производственных высокотехнологичных услуг в РФ все еще преобладают традиционные бизнес-модели. Анализ мирового рынка показал, что уже сформировались лидеры рынка производственных маркетплейсов и продолжающиеся темпы их роста подчеркивают востребованность данных бизнес-архитектур. Исследование существующих цифровых площадок показало существенные проблемы переноса бизнес-модели в сектор промышленных услуг в РФ. Барьерами выступают юридические, бюрократические причины, отсутствие явных алгоритмов экономических процессов и сложности мониторинга. Выявлены основные типы востребованных услуг производственного характера, структура участников, формы и схемы взаимодействия. Финансовые показатели промышленных предприятий, осуществляющих деятельность классическими методами, неизбежно будут испытывать все большее давление со стороны передовых высокотехнологичных производств, интегрированных в архитектуру цифровых услуг. Цифровая конфигурация бизнес-моделей предприятий, осуществляющих трансформацию, адаптируется под цикличность загрузки производства, и в результате открываются новые конкурентные возможности. Цифровая платформа — инструмент масштабирования бизнеса и аллокации ограниченных ресурсов.

Ключевые слова: оборонно-промышленный комплекс, аддитивные технологии, кастомизация, эффекты масштабирования, цифровые платформы

Введение

В условиях высокой динамики научно-технического прогресса, неопределенности экономических и геополитических изменений, ужесточения конкурентной среды на мировых рынках вооружений приоритетной задачей предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) становится обеспечение их устойчивой конкурентоспособности на основе цифровой трансформации производства.

Акцент на усиление цифрового вектора формирования конкурентных преимуществ предприятий ОПК нашел отражение в важнейших государственных стратегических материалах, в том числе в национальной программе «Цифровая экономика РФ»¹, государственной программе «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», Стратегии развития аддитивных технологий в РФ на период до 2030 года. Актуализация конкурентоспособного развития предприятий ОПК на базе аддитивных технологий как научной проблемы обусловлена необходимостью своевременной адаптации промышленной политики и сложившихся бизнес-моделей к закономерностям Индустрии 4.0, перехода на новые технологические уклады. Цифровая трансформация предприятий ОПК позволяет существенно усилить их роль как своеобразного локомотива разработки, межотраслевой, межрегиональной и межстрановой диффузии аддитивных технологий и услуг. Однако решение проблемы опережающего развития цифрового наукоемкого потенциала предприятий сдерживается в силу ряда причин, в частности разрозненности компетенций в области управления цифровой трансформацией, обеспечивающих устойчивое развитие сложившихся промышленных кластеров, недостаточного уровня масштабирования аддитивных технологий не соответствующим рыночной конъюнктуре, запаздывания подготовки высококвалифицированных специалистов и рабочих кадров, отставания процессов цифровой и сервисной кастомизации бизнес-моделей аддитивного производства и управления, а также масштабов формирования отечественной линейки 3D принтеров в структуре эксплуатационного парка оборудования.

Сложившиеся негативные тенденции возможно преодолеть только на основе повышения качества внутрикорпоративного и стратегического управления конкурентоспособным развитием цифрового потенциала аддитивной индустрии, формирования организационно-экономического механизма его поддержки, отвечающего требованиям современных технологических, политических, экономических, институциональных и экологических реалий. В условиях ухода с российского рынка крупных международных компаний, продвигающих свои информационные разработки, задачи опережающего развития и обеспечения технологической независимости в сфере индустрии информационных технологий, платформенных цифровых экосистем находятся в фокусе особого внимания

¹ Национальная Программа Цифровая экономика Российской Федерации. <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/> (дата обращения: 26.10.2023).

промышленной политики, экономической науки и практики. Образование целых цифровых экосистем позволяет компаниям более эффективно использовать массив данных, обеспечивая конкурентное преимущество на рынке и открывая новые или дополнительные направления роста (Лукиянченко, 2021).

Однако, несмотря на возрастающую научную публикационную активность по исследуемой проблеме, многие ее теоретические и методологические аспекты остаются недостаточно исследованными. В частности, требуют дальнейшего развития методология системного исследования цифровой трансформации предприятий ОПК, разработка методического инструментария повышения уровня кастомизации услуг аддитивного производства, развития отношений государственно-частного партнерства в создании, масштабировании цифровых платформ, их дальнейшей интеллектуализации (Титов & Титова, 2022).

Целью статьи является представить основания для разработки проекта модели цифровой платформы индустрии аддитивных технологий предприятий ОПК как фактора их конкурентоспособного развития. Для достижения поставленной цели в исследовании решаются следующие задачи:

- обобщить эволюцию научных взглядов на экосистемный подход к исследованию цифровой трансформации высокотехнологичных промышленных предприятий;

- уточнить эффекты и конкурентные преимущества цифровизации и сервисизации аддитивных технологий на основе создания цифровых платформ и цифровых экосистем;

- предложить проект модели цифровой платформы аддитивного производства предприятия АО «ОКБ «Новатор», входящего в состав АО «Концерн ВКО „Алмаз-Антей”».

Материалы и методы

Теоретической базой системного исследования цифровой трансформации высокотехнологичных промышленных предприятий явились научные труды В.В. Акбердиной, Е.Г. Анимицы, С.Д. Бодрунова, С.Ю. Глазьева, Н.В. Городновой, В.Ж. Дубровского, Г.Б. Клейнера, И.Н. Корабейникова, С.В. Ореховой, А.Е. Плахина, Е.В. Попова, О.А. Романовой, Я.П. Силина, Ю.В. Симачева, А.И. Татаркина, О.И. Тимофеевой и др.

Большой вклад в исследование особенностей развития цифровой трансформации промышленных предприятий ОПК, оценку эффектов цифровизации и сервисизации аддитивных технологий внесли

научные труды А.В. Бабкина, А. Боровкова, Ю.В. Гусева, С.И. Довгучица, В.В. Еремина, И.В. Ершовой, С.В. Илькевича, Р.С. Кислова, С.В. Кортова, С.А. Титова, Н.В. Титовой, Е.В. Поповой и др.

Вопросы конкурентоспособного развития предприятий ОПК, организационно-экономического механизма государственной поддержки их устойчивого развития нашли отражение в трудах С.В. Чемезова, А.В. Золотарева, Г.А. Лавринова, С.В. Друзина, В.В. Пименова, А.Г. Подольского, А.С. Славянова и др.

В России и в мире сложился тренд по устойчивому внедрению цифровых технологий в экономику. Положительные изменения экономических показателей предприятий, осуществляющих работы по цифровизации, подтверждают актуальность проведения цифровой трансформации для качественных изменений в различных сферах экономики страны. В частности, цифровые торговые платформы обеспечивают снижение транзакционных издержек за счет масштабирования операций для предприятий и физических лиц, привлекают новых клиентов за счет сетевого эффекта (Дворянкин, 2021). Именно пользователи платформы являются главной ценностью, от них зависит масштаб сетевых эффектов. Отсюда формируются важность привлечения и удержания участников, их лояльность к цифровой платформе становится одной из первостепенных задач (Коваленко, 2020). Непрерывность бизнес-процесса создает условия для качественного улучшения взаимодействия клиентов, сотрудников, партнеров в используемых цифровых технологиях, формируя рост сетевых эффектов (Квинт и др., 2022). Таким образом, цифровые платформы обеспечивают обширные сетевые логистические сервисы, вовлекая в цифровую кооперацию новые хозяйствующие субъекты, и, в результате, количественно расширяется структура экономики. В данном случае речь идет о сетевых сервисах, которые уже начали существенный передел традиционных бизнес-процессов сферы продаж товаров, услуг. Активное внедрение цифровых платформ таких компаний, как Microsoft, Google, Amazon, Alibaba, указывает на потенциальную ценность данных структур, повышающих эффективность цепочек поставок продукции и услуг (Гелисханов и др., 2018; Месропян, 2018).

Указом Президента РФ от 09.05.2017 г. №203 цифровой экономике дается следующая трактовка: «Цифровая экономика — это хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа, которые по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить

эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг»¹. Зарубежные авторы приводят следующие определения: «Это путь к внедрению цифровых технологий и бизнес-моделей для повышения производительности в количественном выражении»², «Использование технологий для радикального повышения производительности или доступности ресурсов для предприятия». Определения указывают на потенциал от внедрения цифровых технологий в структуру бизнеса. Согласно анализу Boston Consulting Group (Easley, 2012), лидерами внедрения цифровых решений являются банковский и розничный сектор экономики, комплексное преобразование данных отраслей коррелирует со значительными финансовыми показателями роста.

Формируется тренд на переход от внутренних цифровых решений в образование экосистем вокруг банков, телекоммуникаций, ритейла. В РФ яркими примерами гигантских цифровых экосистем являются «Яндекс» и «Сбер». Цифровая экосистема — это клиентоцентричная бизнес-модель, объединяющая две и более группы продуктов, услуг, информации для удовлетворения конечных потребностей клиентов (Магретта & Портер, 2013).

Промышленные предприятия, которые раньше всех интегрируются в цифровую экономику, обеспечат себя ключевыми инструментами для продвижения товаров, услуг в больших масштабах, что неизбежно повысит доход и конкурентоспособность. При этом стоит отметить, что в секторе машиностроения цифровизация затрагивает в основном изменения во внутренней деятельности, и отсутствует ориентирование на цифровую внешнюю среду. При этом упускаются колоссальные возможности конкурентных преимуществ на новой базе. Цель данной статьи — представить возможности цифровой трансформации внешней среды и показать архитектуру платформы, выводящей кооперацию «производитель — заказчик» на новый уровень. Цифровая платформа — информационная система, объединяющая значимое количество независимых участников, в рамках которой формируется новая бизнес-модель, позволяющая сократить транзакционные издержки и ускорить взаимодействие между участниками (Орлова и др., 2021; Сердюков, 2021).

¹ О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы. Указ Президента РФ от 09.05.2017 г. №203. <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102431687> (дата обращения 25.01.2024).

² Vlast.kz Аналитический отчет BCG. Банке Барт. <http://vlast.kz/corporation/24539-cifrovizacia-biznesa.html>

Проект модели цифровой платформы аддитивного производства

Анализ мирового рынка цифровых решений в части производственных услуг выявил две наиболее крупные цифровые площадки, работающие на рынках США, Мексики, Европейского союза, Индии, Китая: HUBS (<https://www.3dhubs.com>), Xometry (<https://www.xometry.com>). Доходы Xometry в 2014 г. составили 800 тыс. долл. США, в 2019 г. уже 80 млн долл. США, а в 2020 г. 141 млн долл. США. В качестве заказчиков данных платформ выступают предприятия авиакосмической и военной промышленности, крупные машиностроительные и автомобилестроительные концерны, средние и мелкие предприятия.

Ограничениями выступали юридические и бюрократические факторы, отсутствие прозрачных механизмов экономических операций и возможность их мониторинга в РФ. Проблема производства «на заказ» предприятиями оборонно-промышленного комплекса (ОПК) заключается в специфических особенностях: высокие накладные расходы, ограничения на раскрытие информации о составе оборудования и загрузке мощностей. Как следствие, это снижает конкурентоспособность при диверсификации производства ОПК в секторе услуг. Предлагаемая бизнес-модель дает экономический эффект, связанный с устранением дисбаланса доступности аддитивных технологий на основе развития услуг цифрового кооперационно-сетевого взаимодействия заинтересованных организаций. При этом имеется потенциал эволюционного роста платформы до уровня экосистемы. Применение цифровых платформ предполагает поиск решений возникающих рисков, свойственных данным системам, которые необходимо учитывать в бизнес-моделях (Федоров и др., 2021; Зуева, 2018).

Анкетирование ведущих промышленных предприятий ОПК Свердловской области позволило выявить ключевые потребности и сформировать перечень необходимых решений, чтобы адаптировать цифровой промышленный маркетплейс под целевой сегмент в РФ, и то, какие ожидаемые ценные ресурсы приобретаются в результате интеграции цифрового предложения в деятельность отечественных компаний. Производственная платформа как инструмент цифровой трансформации является революционным преобразованием кооперации «заказчик — изготовитель», является своего рода трансформацией организационно-производственной модели бизнеса.

Ожидания цифрового заказчика от компаний состоят в том, что требуемое будет исполнено качественно и в срок, минуя сложные закупочные процедуры, логистику размещений производства.

Предприятия, способные адаптироваться под условия цифровой трансформации бизнеса, получают инструменты, позволяющие выполнить требования и увеличить пул клиентов. Таким образом, представленный проект цифровой платформы под условным наименованием «MaaSTER» должен обеспечивать исполнение вышеуказанных запросов со стороны заказчиков. Определены границы бизнеса-проекта на стадии концепции, а также требования к участникам проекта, ключевые функции, выполняемые участниками, основной функционал платформы.

Целевой замысел предлагаемой цифровой платформы направлен на решение следующих задач:

- увеличение степени использования производственных ресурсов (станков, машин, технологического оборудования);
- сокращение логистических издержек через локализацию производства;
- сокращение транзакционных издержек (сбор и поиск информации об исполнителях, ведение переговоров, заключение контрактов и контроль их исполнения);
- ускорение развития цепочек снабжения;
- рост гибкости и эффективности всей производственной системы в целом;
- демпфирование эффектов рецессий и колебаний цен;
- эффективное использование научно-исследовательских ресурсов;
- формирование цифровой экосистемы для обеспечения технологического и производственного суверенитета, обеспечения участия предприятий ОПК в диверсификации своих производственных ресурсов;
- вовлечение существующих и содействие созданию новых ресурсов для оказания производственных услуг и развития кооперации.

На первом этапе развертывания кооперации предлагается сосредоточить усилия на целевом сегменте ОПК в рамках бизнес-модели цифровой платформы по предоставлению аддитивного производства как услуги (*Manufacturing-as-a-Service* — *MaaS*).

Общий замысел бизнес-модели платформы производственного маркетплейса приведен на рисунке 1.

Платформа поддерживает реализацию следующих услуг:

- 1) производство разных типов;
- 2) создание конструкторской документации;
- 3) исследования (научные, лабораторные, инструментальные, прочие);

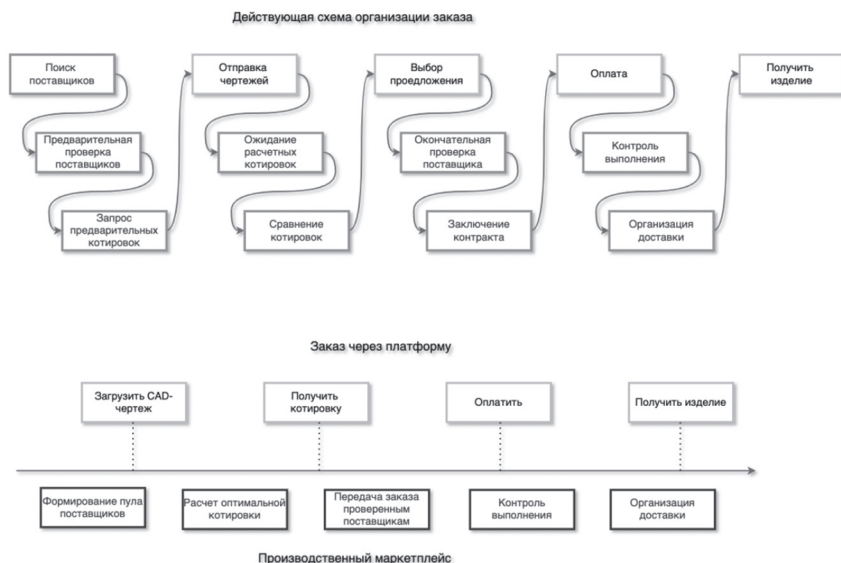


Рис. 1. Схема бизнес-процессов традиционного и цифрового заказа
(источник: создано автором)

4) сопутствующую логистику, включая заготовительные операции (подготовку производства) (в перспективе);

5) финансовые услуги для проведения расчетов между участниками платформы.

Платформа поддерживает следующие типы производства:

- 1) 3D-печать;
- 2) обработка на станках ЧПУ;
- 3) гибка листового металла;
- 4) штамповка;
- 5) литье;
- 6) обработка поверхности (нанесение покрытий);
- 7) сборка (в расширенной версии для отдельной категории производств).

Участники платформы:

- 1) исполнители — поставщики производственных и смежных услуг, предприятия, выполняющие на своем оборудовании заказ;
- 2) заказчики — предприятия, размещающие заказ на производство деталей;
- 3) оператор платформы — предприятие, управляющее деятельностью платформы;

4) владелец платформы — одно или несколько лиц, имеющих юридические права собственности на платформу и ее активы.

Ключевые функции участников:

1. Исполнители:

— регистрируются на платформе, принимая публичную оферту, заключая соглашение о принятии обязательств, которые устанавливает платформа;

— предоставляют информацию о производственных ресурсах (типы производства, оборудование, квалификация производственного персонала, наличие системы менеджмента качества и системы технического контроля качества, компетенции, режимы работы и проч.), информацию о наличии лицензий в области авиации, сертификаты на производство;

— представляют результаты тестового производства на экспертизу;

— подключаются к платформе;

— получают заказы от платформы, акцептуют их, согласуют исключительные ситуации;

— обеспечивают конфиденциальность;

— несут юридическую и материальную ответственность в рамках выполнения условий договора с платформой;

— информируют о ходе производства и отгрузки;

— получают оплату;

— несут ответственность по гарантии.

2. Заказчики:

— размещают предварительный заказ (запрос коммерческого предложения) и получают котировку (предложение по цене);

— размещают заказ (оферту), получают гарантии, вносят оплату (при необходимости авансируют);

— соглашаются на передачу информации о заказе третьим лицам;

— несут юридическую и материальную ответственность за выполнение условий договора с платформой;

— получают информацию о статусе заказа;

— принимают выполненный заказ;

— дают оценку качеству работы.

3. Оператор платформы:

— проводит оценку кандидата в поставщики;

— регистрирует поставщика на платформе;

— обеспечивает расчет котировки, прием и распределение заказа;

— принимает заказ (акцептуют) от заказчика, передают заказ (оферту) исполнителю на интернет-сайте, при необходимости

оформляет договор на бумажном носителе (в электронной форме) после принятия оферты;

— контролирует статус заказа, организует решение исключительных ситуаций;

— несет «зеркальную» юридическую и материальную ответственность за выполнение условий договора с заказчиком и исполнителем;

— организует доставку выполненного заказа от своего имени;

— принимает оплату от заказчика;

— проводит оплату поставщику по факту производства;

— развивает сервисы цифровой платформы.

Кроме того, исполнитель должен соответствовать следующим требованиям: обладать свободными производственными ресурсами, соответствующими профилю платформы; для взаимодействия с платформой исполнитель предоставляет оперативную информацию о загрузке производственных ресурсов и наличии материалов, присоединяется к соглашениям о методике ценообразования, приемке и передаче заказа и проверке качества исполнения, конфиденциальности.

Исполнитель характеризуется уровнем интероперабельности, позволяющим оценивать соответствие требованиям платформы (рис. 2).

Логистический оператор обеспечивает доставку изделий заказчику, а также материалов, заготовок исполнителю (в перспективе). Для взаимодействия с платформой логистическая компания долж-

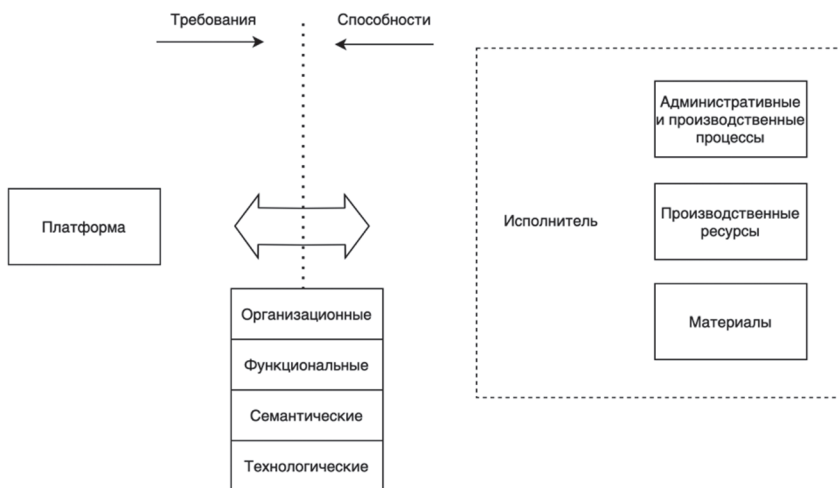


Рис. 2. Схема процессов «платформа — исполнитель»
(источник: создано автором)

на обеспечить экспедирование груза и предоставление его статусов (рис. 3).

Потребительские сегменты платформы:

1. Средние и малые предприятия — требуется быстрое изготовление детали в единственном или ограниченном количестве. Есть простой чертеж или CAD-модель.

2. Физические лица — требуется быстрое изготовление детали в единственном или ограниченном количестве. Есть простой чертеж или CAD-модель.

3. Крупные предприятия — требуется быстрое изготовление детали в единственном или ограниченном количестве. Есть простой чертеж или CAD-модель. Предприятие готово к взаимодействию без сложных корпоративных процедур согласования и проведения конкурсов на размещение заказа на производство. Или, в исключительных случаях, готово на заключение взаимоотношений на согласованных с платформой условиях.

Ключевые функции деятельности производственной платформы приведены на рисунке 4.

Формирование пула исполнителей. Целью является достижение уровня производственных ресурсов, достаточного для обработки потока заказов с гарантией по срокам и качеству. Исполнитель соглашается с методикой ценообразования, порядком приема-передачи заказа, процедурой проверки качества выполнения работ, условиями конфиденциальности.

Требуется организационное, функциональное, семантическое и технологическое выравнивание взаимодействий с заказчиками для обеспечения уровня интероперабельности, задаваемой платформой.

Исполнители с недостаточным уровнем должны быть обучены и снабжены необходимым сервисом для обеспечения возможности

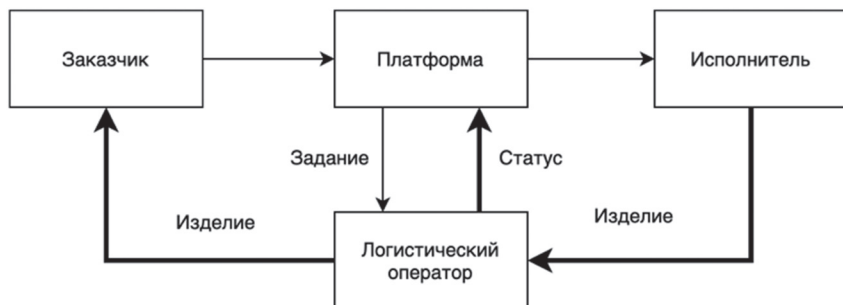


Рис. 3. Схема процессов «платформа — логистический оператор»
(источник: создано автором)

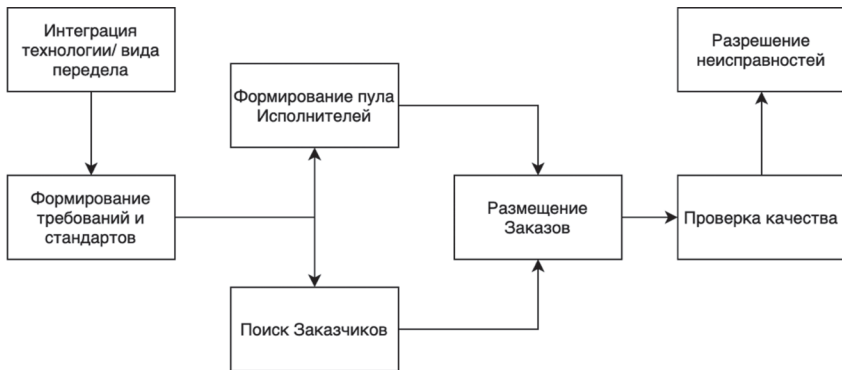


Рис. 4. Функциональная схема деятельности платформы
(источник: создано автором)

принимать заказы и информировать о статусе ресурсов и исполнения.

Исполнители с собственными корпоративными регламентами и принципами должны быть способны к быстрым и простым взаимодействиям для обеспечения возможности принимать заказы и информировать о статусе ресурсов и исполнения (Щербаков, 2019).

Поиск заказчиков. Целью является формирование растущего потока заказов на производство. У исполнителя появляется возможность без сложных процедур согласования получить предложения по цене и сроку исполнения и разместить заказ на производство, отслеживать его статус, удостовериться в качестве выполнения заказа, при этом выполнить, при необходимости, требование отбора заказчика на конкурсной основе, которое, по умолчанию, обеспечивает платформа, проводя внутренние регламентированные процедуры выбора исполнителя.

Заказчик ценит простоту и высокую скорость взаимодействий и отклика, гарантированный уровень качества, релевантный требованиям технического задания, приемлемую цену и срок исполнения. Со своей стороны, заказчик не обременяет процесс внутрикорпоративными согласованиями и требованиями, лежащими за пределами возможностей платформы.

Размещение заказов. Целью является сведение потока заказов с текущими возможностями исполнителей в рамках ценовой политики платформы.

Размещение заказа требует четкого понимания технических требований к его выполнению, сроков, возможности обеспечения

качества. Необходимо обладать информацией о наличии свободных ресурсов и материалов со стороны пула исполнителей.

Задачей является расчет вариантов размещения заказа с учетом методики ценообразования, она решается с применением технологий искусственного интеллекта (ИИ).

Формирование требований и стандартов. Целью является формирование набора требований, необходимых и достаточных для однозначного понимания потребностей заказчика, донесения их до исполнителя.

Нужно сформировать золотую середину между примитивными «бытовыми» требованиями и сложными отраслевыми и корпоративными стандартами и регламентами, позволяющими формировать поток заказов, отсекая выходящие за рамки требований.

Контроль качества. Целью является снятие рисков по передаче некачественно выполненного заказа исполнителю. Система проверки качества может реализовываться централизованно в определенной логистической точке (точках), либо на местах с использованием специальных систем удаленной диагностики качества.

В перспективе для сокращения затрат от централизованной проверки целесообразно отказаться. Решением должны стать добровольная проверка или сертификация по внутренним стандартам платформы и гарантия качества изготовителем, позволяющие ему удерживать высокий рейтинг на платформе и получать заказы.

Разрешение неисправностей. Целью является решение критически важных (финансовых, репутационных) проблем при выполнении заказа. Требуется выделение бюджета и определение триггерных параметров для начала работы по неисправности.

Интеграция технологии / вида передела. Целью является обеспечение роста потока заказов через расширение линейки используемых технологий и переделов, применяемых материалов, комплексирование и композицию работ и сервисов.

Требуется проработка технологических и организационных вопросов, «пилотирование» технологии с лояльными заказчиками и исполнителями.

Взаиморасчеты. Для обеспечения доверия заказчиков и исполнителей в сфере взаиморасчетов предлагается использовать механизм смарт-контрактов на базе блокчейна.

Цифровая платформа — основная точка контакта с заказчиками и исполнителями. Платформа должна обеспечивать быструю котировку, простоту передачи и получения заказа, отслеживание

его статуса, предоставление сопутствующих сервисов. Платформа должна обеспечивать требования российских регуляторов.

Задача персонала платформы — обеспечить сглаживание исключительных ситуаций и компенсировать отсутствие алгоритмируемых взаимодействий на платформе. Возможными точками приложения усилий будут согласование технических требований, калькуляция цены, размещение заказа. По мере развития платформы эти функции в значительной степени должны быть автоматизированы, а работа человека будет необходима только при исключительных ситуациях (неисправностях).

Ценностные предложения для заказчика — быстрое ценовое предложение и простота совершения сделки. Одним из решающих факторов для принятия решения о размещении заказа на платформе является возможность быстрого получения ценового предложения. Предложение может быть дифференцированным по показателю «скорость / цена» при обеспечении требуемого качества. Необходимо стремиться к сокращению времени расчета цены (Гребенкин, 2016; Хайдеггер, 2011). Это достигается совершенствованием методики ценообразования, повышением качества экспертизы (опыта и знаний по калькуляции подобных заказов), возможностью гарантировать принятие заказа на исполнение. В алгоритм работы платформы закладывается эффект сокращения срока расчета цены за счет системы ИИ, обученной на большой совокупности знаний о заказах и ценах.

Минимизируются затраты заказчика на организацию размещения и контроль исполнения заказа. Заказчик ценит возможность передачи непроизводительных процессов на платформу, ведущих к сокращению транзакционных затрат, таких как поиск исполнителя, переговоры, оформление отношений, обеспечение безопасности, выполнения условий договора (сроков, качества) и т. д. Также это позволяет ему сосредоточиться на основной деятельности.

Вместе с тем, предлагаемое ценовое предложение может оказаться выше того, которое заказчик может получить самостоятельно на рынке, при существующем уровне транзакционных издержек и низкой скорости получения предложений. Вероятность возникновения такой ситуации во взаимодействии с заказчиком как потребителем услуг, особенно в сфере крупных и средних предприятий, возможна в силу специфики интересов сложившегося за много лет круга исполнителей с высоким уровнем доверительных отношений.

Снижение рисков исполнения заказа. Заказчик ценит снятие с себя рисков, связанных с неудовлетворительным исполнением заказа. Пул исполнителей, находящихся в рейтинговой конкуренции

на платформе, снижает риск неисполнения или ненадлежащего качества выполнения заказа.

Альтернативность и доступность новых технологий производства. Заказчик ценит возможность выбора из нескольких технологий при заказе на производство, а также возможность получения опыта применения новых технологий или видов передела, наличие высококвалифицированных консультантов и экспертов, привлекаемых платформой, а также сервисов в рамках уже понятной и опробованной им модели взаимодействия через платформу.

Ценность для исполнителей — обнуление затрат на поиск и согласование заказа. Исполнитель ценит возможность передачи непроизводительных процессов на платформу, ведущих к сокращению коммерческих и транзакционных затрат. Также это позволяет ему сосредоточиться на производственной деятельности.

Основные аспекты, указывающие на важность развития предлагаемой концепции цифровой платформы, приведены на рисунке 5.

Разработан методический подход формирования и развития цифровой платформы аддитивного производства и развития инновационной инфраструктуры предприятия ОПК, в соответствии с которым выполнена трансформация традиционных подходов функционирования высокотехнологичных предприятий ОПК на уникальное структурное построение — экспорт свободных от оборонного заказа производственных мощностей предприятий к цифровой платформе:

— изменение узкой специализации предприятия ОПК на непрофильные, но высокорентабельные виды бизнеса;

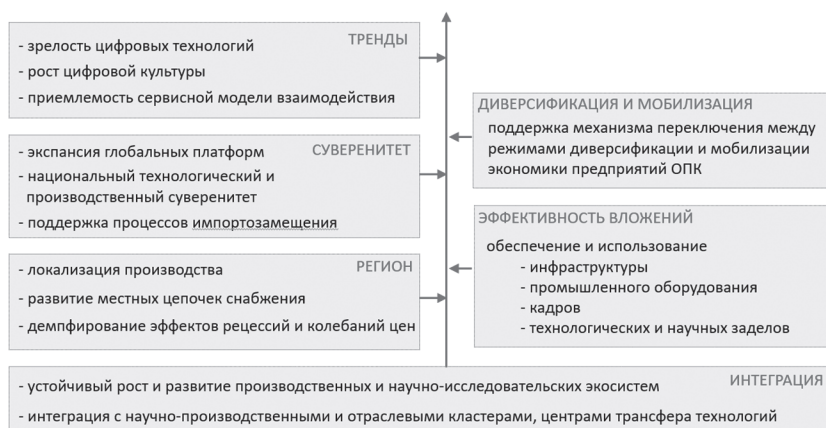


Рис. 5. Факторы интеграции платформы MaaSTER в бизнес-процессы аддитивного предприятий (источник: создано автором)

— создание уникальной концепции цифровой экосистемы, включающей различные виды технологического передела (традиционных и прогрессивных инноваций) и совокупность передовых методов учета затрат, обеспечивающих конкурентоспособное развитие предприятий ОПК за счет эффекта экономии от масштаба производства;

— сформулированы основные направления развития инновационной стратегии организации ОПК, в которой, в отличие от традиционной, происходит ориентация на цифровые производственные процессы и экспорт выявляемых резервов на цифровую площадку, что обеспечивает возможности для роста эффективности производства ОПК и выполнение задачи конверсии.

Предложенная цифровая площадка в рамках единой информационной среды обеспечивает взаимовыгодные взаимодействия между значимым количеством независимых участников экономики (производителями, потребителями, собственниками платформы, ее менеджерами и т. д.) за счет снижения транзакционных издержек, взаимодействия между ними путем применения цифровых технологий работы с данными, изменения разделения труда, установления новых правил взаимодействия.

Выводы

Проект цифровой платформы «МааSTER» ориентирован на помощь производителям и заказчикам для эффективного использования возможностей цифровых решений и сервисизации производства в сфере аддитивной индустрии: изготовления деталей по требованиям заказчика из различных материалов с применением современных высокотехнологичных методов обработки материалов, управления ресурсами и информацией. Критически важной особенностью функционирования цифровой платформы, влияющей на финансовые показатели, является практически мгновенный расчет цены заказа, срока поставки после ввода технической информации (3D-модель). Потребителями услуг являются юридические и физические лица, заинтересованные в быстром и качественном выполнении заказа на изготовление единичных образцов или небольших партий деталей и изделий. Заказчик загружает на платформу чертежи или 3D-модель, выбирает дополнительные требования к исполнению заказа и получает информацию о цене и сроке изготовления. Остается только оплатить заказ, после чего организуется исполнение заказа, контроль качества и доставка в согласованный с заказчиком срок. Поставщиками услуг являются

юридические и физические лица, владеющие производственными мощностями, компетенциями и иными ресурсами, необходимыми для изготовления изделий (деталей).

Цифровая платформа вносит новый кастомизированный способ взаимодействия потребителей и поставщиков услуг аддитивного производства в рамках изготовления широкого диапазона специфических деталей и компонентов.

Платформа убирает барьеры, ограничивающие вход в экосистему аддитивного производства крупных корпораций. Эффективность взаимодействия достигается за счет большой сети партнеров — поставщиков услуг, а также за счет собственных процессов и информационных технологий платформы. Учитывая экспоненциальный рост количества участников цифровых платформ (ритейл сферы), можно с уверенностью сказать о востребованности применения цифровых бизнес-моделей в будущем. Финансовые показатели промышленных предприятий, работающих по традиционным подходам, неизбежно будут испытывать все большее давление со стороны передовых производств, интегрированных в цифровую среду. Цифровая конфигурация бизнес-моделей предприятий адаптируется под цикличность загрузки производства и в результате открываются новые конкурентные возможности. Платформа — проводник к глобальным производственным мощностям.

Список источников

Гелисханов, И. З., Юдина Т. Н., Бабкин А. В. (2018). Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития. *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*, 6, 22–36.

Гребенкин А. В. (2016). Влияние фактора времени на изменение экономических систем: обзор теоретических воззрений и постановка новых гипотез. *Журнал экономической теории*, 4, 224–233. doi: 10.12737/article_5c92016be32837.67261757

Дворянкин, О. А. (2021). Борьба за информационные (цифровые) платформы в интернете. *Национальная ассоциация ученых*, 2 (66), 25–33.

Цифровая экономика: информационные технологии и модели. Под науч. ред. Н. В. Апаатовой. Симферополь: ИП Зуева Т. В. 2018. 306.

Коваленко, А. И. (2014). Сетевой эффект как признак доминирующего положения цифровых платформ. *Современная конкуренция*, 14, 1(77), 18–37.

Квинт, В. Л., Бабкин, А. В., Шкарупета, Е. В. (2022). Стратегия формирования платформенной операционной модели для повышения уровня цифровой зрелости промышленных систем. *Экономика промышленности*, 15(3). 249–261. doi: 10.17073/2072-1633-2022-3-249-261.

Лукьянченко, Е. Л. Преимущества использования цифровой платформы в рамках экосистемы. В: *Проблемы развития современного общества : сборник научных статей 6-й Всероссийской национальной научно-практической конференции, Курск, 22 января 2021 г.* Т. 1. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. 243–246.

Магретта, Дж. (2013). *М. Портер. Ключевые идеи*. Москва: Манн, Иванов и Фербер, 272.

Месропян, В. Р. *Цифровые платформы — новая рыночная власть*. https://www.econ.msu.ru/science/News.20180417134253_6961/ (дата обращения 25.01.2024). <https://www.econ.msu.ru/sys/raw.php?o=46781&p=attachment>

Орлова, В. А., Фролов, М. В., Мартынов, Д. М. (2021). *Цифровая экономика. Цифровые платформы повышают связность регионов*. ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. <https://issek.hse.ru/news/799503676.html> (дата обращения 25.01.2024).

Сердюков, Р. Д. (2021). Роль и место цифровых платформ в развитии промышленных предприятий: экосистемный подход. *Естественно-гуманитарные исследования*, 37(5). 249–255.

Титов, С. А., Титова, Н. В. (2022). Оценка экономических эффектов от кастомизации продукции российских промышленных предприятий. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 13, 26–37. doi: 10.17747/2618-947X-2022-1-26-36

Федоров А. А., Либерман, И. В., Корягин, С. И., Ключек, П. М. (2021) Технология проектирования нейро-цифровых экосистем для реализации концепции Индустрия 5.0. *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 14(3), 19–39. doi: 10.18721/JE.14302.

Хайдеггер, М. (2018). *Бытие и время*. Москва: Академический проект, 2011.

Щербаков, А. Г. (2019). *Развитие организационно-экономического механизма функционирования высокотехнологичных предприятий при внедрении цифровых технологий: на примере предприятий оборонно-промышленного комплекса России*: автореф. дис. ... канд. экон. н. Москва, 26.

Easley, D., López de Prado, M., O'Hara, M., (2012). The Volume Clock: Insights into the High-Frequency Paradigm. *Journal of Portfolio Management*. 39(1), 19–29.

Койтов Станислав Анатольевич — доктор технических наук, аспирант, АНО ДПО «НОЦ ВКО «Алмаз-Антей»; <https://orcid.org/0000-0001-6042-142X> (Российская Федерация, 121471, г. Москва, улица Вереysкая, дом 41, строение 2, главный химик, АО «ОКБ «Новатор»», Российская Федерация, 620091, г. Екатеринбург, проспект Космонавтов 18; koitov@inbox.ru).

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ И ИНСТРУМЕНТЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ В НОВЫХ ГЕОПОЛИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. В статье раскрывается тема реализации промышленной политики как инструмента цифровой трансформации промышленности. Тема является актуальной в связи с нарастанием тенденций внедрения цифровых технологий в реальный сектор экономики. А новые геополитические условия могут нести ряд вызовов и угроз при дальнейшей реализации этого технологического тренда. Раскрыты признаки современной экономико-технологической и геополитической реальности. Рассмотрены ключевые мировые технологические тренды, основные риски и вызовы их реализации. Установлено, что основным сдерживающим фактором развития цифровых технологий является недостаток квалифицированных кадров. Выделен период становления цифровизации промышленности в качестве приоритета промышленной политики, а также показаны инструменты, которые способствуют ее достижению в России. Среди таких инструментов особо важными являются Государственная информационная система, которая является коммуникационной и информационной цифровой платформой, «Сервис импортозамещения 2.0», а также платформа цифровых решений «эффективность.рф». В статье показаны динамика программ кредитования Фонда развития промышленности и период действия программы «Цифровизация промышленности» (2019–2021 гг.). Сделан вывод, что цифровизация промышленности должна оставаться одним из важнейших приоритетов промышленной политики, поскольку именно цифровизация является одним из первостепенных средств достижения технологического суверенитета. Необходима независимость прежде всего в таких сферах, как цифровые платформы, серверы, программное обеспечение и роботизация.

Ключевые слова: цифровая трансформация, технологический суверенитет, импортозамещение, инструменты промышленной политики

Введение

Новые технологические факторы меняют сложившиеся традиционные отношения в промышленных системах различных уровней. С одной стороны, внедрение передовых производственных технологий, в том числе цифровых технологий, создает ряд эконо-

мических преимуществ и выгод для промышленных предприятий и общества в целом, с другой стороны, повсеместное их развитие порождает определенные риски.

Важно учитывать многоаспектность влияния цифровых технологий на общество и экономику. С одной стороны, они влияют на структуру потребностей, которая порождает спрос на новые товары и услуги, с другой — меняют способы и характер производства, что трансформирует систему производственных отношений как в секторе b2b, так и в секторе b2c.

Промышленность — это основополагающая отрасль экономики России, развитие которой тесно сопряжено с наукой и торговлей и их институциональной средой.

Новая экономико-технологическая и геополитическая реальность сегодня характеризуется следующими тенденциями:

- ускорение появления новых технологических трендов;
- конвергенция технологий и кроссиндустриализация;
- возрастание значимости цифровых платформ;
- новая геополитическая реальность (ограничение импорта товаров, оборудования, технологий, санкционные войны);
- повышение значимости ESG-факторов;
- усиление роли человека в производственных процессах.

Одной из определяющих тенденций промышленного роста в настоящее время является глобализация, которая стала реально осуществимой благодаря развитию сетевых компаний, обеспечивающих моментальную связь между хозяйствующими субъектами и странами (Акбердина, 2018; Романова & Пономарева 2023). Повышается роль информационных технологий в промышленности, для которых характерны высокая скорость развития и проникновение во все процессы, низкие предельные издержки. В условиях инновационной экономики технологии становятся определяющими элементами структуры экономики, факторами вертикальной интеграции производства, инвестициями в производственный процесс, влияют на производительность труда и занятость населения.

Трансформация промышленности — это перманентно динамический процесс, во время которого сменяются действующие технологические уклады в промышленном секторе (Вертакова & Положенцева, 2021). В нее включена целая система взаимосотносящихся процессов, результатом которых является смена совокупности технологий преобладающих в производстве. Несомненно, что на сегодняшний день главным фактором смены технологических укладов является глобальный тренд развития цифровой эко-

номики (Доржиева, 2023). Формирование единого цифрового пространства способствует развитию сетевых взаимодействий, а также трансформирует процессы взаимоотношений между участниками цепочки по созданию добавленной стоимости.

Исследования Всемирного экономического форума показывают, что в ближайшем будущем не останется такой экономической и социальной сферы, которую не трансформируют цифровые технологии. Вывод исследований показывает, что наибольший эффект от использования цифровых технологий получит экономика, в которой будут «не только хорошо развиты, с позиции цифровизации, традиционные производства и сфера услуг, но, прежде всего, будут сформированы кооперационные связи между ними»¹.

Новые модели управления промышленными предприятиями характеризуются инновационностью и социальной ответственностью менеджмента, отношением к человеку как к ключевому неисчерпаемому ресурсу, широким распространением информационных и коммуникационных технологий. Еще одной тенденцией экономического роста является изменение структуры промышленности в сторону роста доли обрабатывающих, в т. ч. высокотехнологичных, производств.

Помимо цифровизации промышленности сегодня на развитие промышленности влияет ряд мировых технологических трендов (табл.).

Данные тренды формируют новую технологическую реальность и трансформируют промышленные и социальные системы. Основной сдерживающий фактор развития этих технологий — это недостаток квалифицированных кадров. Одновременно с их развитием возрастает потребность в регулировании, создании правового поля и обеспечения безопасности. Также многие решения из отмеченных имеют долгосрочную окупаемость вложений.

В настоящее время трансформация экономики и промышленности определяется успехом научно-технического прогресса в различных областях знаний, это не только информационные технологии, но и биотехнологии, нано- и микроэлектроника, робототехника и др. (Smirnova & Ponomareva, 2022). Важно отметить, что технологии не развиваются изолированно. Конвергенция технологий приводит к взаимоусилению их эффективности и расширяет

¹ Перспективы Индустрии 4.0 и цифровизации промышленности в России и мире. http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/perspektivy-industrii-40-i-tsifrovizatsii-promyshlennosti-v-rossii-i-mire-20180312123158 (дата обращения: 15.06.2021).

Таблица

**Мировые технологические тренды и особенности их внедрения
в реальном секторе¹**

Технологический тренд	Технологии	Особенности и условия успешного внедрения
Прикладной искусственный интеллект	Технологии машинного обучения, компьютерного зрения, NLP	Необходимость обеспечения кибербезопасности и конфиденциальности данных; учет этических вопросов использования данных
Разработка программно-го обеспечения нового поколения	<i>low-code, no-code</i> платформы, инструменты генеративного ИИ	Риски некорректного написания кода ИИ при отсутствии проверки его человеком; нехватка квалифицированных специалистов; частое отсутствие технических возможностей для обеспечения функционирования такого ПО
Технологии доверия и цифровая идентичность	технологии <i>zero-trust architecture</i> (дизайн безопасности, основывающийся на изначальной уязвимости систем компании)	Управление рисками при работе с информацией и построение доверительных отношений между компаниями и пользователями; высокая потребность в специалистах и наличия навыков работы в рамках рискоориентированного подхода
Облачные и граничные вычисления	Интернет вещей, локализация границ обработки и хранения данных, Operator, network	Использование множества центров передачи и обработки данных, которые ускорят их доставку конечному пользователю; соблюдение регионального законодательства в области хранения данных и их конфиденциальности
Новая мобильность будущего	Технологии автономного вождения, <i>connected-vehicle technologies</i> , технологии электрификации, решения совместного использования транспортных средств, инновации в использовании материалов, извлечение выгоды из декарбонизации	Повышает актуальность обеспечения безопасности и правовых вопросов о распределении ответственности; значимость государства при развитии инфраструктуры

Окончание табл. на след. стр.

Технологический тренд	Технологии	Особенности и условия успешного внедрения
Электрификация и возобновляемые источники энергии	Технологии накопления и использования ветровой, солнечной и гидроэнергии	Необходим контроль экологической нагрузки при внедрении новых технологий; содействие государства в развитии инфраструктуры
Климатические технологии	включены захват углекислого газа, утилизация, естественные решения климатических вопросов, альтернативные протеины и агропромышленные химикаты, поддержание биоразнообразия и прочие технологии	Сохранение баланса охраны природы и технологического прогресса; содействие государства при возращении издержек при использовании природосберегающих технологий
Продвинутое соединение	оптоволоконные сети, low-power, wide-area networks, Wi-Fi 6 и 7, Wi-Fi следующего поколения, сотовую связь 5G, 6G, высокочастотные платформы радиосвязи, околоземные спутники связи	Внедрение технологий продвинутого соединения требует зрелой инфраструктуры сферы, в которой эти технологии применяются (к примеру, гейминг и промышленные вертикали)
Машинное обучение	технологии управления данными, разработка и имплементация моделей	Потребность производственных процессов в моделях, обрабатывающих большие объемы информации; ускоренные темпы развития требуют отсутствия привязки компаний к поставщику услуг в области машинного обучения
Концепция Web3	Технологии децентрализованного хранения данных и свободного обмена криптовалютами на технологиях блокчейна, «умных» контрактах (smart contracts), цифровых активах и токенах	Предоставление возможностей создания новых бизнес-моделей с участием децентрализованных автономных организаций (DAO); риски бюрократизации со стороны государственных структур; возможность способствовать повышению энергоэффективности и безопасности вычислительных систем

¹ Теленков Р. Обзор технологических трендов McKinsey Digital. Июль, 2023. <https://files.data-economy.ru/Docs/McKinsey.pdf>

сферу их применения. Формирование кросс-связей между отраслями и использование предприятиями передовых технологий оказывает влияние на изменение структуры не только промышленности, но всей экономической системы.

Реалии сегодняшнего дня осложняют процессы технологического обмена российских предприятий с рядом стран. В результате санкций российский рынок программного обеспечения покинуло более 200 поставщиков, которые представляли около 2000 программных продуктов¹ (Баев, 2023). Кроме того, существующие процессы цифровизации промышленности, в частности используемое программное обеспечение, имеют определенную зависимость от импорта. Такие осложненные условия хозяйствования предопределяют необходимость ускоренного импортозамещения не столько выпуска потребительских товаров, сколько создания новой независимой цифровой инфраструктуры. Анализ импортозамещения зарубежных ПО и решений в 2022 г. показал, что замена иностранных на отечественные разработки в производственной сфере — более сложная задача, чем в других отраслях (из-за ее специфики). Главным фактором, усложняющим ускоренный переход (замену) с иностранного ПО на отечественные разработки, является их несовместимость с иностранными аналогами² (Симачев & Федютина и др. 2022).

С начала 2016 г. в российском Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных зарегистрировано более 20 тыс. программ (рис. 1). Сегодня в наибольшей степени внедрены цифровые технологии и имеют безопасные эффективные аналоги зарубежного программного обеспечения такие отрасли, как финансовый сектор, сектор государственных услуг, во многом сфера образования (Абдрахманова & Васильковский, 2022). Естественно, что разработка российского программного обеспечения для реального сектора экономики, прежде всего для промышленности, — это важнейшая задача, которая требует времени и инвестиций. Но кроме этого для разработки нового софта необходимо понимать, какие процессы и задачи подлежат цифровизации.

¹ Баев Р. (2023). Импортозамещение по полной. Спрос на отечественный софт вырос в 10 раз. *Ведомости*. https://www.vedomosti.ru/imports substitution/new_technologies/articles/2023/03/14/966325-importozameschenie-po-polnoi (дата обращения: 20.03.2023).

² *Промышленность: итоги цифровизации в 2022 году и прогнозы*. Автономная некоммерческая организация «Цифровая экономика». <https://cdo2day.ru/analytics/promyshlennost-itogi-cifrovizacii-v-2022-godu-i-prognozy/> (дата обращения: 20.03.2023).

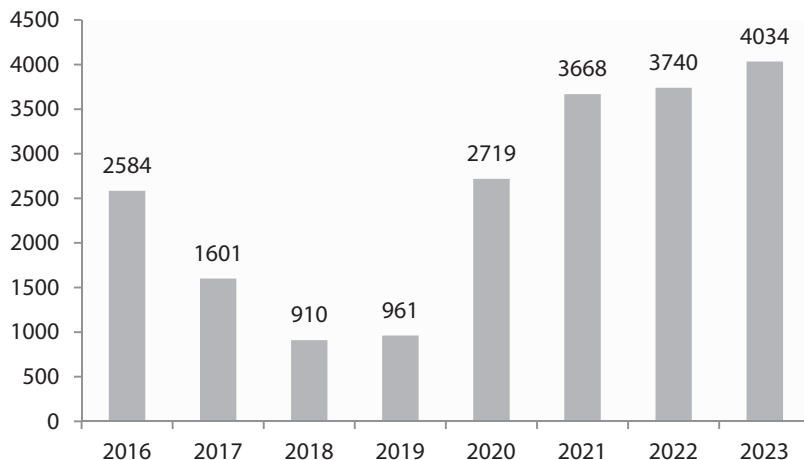


Рис. 1. Динамика регистрации российского программного обеспечения (источник: Реестр программного обеспечения. <https://reestr.digital.gov.ru/reestr/>)

Основная роль промышленной политики в условиях кризисов и ограничений — это трансформация структуры промышленности. Системная реализация мер промышленной политики осуществляется в соответствии с законом «О промышленной политике в РФ». В процессах цифровизации промышленная политика играет немаловажную роль, поскольку требуется как инвестиционные меры поддержки, так и создание новых институциональных и рамочных инструментов (Погодина & Абдикеев, 2018; Симачев и др., 2022; Ленчук, 2020).

Традиционные (характерные для периода 2010–2014 гг.) приоритеты развития промышленности — это повышение конкурентоспособности, обновление основных фондов, технологическая модернизация и расширение применения автоматизированных систем управления и контроля технологических процессов (Романова & Пономарева, 2020). Приоритеты промышленной политики, начиная с 2014 г., — это устойчивое развитие промышленности, импортозамещение, повышение экспортного потенциала, а с 2022 г. — обеспечение технологического суверенитета.

Новые приоритеты для эффективной структуры промышленности — развитие отраслей средств производства (фондообразующих отраслей), реализация крупных системообразующих проектов (например, беспилотный транспорт, авиа- и судостроение гражданского назначения).

Приоритет цифровой трансформации впервые официально обозначен принятием Стратегии развития информационного обще-

ства в Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 7 февраля 2008 г. (№ Пр212). В 2017 г. были утверждены Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы, а также Национальная программа «Цифровая экономика», которая реализуется с 2018 г.¹

При реализации этой программы значительные сдвиги в области цифровизации отраслей коснулись, в первую очередь, сфер государственного управления и финансового сервиса.

Механизм промышленной политики сегодня все больше использует цифровые инструменты и в настоящее время включает не только финансовые инструменты (такие, как система льгот, льготных кредитов, субсидий, госзаказов и др.), но и информационную поддержку, например, консультационные центры «Мой бизнес», которые функционируют в каждом субъекте РФ². Они призваны стать путеводителем по антикризисной государственной поддержке МСП. Порталы «Мой бизнес» содержат актуальные новости о мерах господдержки и мероприятиях от центров «Мой бизнес», а также инструкции, подборки советов и сервисов горячих линий для консультаций.

Государственная информационная система промышленности является основным инструментом осуществления промышленной политики не только федерального, но и регионального уровня. На сервисе ГИСП предприятия могут подобрать меры государственно поддержки. Навигатор мер поможет сориентироваться в мерах в соответствии с проблемами предприятия и его территориальным расположением. Осуществляемые Минпромторгом меры носят не только финансовый, но также институциональный и информационный характер. Новый ресурс ГИСП, получивший название «Сервис импортозамещения 2.0», позволяет сориентироваться в многообразии промышленной продукции России, выбрать поставщиков, партнеров, найти покупателей. Данный сервис направлен на решение проблем подбора аналогов, а также закупки оригинальных российских товаров и зарубежной промышленной продукции под заказ.

В связи с лавинообразным увеличением спроса на отдельные виды российской промышленной продукции, разрывом связей

¹ Цифровая экономика РФ. https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/?utm_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f-photos108806

² Национальный проект «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы». https://www.economy.gov.ru/material/directions/nacionalnyy_proekt_maloe_i_srednee_predprinimatelstvo_i_podderzhka_individualnoy_predprinimatelskoy_iniciativy/

с многими иностранными контрагентами и возникшей в связи с этим необходимостью налаживать альтернативные цепочки поставок Минпромторг России совместно с ЭТП ГПБ и Isource создали цифровую платформу «Сервис импортозамещения 2.0», с помощью которой облегчается поиск поставщиков из России и из-за рубежа, а также есть возможность размещения своих предложения о поставке. Заказчики смогут публиковать запросы на приобретение товаров, а поставщики — направлять свои ценовые предложения и аналоги без дополнительных затрат, согласований и посредников¹.

Несмотря остроту проблем импортозамещения, в промышленности России сохраняется тенденция ее цифровой трансформации. Этот приоритет сохранен в стратегических документах развития отрасли. Несмотря на то, что программа фонда развития промышленности «Цифровизация промышленности», направленная на повышение уровня автоматизации и цифровизации промышленных предприятий, в настоящее время остановлена, сегодня налажена организационная и информационная помощь для предприятий, которые хотят внедрять в работу цифровые решения.

Предприятия, зарегистрированные в ГИСП и являющиеся участниками национального проекта «Производительность труда», могут получить комплексную поддержку на всех стадиях реализации ИТ-проектов: начиная с формирования стратегии цифровизации предприятия и заканчивая внедрением и эксплуатацией отдельных ИТ-систем. Такая возможность у предприятий появилась благодаря созданию платформы цифровых решений «Эффективность.РФ»². Услугой этой платформы, которая позиционируется разработчиками как экосистема, уже воспользовались 1853 предприятия. Платформа помогает определить предприятиям их цифровую зрелость, разработать общий план цифровизации, грамотно подобрать программные продукты и меры государственной поддержки, составить план внедрения и обучения. Эксперты бесплатно помогают на всех указанных этапах. Осуществляет такую поддержку автономная некоммерческая организация «Цифровые технологии производительности». Платформа учреждена в рамках национального проекта «Производительность труда» при поддержке Минпромторга, Минэкономразвития, Минцифры, Федерального центра компетенций, Национального центра информатизации.

¹ Сервис импортозамещения 2.0. <https://gisp.gov.ru/import-substitution/>

² Эффективность.рф — официальный партнер ГИСП. <https://xn--b1afjhrvgvdf1a9hb.xn--p1ai/news/1940256>

2017	2018	2019	2020	2021	2022
Проекты развития Лизинговые проекты Станкостроение Комплекующие изделия Конверсия Проекты консорциумов	Проекты развития Лизинговые проекты Станкостроение Комплекующие изделия Конверсия Цифровизация Промышленности Маркировка лекарств Повышение про- изводительности труда	Проекты развития Лизинговые проекты Станкостроение Конверсия Комплекующие изделия Приоритетные проекты Маркировка лекарств Производитель- ность труда Цифровизация промышленности	Проекты развития Противоэпидеми- ческие проекты Конверсия Комплекующие изделия Лизинговые проекты Станкостроение Приоритетные проекты Маркировка ле- карств Производитель- ность труда Цифровизация промышленности	Проекты развития Противоэпидеми- ческие проекты Конверсия Комплекующие изделия Лизинговые проекты Станкостроение Приоритетные проекты Маркировка лекарств Производитель- ность труда Мобилизация Экология Транспортное машиностроение Автокомпоненты Компонентная ресурсная база	Проекты развития Противоэпидеми- ческие проекты Комплекующие изделия Лизинговые проекты Станкостроение Приоритетные проекты Маркировка лекарств Производитель- ность труда Мобилизация Экология Транспортное машиностроение Автокомпоненты Компонентная ресурсная база
Объем финансирования в год					
21,7 млрд руб.	27,6 млрд руб.	34,5 млрд руб.	60,9 млрд руб.	51,8 млрд руб.	140,1 млрд руб.
Количество региональных фондов					
42 РФРП	55 РФРП	61 РФРП	69 РФРП	71 РФРП	71 РФРП

Рис. 2. Динамика направлений (программ) льготного кредитования Фонда развития промышленности (источник: со-
ставлено автором по данным годовых отчетов Фонда развития промышленности <https://frprf.ru/o-fonde/>)

На рисунке 2 представлена динамика приоритетов промышленной политики на примере программ Фонда развития промышленности. Данные рисунка показывают появление программы Цифровизация промышленности в 2018 г. и временную ее приостановку в 2022 г.

Несмотря на значительное число проектов, направленных на цифровизацию промышленных производств в рамках отмеченной выше программы «Цифровизация промышленности» ФРП, существует немало других механизмов цифровой трансформации.

Однако нельзя не отметить значительное сокращение финансирования многих национальных проектов в 2023 г. Проект «Цифровая экономика» в 2023 г. показал наибольшее уменьшение финансирования из федерального бюджета до 57 млрд руб. (на 30 %), в 2024 г. будет на 11 % ниже, а на 2025 г. объем планируемых расходов составит чуть больше 25 % от лимитов 2023 г. Проект завершится в 2025 г., и на смену данному проекту разрабатывается новый национальный проект «Экономика данных», рассчитанный на период до 2030 г., который планируется к утверждению до 1 июля 2024 г.¹. Однако бюджет федерального проекта «Развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли» в 2023 г. планировалось увеличить почти на 225 %, до 10,9 млрд руб. в сравнении с бюджетом 2022 г., и на 347 % в 2024 г. — до 16,88 млрд руб.

Выводы

Новые реалии, связанные с трансформацией технологической структуры промышленности и жестких условий внешней торговли, усилением протекционизма в стратегиях многих стран, актуализируют роль промышленной политики как инструмента не только поддержки текущего состояния промышленности, а главным образом — как инструмента формирования долгосрочных стратегических приоритетов развития промышленности и ее эффективной структуры. В связи с этим представляется целесообразной разработка комплексной промышленной политики с четким выделением приоритетов на текущем и долгосрочном этапах развития промышленности. Исследователи отмечают достаточно частую смену приоритетов промышленной политики. Сегодня главной целью осуществления всех мер и действий промышленной политики провозглашен технологический суверенитет. Цифровизация является

¹ Финансирование национального проекта «Цифровая экономика». <https://www.tadviser.ru>

первостепенным средством его достижения. Для его достижения, прежде всего, необходима оценка степени независимости технологической отрасли — собственные цифровые платформы, серверы, ПО, роботы и т. д.

Необходимы разграничения мер тактики и стратегии промышленной политики, в том числе в достижении целей цифровизации промышленности. Для решения структурных проблем промышленности необходим системный подход и планирование всех возможных последствий принимаемых решений. Проблемы реализации стратегических приоритетов развития промышленности, достойного импортозамещения и достижения технологического суверенитета страны не могут быть решены без особого внимания к системным проблемам кадров и НИОКР.

Благодарность

Статья подготовлена в соответствии с государственным заданием для ФГБУН Института экономики УрО РАН на 2021–2023 гг.

Список источников

Smirnova, O., Ponomareva, A. (2022). Structural effects of the introduction of cross-industrial advanced manufacturing technologies: experience of the European Union. *Lecture Notes in Information Systems and Organisation*, 54. 149–161. DOI: 10.1007/978-3-030-94617-3_12

Абдрахманова, Г. И., Васильковский, С. А., Вишневский, К. О., Гохберг, Л. М. (2023). *Индикаторы цифровой экономики: 2022: статистический сборник*. Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». Москва: НИУ ВШЭ. 332.

Акбердина, В. В. (2018). Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики. *Известия Уральского государственного экономического университета*, 19, 3. 82–99.

Вертакова, Ю. В., Положенцева, Ю. С., Масленникова В. В. (2021). Трансформация промышленности в условиях цифровизации: тренды и особенности реализации. *Экономика и управление*. 27(7). 491–503

Дементьев, В. Е. (2022). Перспективы России при цифровом доминировании Китая и США. *Проблемы прогнозирования*, 4(193). 6–17.

Доржиева, В. В (2023) Цифровая трансформация промышленности и промышленная политика в условиях внешних ограничений. *Вопросы инновационной экономики*, 13(2). 637–648. doi: 10.18334/vines. 13.2.117692

Ленчук, Е. Б. (2020). *Формирование цифровой экономики в России: вызовы, перспективы, риски*. Санкт-Петербург: Алетейя. 320.

Осипов, Ю. М., Юдина, Т. М., Гелисханов, И. З. (2018). Цифровая платформа как институт эпохи технологического прорыва. *Экономические стратегии*. 5. 22–29

Песков, Д. (2022) Условия технологического суверенитета. *Экономист*. 6. 30–32

Погодина, Т. В., Абдикеев, Н.М. (2018). Особенности реализации промышленной политики в условиях цифровизации экономики России. *Научные труды Вольного экономического общества России*, 211(3), 210–228.

Романова, О. А., Пономарева, А. О. (2020). Многовекторная промышленная политика России в условиях формирования нового индустриального ландшафта. *Журнал экономической теории*, 2. 276–291.

Романова, О. А., Пономарева, А. О. (2023). Тактика и стратегия развития региональных промышленных комплексов в новейших геополитических условиях. *Региональная экономика: теория и практика*. 21.4(511). 604–634. Doi: 10.24891/re.21.4.604

Симачев, Ю. В., Федюнина, А. А., Кузык, М. Г. (2022). *Новые контуры промышленной политики*. Докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества. Москва: Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». 73.

Пономарева Алена Олеговна — младший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0000-0003-0525-7115> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; ponomareva.ao@uies.ru).

СОЦИАЛЬНЫЕ ЦЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 5.0

Аннотация. *Статья посвящена исследованию проблемы трансформации социальных ценностей в условиях Индустрии 5.0. Целью статьи является изучение предпосылок изменения социальных ценностей в обществе под влиянием цифровых технологий в сфере промышленного производства, генерирования социальных эффектов цифровизации платформ в промышленности. В основу исследования положены методы контент-анализа научных текстов, экономической компаративистики, логических сопоставлений. Рассмотрена актуальность перехода к Индустрии 5.0 как киберсоциальной системе и экономике метасистемных трансформаций на фоне противоречивых взаимосвязей между социальными потребностями представителей профессиональных групп в промышленности и уровнем технологического развития. Подчеркнуто, что развитие Индустрии 5.0 требует больших затрат, поскольку для повышения производительности и эффективности необходимы умные машины и высококвалифицированные сотрудники. Приведены основные направления регулирования социальных ценностей в обеспечении управляемости киберсоциальных процессов, повышающих качество жизни людей, на основе использования цифровых технологий при реализации как профессиональных, так и личностных мотивов деятельности.*

Ключевые слова: Индустрия 5.0, цифровая экономика, социальные ценности

В настоящее время ученые активно обсуждают переход к концепции Индустрии 5.0 как киберсоциальной системе и экономике метасистемных трансформаций (Babkin et al., 2021). Индустрия 5.0 считается иным типом промышленной революции, «ориентированной на человека и устойчивость» (Xu et al., 2021), когда «люди и машины работают вместе, повышая эффективность промышленного производства» (Ordieres-Mere et al., 2023).

Одним из факторов устойчивости исследователи считают уровень цифровизации. Технологически развитые компании, использующие новейшие цифровые технологии в своем производственном процессе, могут лучше противостоять конкуренции и сокращению штатов (Potemkin, 2022). Поэтому современная промышленная по-

литика должна поддерживать развитие цифровизации и внедрение всех типов инноваций¹.

В современных условиях социальные потребности (необходимость профессионального признания, востребованность в профессии, профессиональные трудовые отношения и социальная интеграция через процесс труда) представителей профессиональных групп в промышленности также связаны с технологическим развитием.

Социальные ценности в условиях промышленной революции включают не только социальное и личное развитие, но и профессиональное: определяют включенность работников в производственную деятельность предприятий, их участие во взаимодействии с другими работниками предприятия, в сетевом и инновационном сотрудничестве (Ivanov, 2023).

Гуманистические основы и социоцентрический подход, где решающая роль отводится социальным факторам, социальному взаимодействию и сотрудничеству, считаются многими современными учеными приемлемыми для Индустрии 5.0 (Adel, 2022; Alves et al., 2023; Di Nardo, 2021; Nahavandi, 2019; Vollmer, 2018; Xu et al., 2021). Такой подход развивает социальные отношения, стимулирует сотрудничество, обмен идеями и опытом, а также навыки коммуникации и социальной ответственности (рис. 1).

Реализуемая промышленная политика России направлена на поддержку цифровизации производства и внедрения инноваций. Полномасштабная цифровизация промышленности базируется на эффективности внедрения цифровых технологий, зрелости бизнес-процессов и социальной зрелости.

Технологии служат не только промышленному развитию, но и работникам отрасли. В России в промышленных отраслях занято 19,1 % от общего числа работников. Динамика изменений численности занятых свидетельствует о влиянии пандемийных условий и постепенном восстановлении (табл. 1). Но при этом занятых в промышленности по профессиям, связанным с информационно-коммуникационными технологиями (ИКТ), еще мало по сравнению с показателями лидирующих отраслей (информация и связь; финансовая и страховая деятельность; профессиональная научная и техническая деятельность) (рис. 2).

Успешность технологического развития во многом определяется уровнем внедрения инноваций. По мнению отечественных ученых,

¹ Industrial Development Report (2022). The future of industrialization in a post-pandemic world. United Nations Industrial Development Organization, 44. (In Rus).



Рис. 1. Социоцентрический подход в Индустрии 5.0
(источник: Симченко, Цёхла, 2021)

Таблица 1
Динамика численности занятых по отраслям промышленности России,
тыс. чел.

Отрасли промышленности	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Добыча полезных ископаемых	1 579	1 565	1 658	1 651	1 629	1 626
Обрабатывающие производства	10 161	10 253	10 218	10 258	10 019	10 200
Электро- и газо-обеспечение	1 985	1 906	1 924	1 876	1 878	1 830
Всего	13 725	13 724	13 800	13 785	13 526	13 656

Источник: Росстат (Рабочая сила, занятость и безработица в России. 2022. Стат. сб. Росстат. М., 2022. С. 48).

именно условия «развивающихся предприятий на основе новых инновационных технологий» обуславливают «переход большинства работников к более сложному труду и формированию инновационного поведения». Однако проведенная «социальная диагностика отношения работников к нововведениям» в деятельности исследуемых крупных промышленных предприятий показала, что «только чуть более 30 % готовы каким-либо образом рисковать, а 44,5 % рабочих не хочет принимать новый порядок» (Potemkin, 2022).

В промышленности по данным за 2021 г. в целом (по общей численности) трудоустроенных работников на предприятиях, осуществляющих инновационную деятельность, было больше, чем занятых

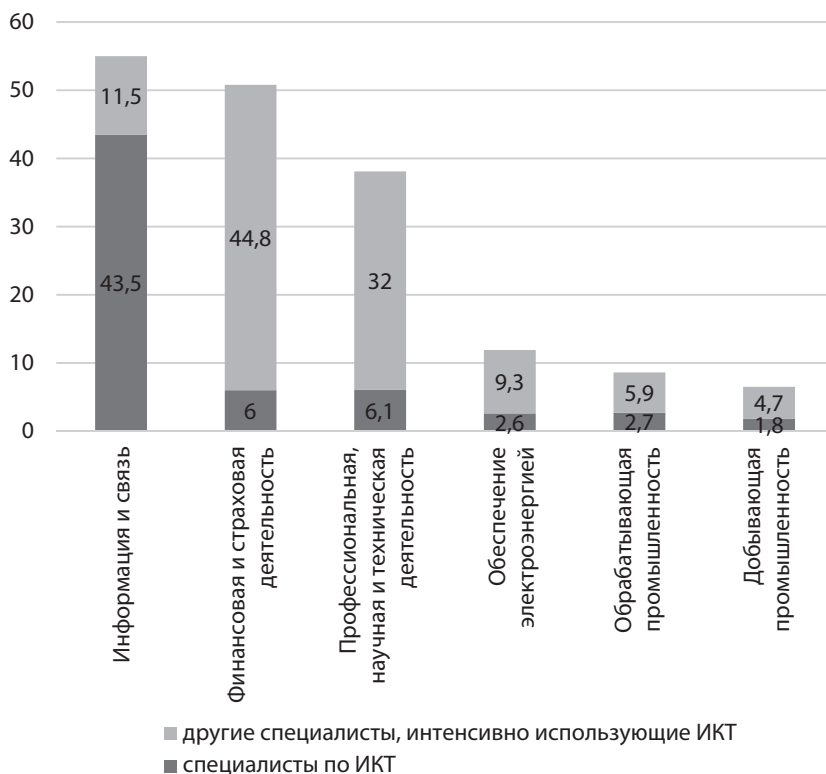


Рис. 2. Занятые в промышленности по профессиям, связанным с ИКТ, % от численности занятых в соответствующей отрасли в 2021 г.
(источник: Abdrakhmanova et al., 2023)

на предприятиях, которые не осуществляют такую деятельность. Но рассмотрение в отраслевом разрезе показывает, что только в обрабатывающих отраслях по численности преобладают работники предприятий, осуществляющих инновационную деятельность, в других отраслях (добывающих, электро- и газообеспечения) ситуация обратная — большинство работает на предприятиях, не осуществляющих инновационную деятельность (табл. 2).

При этом в структуре затрат на инновационную деятельность предприятиями добывающих отраслей только 0,4 % было вложено в обучение и подготовку персонала, 0,2 % — в обрабатывающих отраслях промышленности, 0,3 % — в отраслях электро- и газообеспечения, и это крайне малые значения для формирования профессиональных кадров с современными компетенциями (Власова и др., 2023).

Таблица 2

Сравнение численности работников промышленных предприятий, осуществляющих и не осуществляющих инновационную деятельность в 2021 г.

Отрасли промышленности	Предприятия, осуществлявшие инновационную деятельность		Предприятия, не осуществлявшие инновационную деятельность	
	численность работников, тыс. чел	доля в общей численности, %	численность работников, тыс. чел	доля в общей численности, %
Добыча полезных ископаемых	462,3	11,1	579,7	17,6
Обрабатывающие производства	3202,0	77,2	1942,6	58,9
Электро- и газообеспечение	486,7	11,7	776,6	23,5

Источник: Власова и др., 2023.

Благодаря процессам цифровой трансформации и применения цифровых инструментов в промышленности достигается более высокий уровень организации деятельности, используется кооперация и взаимодействие для повышения результатов производства. Перспективными формами организации цифровых технологий в отраслях промышленности рассматривают цифровую кооперацию и сетевое взаимодействие, в том числе на базе цифровых платформ. В настоящее время, как показывают исследования НИУ ВШЭ, промышленные предприятия, участвующие в совместных проектах по выполнению исследований и разработок, используют различные кооперационные связи. По данным за 2021 г. отраслевые предприятия активно применяли кооперацию в рамках выполняемых проектов (более 90 % предприятий — в электро- и газообеспечении; более 70 % предприятий — в добывающих и обрабатывающих отраслях), постоянную кооперацию (45 % — в добывающих и обрабатывающих отраслях; 11,5 % предприятий — в электро- и газообеспечении) и небольшое количество предприятий (от 1,9 % до 7,4 % в различных отраслях) — неформальную кооперацию (табл. 3).

В промышленности активно развивается взаимная информационная интеграция как на базе частных информационных решений (работа с партнерами, управление поставками), так и с использова-

**Распределение промышленных предприятий
по типам кооперационных связей в 2021 г., %**

Отрасли промышленности	Постоянная кооперация	Кооперация в рамках проекта	Неформальная кооперация
Добыча полезных ископаемых	45,3	71,7	5,7
Обрабатывающие производства	45,7	74,3	7,4
Электро- и газообеспечение	11,5	94,2	1,9

Источник: Власова и др., 2023.

нием государственных информационных систем¹. Промышленные предприятия активно проводят сотрудничество внутри своей бизнес-группы, но внутри предприятия, по мнению исследователей, изучающих крупные промышленные предприятия, «сам процесс взаимодействия работников носит скорее скрытый характер, чем открытый, связанный с управленческими решениями» (Potemkin, 2022).

Социальные эффекты сетевого взаимодействия в промышленности на базе цифровых платформ проявляются в улучшениях по социальному признаку и получаемых социальных результатов (рис. 3).

В России имеются значительные трудовые ресурсы с ключевыми компетенциями в сфере проектирования, моделирования, испытаний, производства и эксплуатации промышленных изделий. Но при новой организации деятельности к работникам промышленных предприятий увеличиваются требования по применению инновационных знаний и цифровых навыков. В промышленности работники продолжают повышать квалификацию и переквалификацию для улучшения результатов труда, возможностей повышения собственных доходов. По имеющимся статистическим данным, за 2020 г. прошли обучение и получили образование 354,9 тыс. (21,7 %) работников предприятий добывающих отраслей промышленности, 1257,6 тыс. (12,6 %) работников обрабатывающих отраслей и 441,9 тыс. (23,5 %) работников электро- и газообеспечения, из них более трети по программам повышения квалификации (табл. 4).

¹ Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года. Утв. распоряжением Правительства РФ от 9 сентября 2023 г. № 2436-р. Портал ГАРАНТ.РУ. 2023. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407545698>



Рис. 3. Социальные эффекты сетевого взаимодействия в промышленности
(источник: Симченко & Цёхла, 2021)

Таблица 4

**Численность работников по отраслям промышленности,
прошедших обучение в 2020 г., тыс. чел.**

Отрасль про- мышленности	Всего, прошли об- учение и получили образование	из них получили дополнительное профессиональное образование		
		всего	из них по программам	
			профессио- нальной пере- подготовки	повышения квалификации
Добыча полез- ных ископаемых	354,9	136,3	23,8	114,6
Обрабатывающие производства	1 257,6	361,3	57,1	309,1
Электро- и газо- обеспечение	441,9	181,5	32,9	152,1

Источник: Росстат.

В отраслях промышленности, как и в других сферах, квалифи-
цированный труд высоко оценивается и обеспечивается высоким
уровнем оплаты. Согласно статистическим данным, за исследуе-
мый период размер заработной платы работников на предприя-
тиях обрабатывающей промышленности почти совпадает со средне-

отраслевым уровнем в стране, а в добывающей промышленности, ИКТ и научной сфере почти в два раза выше среднего уровня.

Создание рабочих мест является одним из ключевых направлений социальной инклюзии, а социально инклюзивная промышленная политика должна быть направлена и на активное привлечение работников неформального сектора, молодежи в производственный сектор¹.

Новая промышленная революция имеет потенциал для расширения профессиональных возможностей и создает возможности для развития личности. В промышленности возникнет потребность в специалистах с современными комбинированными компетенциями, позволяющими проектировать и адаптировать новые продукты, настраивать коммуникации и организовывать совместные процессы производства. Меняются условия профессиональной деятельности и требования к профессиональным навыкам и умениям. Наиболее востребованными, и в промышленности в том числе, стали системное мышление, управление проектами, межатраслевая коммуникация, умение работать в условиях неопределенности, мультиязычность и мультикультурность, экологическое мышление и др. В условиях таких изменений возникают новые профессии и должности.

Таким образом, технический прогресс обеспечивает перспективы развития промышленности, и в этих отраслях сохраняется потребность в высококвалифицированных кадрах. На наш взгляд, следует выделить основные направления регулирования социальных ценностей, обеспечивающих управляемость киберсоциальных процессов в повышении качества жизни людей на основе использования цифровых технологий как при реализации профессиональных, так и личностных мотивов деятельности.

1. Планомерное развитие социально-технологических компетенций на постоянной основе, поскольку при работе с современными машинами и роботами работники должны получить знания о сотрудничестве с производителем интеллектуальных машин и роботов. Помимо необходимых «мягких» навыков, для работников также актуально приобретение технических навыков.

2. Внедрение передовых технологий требует от работников больше времени и усилий. Для развития Индустрии 5.0 необходимо внедрять специализированное программное обеспечение, совмест-

¹ Industrial Development Report (2022). The future of industrialization in a post-pandemic world. United Nations Industrial Development Organization, 44. (In Russ.)

ную робототехнику, искусственный интеллект, информацию в реальном времени и интернет вещей.

3. Инвестирование в передовые технологии обуславливает планирование дополнительных затрат на обучение людей новым профессиям, на модернизацию производственных линий для работы в Индустрии 5.0.

4. Обеспечение безопасности является главной проблемой в укреплении доверия людей к Индустрии 5.0, особенно в экосистемах.

Перспективой дальнейших исследований является изучение методов более высокоэффективного человеко-машинного взаимодействия в обеспечении повышения производительности труда и роста качества жизни в условиях Индустрии 5.0.

Список источников

Абдрахманова, Г. И., Васильковский, С. А., Вишневский, К. О., Гохберг Л. М. (2023). *Индикаторы цифровой экономики: 2022: стат. сборник*. Москва: НИУ ВШЭ, 332.

Adel, A. (2022). Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas. *Journal of Cloud Computing*. Vol. 11, 40. <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00314-5>

Alves, J., Lima, T. M., Gaspar, P. D. (2023). Is Industry 5.0 a Human-Centred Approach? A Systematic Review. *Processes*. 11, 193. <https://www.mdpi.com/2227-9717/11/1/193>

Атлас новых профессий (2015). Агенство стратегических инициатив. Москва: Сколково, 288. https://www.skolkovo.ru/public/media/documents/research/sedec/SKOLKOVO_SEDeC_Atlas_2.0.pdf

Бабкин, А. В., Федоров, А. А., Либерман, И. В., Ключек, П. М. (2021). Индустрия 5.0: концепция, формирование и развитие. *Экономика промышленности*, 4, 375–395. doi: 10.17073/2072-1633-2021-4-375-395

Di Nardo, M., Yu, H. (2021). Special Issue “Industry 5.0: The Prelude to the Sixth Industrial Revolution”. *Appl. Syst. Innov.*, 4, 45.

Gamota, D. (2020). *How COVID-19 Is Driving The Evolution of Industry 5.0*. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/12/28/how-covid-19-is-driving-the-evolution-of-industry-50/?sh=6bb8ed7a2062>

Ivanov, D. (2023). The Industry 5.0 framework: viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives. *International Journal of Production Research*, 61(5). <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2022.2118892>

Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0 — A Human-Centric Solution. *Sustainability*, 11(16), 4371. doi: 10.3390/su11164371

Ordieres-Mere, J., Gutierrez, M., & Villalba-Diez, J. (2023). Toward the industry 5.0 paradigm: Increasing value creation through the robust integration of humans and machines. *Computers in Industry*. 150, 103947. doi: 10.1016/j.compind.2023.103947

Потемкин, В. К. (2022). Социальные оценки процессов взаимодействия между сотрудниками крупных промышленных предприятий. *Телескоп*, 4, 35–43. doi: 10.24412/1994-3776-2022-4-35-43

Симченко, Н. А., Цёхла, С. Ю. (2021). *Цифровые двойники в экономическом развитии промышленности: управление и эффекты*. Симферополь: Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, 174.

Власова, В. В., Гохберг, Л. М., Грачева, Г. А. (2023). *Индикаторы инновационной активности: стат. сборник*. Москва: НИУ ВШЭ, 292.

Vollmer, M. (2018). *What Is Industry 5.0?* <https://medium.com/@marcellvollmer/what-is-industry-5-0-a363041a6f0a>

Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0-Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530–535. doi: 10.1016/j.jmsy.2021.10.006

Симченко Наталия Александровна — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономической теории и истории экономической мысли, Санкт-Петербургский государственный университет; <https://orcid.org/0000-0001-8364-2313> (Российская Федерация, 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: natalysimchenko@yandex.ru).

Цёхла Светлана Юрьевна — доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента предпринимательской деятельности, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского; <https://orcid.org/0000-0001-6485-3019> (Российская Федерация, 295007, г. Симферополь, проспект Вернадского, 4; e-mail: s.tsohla@yandex.ru).

ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВИЗАЦИИ В СТАРОПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ

Аннотация. Актуальность исследования определена тем, что, несмотря на высокий уровень дифференциации в развитии цифровых технологий, особенности цифровой трансформации российских регионов недостаточно освещены в экономической периодике. Целью исследования является изучение индикаторов цифровой экономики и выявление особенностей цифровизации в старопромышленных регионах России. В основу исследования положен научно-методический подход к оценке применения цифровых технологий в регионах России, разработанный учеными Института экономики Уральского отделения РАН. Показано, что старопромышленные регионы различаются достигнутыми значениями индикаторов цифровой экономики, при этом лидерство региона в факторных показателях цифровой экономики является необходимым, но не достаточным условием его лидерства в показателях, характеризующих результаты цифровизации. Аргументировано, что более развитые в технологическом плане старопромышленные регионы лидируют в использовании передовых цифровых технологий. Показано, что существенные региональные различия в показателях цифровизации свидетельствуют о рисках «цифрового неравенства». Обоснована необходимость и определены основные направления дифференцированной региональной политики федерального Центра в сфере цифровой экономики, учитывающей особенности цифровизации в различных типах старопромышленных регионов России.

Ключевые слова: старопромышленный регион, цифровизация, региональная политика федерального Центра

Введение

Сегодня для Российской Федерации лидерство в процессах цифровизации является важнейшим источником обеспечения эффективности национальной экономики и улучшения качества жизни населения. Проблема заключается в том, что российские регионы обладают различным потенциалом внедрения цифровой экономики, поэтому развитие цифровых технологий довольно сильно дифференцировано в региональном аспекте. Между тем, именно особенности цифровой трансформации регионов различных типов, на наш взгляд, недостаточно освещены в экономической периодике.

Для современной России исключительно важным является повышение уровня цифровизации индустриальных территорий (Угольников и др., 2021), основной специализацией которых является промышленное производство, в частности, старопромышленных регионов — территорий, на которых сконцентрированы высокоспециализированные отрасли промышленности, замедление экономического развития которой обусловлено противоречием между «традиционной» индустриальной специализацией территории и требованиями нового технологического уклада, осложняющим адаптацию экономики регионов данного типа к изменяющимся условиям внешней среды (Сорокина & Латов, 2018).

Целью исследования является изучение индикаторов цифровой экономики и выявление особенностей цифровизации в старопромышленных регионах России.

В исследовании использован авторский подход (Сорокина, 2013) к выделению и классификации старопромышленных регионов, в логике которого в качестве объекта выбраны старопромышленные регионы двух типов:

— старопромышленные регионы с преобладанием в «отраслевом ядре» среднетехнологичных отраслей низкого уровня (группа 1). К данной группе отнесены территории, где основу региональной экономики составляют традиционные отрасли промышленности, такие как машиностроение, металлообработка, металлургия, производство нефтепродуктов и др. Регионы реализуют потенциал роста региональной экономики в рамках ее индустриального «отраслевого ядра», в частности, путем формирования региональных промышленных комплексов. В обозримой перспективе регионы, относящиеся к данной группе, будут оставаться старопромышленными;

— старопромышленные регионы с преобладанием в «отраслевом ядре» среднетехнологичных отраслей высокого уровня (группа 2). В структуре экономик регионов данной группы, наряду с индустрией, значимое место занимают сервисные отрасли (торговля, ремонт, операции с недвижимым имуществом), добыча полезных ископаемых и сельское хозяйство. Регионы реализуют потенциал расширения состава «отраслевого ядра» путем включения в него высокотехнологичных отраслей и видов деятельности и развития на этой основе импортозамещения. Они имеют хорошие перспективы перехода в группу новопромышленных регионов при условии проведения соответствующей региональной политики федерального Центра.

Исследование посвящено проверке следующих гипотез:

1. Старопромышленные регионы, относящиеся к разным группам, будут различаться в уровнях показателей цифровой экономики.

2. В старопромышленных регионах второй группы будет иметь место преимущество в использовании передовых цифровых технологий (Абдрахманова и др., 2021), прежде всего, таких, как интернет вещей, технологии искусственного интеллекта и информационные системы управления производственными процессами (ERP-системы).

Теоретическая основа исследования

В основу исследования положен подход к оценке применения цифровых технологий в регионах России, разработанный учеными Института экономики Уральского отделения РАН (Коровин, 2023). В логике данного подхода анализ особенностей цифровизации целесообразно осуществлять с использованием таких показателей, как доля внутренних затрат на исследования и разработки в ВРП, удельный вес занятых в секторе ИКТ в общей численности занятых и доля организаций, использующих современные цифровые технологии (по их видам) в общем числе организаций. Методологической основой предложенного подхода является концепция регионального промышленного пути (Martin & Sunley, 2006), в логике которой промышленность региона и вся региональная экономика старопромышленного региона как одного из типов индустриальных (промышленных) территорий зависят от сложившейся отраслевой структуры и «многомерного множества технологических решений, созданных посредством накопления человеческих знаний и существующих в одном информационном поле, включающем в себя экономические отношения и институциональную среду» (Акбердина & Романова, 2021).

Данные и методы

Исследование основано на данных Росстата об индикаторах цифровой экономики в регионах России за 2021 г. Индикаторы цифровой экономики в старопромышленных регионах России представлены в таблице 1. Первые два показателя (доля внутренних затрат на исследования и разработки в валовом региональном продукте и удельный вес занятых в секторе ИКТ в общей численности занятого населения) по своей сути являются факторными, то есть определяющими необходимые условия процесса цифровизации; что же касается доли организаций, использующих различные виды цифровых технологий, то данный показатель характеризует результаты цифровизации, то есть является результирующим.

Таблица 1

Индикаторы цифровой экономики в старопромышленных регионах России, 2021 г.

Регион	Доля внутренних затрат на исследования и разработки, в % к ВРП, 2020 г.	Удельный вес занятых в секторе ИКТ в общей численности занятого населения, %	Удельный вес организаций, использующих цифровые технологии, в общем числе организаций, %				Технологии искусственного интеллекта
			Цифровые платформы	ERP-системы (системы планирования ресурсов предприятия)	Интернет вещей	Геоинформационные системы	
	Факторные показатели		Результатирующие показатели				
	Группа 1. Старопромышленный регион с преобладанием в «отраслевом ядре» среднетехнологичных отраслей низкого уровня						
Рязанская область	0,32	2,3	14,4	15,1	11,3	13,4	6,0
Тульская область	1,10	1,8	20,2	15,8	16,2	13,7	7,1
Волгоградская область	0,40	1,3	12,6	10,8	11,8	11,3	4,4
Республика Башкортостан	0,63	1,3	13,3	12,5	13,4	12,3	5,1
Удмуртская Республика	0,29	3,3	14,5	15,6	12,3	14	5,1
Алтайский край	0,30	0,9	12,3	10,5	11,6	13,6	4,8
Среднее по группе	0,50	1,8	14,6	13,4	12,8	13,1	5,4
Размах вариации	0,81	2,4	7,9	5,3	4,9	2,7	2,7

Окончание табл. 1 на след. стр.

Окончание табл. 1

Регион	Доля внутренних затрат на исследования и разработки, в % к ВРП, 2020 г.	Удельный вес занятых в секторе ИКТ в общей численности занятого населения, %	Удельный вес организаций, использующих цифровые технологии, в общем числе организаций, %				Технологии искусственного интеллекта
			Цифровые платформы	ERP-системы (системы планирования ресурсов предприятия)	Интернет вещей	Геоинформационные системы	
Факторные показатели			Результатирующие показатели				
Группа 2. Старопромышленный регион с преобладанием в «отраслевом ядре» среднетехнологичных отраслей высокого уровня							
Ярославская область	1,07	2,7	15,3	17,2	14,2	15,3	7,8
Чувашская Республика	0,58	1,6	13,2	12,8	12,2	11,3	5,1
Пермский край	1,20	1,4	17,1	16,7	16,4	13,4	6,7
Кировская область	1,08	0,7	9,7	10,7	9,2	10,9	5,1
Нижегородская область	5,37	1,4	13,8	17,1	12,1	12,4	5,2
Самарская область	1,05	2,3	15,7	16,7	14,2	13,1	6,2
Саратовская область	0,79	1,2	13,1	13,0	12,3	12,5	5,8
Среднее по группе	1,60	1,6	14,0	14,9	12,9	12,7	6,0
Размах вариации	4,79	2,0	2,6	6,5	7,2	4,4	2,7
Российская Федерация	1,25	1,7	14,7	13,8	13,7	12,6	5,7

Источник. Составлено автором по: (Индикаторы цифровой экономики, 2022).

Результаты и обсуждение

Что касается доли внутренних затрат на исследования и разработки, то среднее значение показателя в старопромышленных регионах группы 2 (1,6 %) превышает как среднероссийский показатель (1,25 %), так и среднее значение показателя по группе 1 (0,5 %). В отношении второго показателя, — удельного веса занятых в секторе ИКТ, следует отметить, что различия между его средними значениями не столь существенны: 1,8 % в старопромышленных регионах группы 1 против 1,6 % в регионах группы 2 (при среднем значении по России — 1,7 %).

При анализе на уровне отдельных регионов становится очевидной проблема их высокой дифференциации и по факторным, и по результирующим показателям цифровизации внутри группы регионов. Так, более высокое среднее значение доли внутренних затрат на исследования и разработки в регионах группы 2 достигается, по сути, за счет Нижегородской области (5,37 %). Регион занимает лидирующие места в рейтингах цифровизации российских регионов, в частности, он входит в ТОП-10 субъектов Российской Федерации по поддержке цифровизации бизнеса, ТОП-3 — по развитию индустрии и разработки программного обеспечения, в ТОП-5 — по внедрению и использованию искусственного интеллекта¹. В остальных регионах данной группы значения показателя «доля внутренних затрат на исследования и разработки» хотя и превышают значения показателей в регионах первой группы, но не достигают среднероссийского уровня.

Что касается удельного веса занятых в секторе ИКТ, то в первой группе разрыв между максимальным и минимальным значениями показателя составляет 2,4 %, во второй группе — 2,0 %. Превышение среднероссийского уровня показателя в первой группе достигается за счет более высоких значений показателей в Рязанской области (2,3 %) и Удмуртской Республике (3,3 %). Что касается второй группы, то здесь среднее значение удельного веса занятых в секторе ИКТ не достигает ни уровня первой группы, ни среднероссийского значения показателя. Нехватка ИТ-кадров отмечается даже в упоминавшейся выше Нижегородской области (Яшин и др., 2021).

Анализ результирующих показателей также показал наличие довольно высокой межрегиональной дифференциации: среди ре-

¹ Нижегородская область проходит «цифровую прокачку». <https://pravda-nn.ru/news/nizhegorodskaya-oblast-prohodit-tsifrovuyu-prokachku/> (дата обращения: 10.08.2023).

гионов группы 1 наибольший размах вариации имеет показатель доли организаций, использующих цифровые платформы (7,9 %), среди регионов второй группы — доли организаций, использующих технологию интернета вещей (7,2 %). Среди старопромышленных регионов первой группы лидером является Тульская область, превосходящая остальные регионы группы по показателям удельного веса организаций, использующих цифровые платформы (20,2 % в общем числе организаций), ERP-системы (15,8 %), технологию интернета вещей (16,2 %) и геоинформационные системы (13,7 %). Следует отметить, что регион занимает 3-е место в рейтинге цифровой трансформации субъектов Российской Федерации¹. Среди старопромышленных регионов второй группы — Ярославская область, лидирующая по показателям удельного веса организаций, использующих цифровые платформы (15,3 % в общем числе организаций), ERP-системы (17,2 %), технологию интернета вещей (14,2 %) и геоинформационные системы (15,3 %). С 2020 г. в регионе реализуется программа «Цифровая экономика Ярославской области», одним из направлений которой является создание условий для развития цифровых платформ и технологий (Подгорный & Волохова, 2021). Также высокие показатели цифровизации в группе 2 показали Пермский край и Самарская область, в которых организации активно использовали цифровые платформы, ERP-системы и технологию интернета вещей. В целом, представленные данные подтверждают тезис: для большинства отраслей обрабатывающей промышленности российских регионов характерен средний и высокий уровень распространения цифровых технологий (Абдрахманова и др., 2021).

Для старопромышленных регионов, как было отмечено выше, наибольшую актуальность представляет использование технологий интернета вещей, искусственного интеллекта и ERP-систем, поэтому достигнутые ими результирующие показатели были подвергнуты дополнительному анализу (табл. 2). ERP-системы используются на производственных предприятиях в целях сбора и обработки информации для улучшения качества управленческих решений (Прудников и др., 2016); промышленный интернет вещей — *Industrial Internet of Things (IIoT)* — для повышения возмож-

¹ Тульская область занимает 3-е место в рейтинге цифровой трансформации регионов России. <https://mktula.ru/news/n/tulskaya-oblast-zanimaet-3-e-mesto-v-reytinge-tsifrovoy-transformatsii-regionov-rossii/?ysclid=lnhyhq9kj178759419> (дата обращения: 09.10.2023).

**Использование старопромышленными регионами
передовых цифровых технологий**

Параметр сравнения	Удельный вес организаций, использующих цифровые технологии, в общем числе организаций, %		
	ERP-системы	технология интернета вещей	технологии искусственного интеллекта
<i>Группа 1. Старопромышленный регион с преобладанием в «отраслевом ядре» среднетехнологичных отраслей низкого уровня</i>			
Сравнение со средним по группе 2	Не достигает	Не достигает	Не достигает
Сравнение со среднероссийским значением	Не достигает	Не достигает	Не достигает
<i>Группа 2. Старопромышленный регион с преобладанием в «отраслевом ядре» среднетехнологичных отраслей высокого уровня</i>			
Сравнение со средним по группе 1	Превышает	Превышает	Превышает
Сравнение со среднероссийским значением	Превышает	Не достигает	Превышает

Источник. Составлено автором

ностей автоматизации процессов в различных сферах деятельности предприятия (Городнова, 2022), алгоритмы искусственного интеллекта — в целях обеспечения гибкой, эффективной и экологичной работы промышленного сектора (Аксенова, 2019). Причем максимальный эффект достигается за счет комбинированного использования указанных технологий¹.

Данные, представленные в таблице 2, показывают лидерство в использовании передовых цифровых технологий более развитых в технологическом плане регионов второй группы, причем это лидерство имеет место не только в отношении старопромышленных регионов первой группы, но и регионов других типов, о чем свидетельствует превышение среднероссийских значений показателя. Сделанное заключение подтверждает результаты исследования Г.Б. Коровина, пришедшего к выводу, что регионы с развитой обра-

¹ Focus Group on Technologies for Network 2030. <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Pages/default.aspx> (date access: 20.09.2023).

батывающей промышленностью «более интенсивно адаптируются к новой цифровой технологической реальности, опережая остальные регионы РФ» (Коровин, 2023).

Заключение

Таким образом, исследование показало, что гипотезу 1 можно считать подтвержденной: старопромышленные регионы различных групп действительно различаются достигнутыми значениями индикаторов цифровой экономики, причем различия в результирующих показателях выше, чем в факторных. Данное заключение позволяет утверждать, что лидерство региона в факторных показателях цифровой экономики является необходимым, но не достаточным условием его лидерства в показателях, характеризующих результаты цифровизации. На наш взгляд, это может быть объяснено влиянием институциональных факторов, важнейшим из которых является региональная политика федерального Центра в сфере цифровой экономики.

Что же касается гипотезы 2, предполагающей, что более развитые в технологическом плане регионы второй группы будут лидировать в использовании передовых цифровых технологий, то она также получила подтверждение в ходе анализа.

Несмотря на довольно высокий уровень развития цифровой экономики, в старопромышленных регионах имеют место существенные региональные различия и по факторным, и по результирующим показателям цифровизации, что свидетельствует о наличии рисков «цифрового неравенства». На наш взгляд, это является обоснованием необходимости проведения дифференцированной региональной политики федерального Центра в сфере цифровой экономики в отношении старопромышленных регионов в направлении усиления адресности ее программ и мероприятий.

В старопромышленных регионах с преобладанием в «отраслевом ядре» среднетехнологичных отраслей низкого уровня целесообразно проведение модернизирующей региональной политики, среди ее приоритетных направлений в сфере цифровой экономики могут быть определены такие, как повышение уровня осведомленности промышленных предприятий региона о существующих решениях и потенциальных эффектах использования цифровых технологий; разработка механизмов оптимизации развития процесса региональной информатизации (Кадцына, 2022) внедрение целевых финансовых инструментов поддержки цифровизации на конкретных промышленных предприятиях региона и др. При этом

объектами особого внимания должны стать процессы цифровизации «технологически инертных» предприятий в ключевых отраслях региональной экономики.

Что же касается регионов второй группы, имеющих потенциал перехода в группу новопромышленных территорий, для реализации этого потенциала целесообразно проводить интегрирующую региональную политику, приоритетными направлениями которой в сфере цифровой экономики могут быть определены содействие внедрению цифровых платформ и экосистем, расширяющих возможности кооперации участников производственных цепочек товаров и услуг, поддержка процессов передачи инноваций и технологий внутри региона, активизация участия в ведомственном проекте «Цифровая промышленность», предусматривающем развитие регуляторной среды, возможностей платформы ГИСП и другие меры государственной поддержки¹.

Представленные результаты исследования могут быть использованы при корректировке стратегий цифровой трансформации регионального и федерального уровней в направлении более полного учета специфических интересов и потребностей старопромышленных территорий с учетом стратегических задач в области формирования цифровой экономики в Российской Федерации.

Список источников

Акбердина, В. В., Романова, О. А. (2021). Региональные аспекты индустриального развития: обзор подходов к формированию приоритетов и механизмов регулирования. *Экономика региона*, 17(3). 714–736. doi:10.17059/ekon.reg.2021-3-1

Аксёнова, Е. И. (2019). *Экспертный обзор развития технологий искусственного интеллекта в России и мире. Выбор приоритетных направлений развития искусственного интеллекта в России*. Москва: ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ». 38.

Городнова, Н. В. (2022). Индустриальный интернет вещей в России: сущность и перспективы. *Вопросы инновационной экономики*, 12(3). 1503–1522. doi: 10.18334/vines.12.3.115150

Абдрахманова, Г. И., Васильковский, С. А., Вишневский, К. О., Гохберг Л. М. и др. Индикаторы цифровой экономики: 2022 : статистический сборник, Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». Москва : НИУ ВШЭ, 2023. 332.

¹ Минпромторг России (2020). Ведомственный проект «Цифровая промышленность». <https://digital.gov.ru/uploaded/files/vedomst-vennyij-proekt-tsifrovaya-promyshlennost.pdf> (дата обращения: 24.08.2023).

Кадцына, Е. С. (2022). Методологическое обеспечение развития информатизации в условиях становления цифровой экономики. *Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии*: сб. науч. ст. Отв. ред. Акбердина В. В. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН. 119–128. doi: 10.17059/978-5-94646-673-8-2022-11.

Коровин, Г. Б. (2023). Сравнительная оценка цифровизации промышленных регионов РФ. *Экономика региона*. 19(1). 60–74. doi: 10.17059/ekon.reg.2023-1-5.

Martin, R., Sunley, P. (2006). Path Dependence and Regional Economic Evolution. *Journal of Economic Geography*, 6(4). 395–437.

Подгорный, Б. Б., Волохова, Н. В. (2021). Население ярославского региона как актор поля цифровой экономики. *Теоретическая экономика*. 78(6). 105–118.

Прудников, Э. Е., Гребенникова, Н. И., Нгуен, Д. Ч. (2016). Реализация подходов к взаимодействию PLM и ERP-систем. *Экономика и менеджмент систем управления*, 4(22). 87–92.

Сорокина, Н. Ю., Латов, Ю. В. (2018). Эволюция старопромышленных регионов в экономике России. *Journal of Economic Regulation*, 9(1). 6–22.

Сорокина, Н. Ю. (2013). Типология старопромышленных регионов. Научные исследования и разработки. *Экономика*, 3(3). 34–41.

Угольников, О. Д., Воротков, П. А., Ризов, А. Д. (2021). Цифровизация российской промышленности (на примере Уральского региона). *Технико-технологические проблемы сервиса*, 3(57). 56–62.

Абдрахманова Г. И., Быховский К. Б., Веселитская Н. Н., Вишневский К. О., Гохберг Л. М. и др. *Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 г.*; рук. авт. кол. П. Б. Рудник ; науч. ред. Л. М. Гохберг, П. Б. Рудник, К. О. Вишневский, Т. С. Зинина ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». Москва: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. 239.

Яшин, С. Н., Борисов, С. А., Кулагова, И. А. (2021). Региональные особенности реализации процесса цифровизации экономики в Российской Федерации. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 2. 106–115.

Сорокина Наталья Юрьевна — кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт экономики РАН; <https://orcid.org/0000-0001-5180-3389> (Российская Федерация, 117218, Россия, Москва, Нахимовский проспект, 32; sorokina-tula@mail.ru).

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИЕЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КЛАСТЕРА

Аннотация. Современная аграрная сфера характеризуется высокой динамичностью экономических процессов, вызванных активным развитием информационно-коммуникационных технологий и усилением конкуренции. Для обеспечения экономического развития и конкурентоспособности агропромышленного производства в условиях цифровой экономики необходимы научно обоснованные результаты, иллюстрирующие преимущества таких структур и стимулирующие агропромышленные хозяйства на цифровую трансформацию. Целью исследования является разработка концепции формирования модели управления цифровой трансформацией агропромышленного кластера, отражающая совокупность проектных решений, технических средств, методов организации и управления, обеспечивающих заданный уровень производства, безопасную и надежную доставку всех необходимых ресурсов и готовой продукции в нужное время, необходимого качества и количества при минимальных затратах. Решение данного вопроса основано на применении инструментария экономико-математического моделирования. В работе также использованы такие методы исследования, как обобщение и синтез, системный анализ, моделирование, метод абстрагирования и оптимизации. Выделены бизнес-процессы, характерные для одной из отраслей агропромышленного производства — растениеводства, что служит основой цифровой трансформации организационных процессов в структурных подразделениях формируемого кластера. Реализация предложенной концепции служит основой для принятия обоснованных управленческих решений относительно структуры формируемого кластера и целесообразности его цифровой трансформации.

Ключевые слова: агропромышленный кластер, цифровая трансформация, стратегическое партнерство, бизнес-процессы

Введение

Важной характерной чертой современной аграрной сферы является динамичность экономических процессов, вызванных стремительным развитием информационно-коммуникационных технологий и усилением конкуренции. В таких условиях для

обеспечения экономического развития и конкурентоспособности сельскохозяйственных предприятий требуется переход на качественно новую модель развития — объединение предприятий в кластеры, что позволит оптимизировать процессы землепользования, структуру посевных площадей, обработку почвы, повысить уровень внесения минеральных удобрений, защиту растений, развитие селекции, качества продукции. Также это будет способствовать развитию рыночной инфраструктуры, а также широкому использованию достижений науки и передового опыта, и ускорит процессы адаптации кластерных образований к условиям внешней среды (Бричко, 2014; Косинский, Вирко, 2019; Тимиргалева, 2023).

В Российской Федерации, начиная с 2010 г., осуществляется государственная поддержка развития кластеров путем создания региональных центров кластерного развития — специализированных организаций, которые реализуют кластерную политику в регионе. Кластеры агропромышленной направленности представлены достаточно широко и созданы в большинстве регионов Российской Федерации. Так, в Республике Крым создан Агропромышленный биотехнологический кластер Республики Крым, который призван объединить сельскохозяйственные предприятия региона, предприятия пищевой и сопутствующей промышленности, научно-исследовательские центры, образовательные учреждения в целях развития агропромышленного комплекса региона. В кластере состоит 173 участника, работа ведется по 5 направлениям. Вместе с тем только организационно-правовых действий, регулирующих процессы цифровой трансформации сферы АПК со стороны государственных структур различного уровня, недостаточно. Наряду с управленческими мероприятиями и механизмами для создания эффективного функционирования агропромышленных кластеров в условиях цифровой экономики необходимы научно обоснованные результаты, иллюстрирующие преимущества таких структур и стимулирующие агропромышленные хозяйства на реализацию поставленных задач.

В этой связи разработка концептуальной модели управления цифровой трансформацией агропромышленного кластера, ее поэтапная реализация позволит принимать экономически обоснованные управленческие решения относительно выбора стратегических партнеров в рамках кластера и необходимости его цифровой трансформации.

Материал и методы

Для решения поставленных задач были применены такие методы, как обобщение и синтез, системный анализ, моделирование, метод абстрагирования и оптимизации.

Результаты и обсуждение

Характерной тенденцией современного промышленного развития, получившего название «четвертая промышленная революция», стало слияние автоматизированного производства, обмена данными и производственных технологий в единую саморегулируемую систему с минимальным участием человека в производственном процессе. Активное внедрение в агропромышленное производство киберфизических систем, искусственного интеллекта, робототехники, интернета вещей, автономного транспорта, 3D-печати, нанотехнологий и т. п. приводит к многочисленным последствиям для всего общества (Lakota et al., 2019). По сути, агропромышленное производство, активно внедряя новейшие информационные технологии, становится своеобразным драйвером цифровой трансформации смежных сфер и отраслей, рассматривая их в качестве стратегических партнеров¹. Интеграция промышленных систем с современными информационными технологиями повышает их роль, придавая новые качества, позволяющие в рамках стратегического партнерства выходить на новые уровни развития. Формирование того или иного кластерного образования требует выявления потенциальных участников интеграции, определения их роли в бизнес-процессах, установления взаимосвязей, обеспечивающих эффективную реализацию всего производственного процесса, разработку комплекса мероприятий по развитию и оптимизации бизнес-процессов и т. п.

Вопросы формирования и развития кластерных образований исследованы и раскрыты в многочисленных публикациях отечественных и зарубежных авторов. Одним из первых кластерные образования исследовал М. Портер (Портер, 2005). Анализируя различные подходы к формированию и развитию кластерных структур, отметим, что изначально данный процесс происходил на основе географического подхода, когда кластеры формировались в границах регионов за счет концентрации вокруг источников сырья, энергии и трудовых ресурсов (Карев, 2019). В современных условиях

¹ Расширенный обзор развития цифровизации сельского хозяйства в РФ. Состояние и перспективы. <https://agrardialog.ru> (дата обращения: 21.10.2023).

хозяйствования, когда происходит расширение торговых структур за пределы регионов размещения кластеров, растет роль рынков сбыта и логистики при их формировании (Карх и др., 2017), что делает не очень актуальным вопрос их географической привязки. Отмечая важную роль различных подходов к формированию и развитию кластеров, необходимым условием является наличие финансового обеспечения, которое может быть организовано посредством механизма государственно-частного партнерства (Савина и др., 2021; Аджигова и др., 2022). Немаловажным, а в ряде случаев и определяющим, условием является наличие кластерной стратегии региона, предполагающей ресурсно-инновационный рост агропромышленного производства, которая должна разрабатываться в рамках общей региональной стратегии развития и обеспечивать рациональное использование ресурсов АПК (Шутьков, 2020).

Рассматривая одну из отраслей АПК — растениеводство, — отметим наличие значительного количества экономических взаимоотношений как с сельскохозяйственными производителями, так и с другими физическими и юридическими лицами (Тимиргалева и др., 2022). Данные связи реализуются путем функционирования бизнес-процессов (Исаченко и др., 2020), представляющих собой совокупность операций (технологических, организационных, логистических и др.) по трансформации природных ресурсов (растения, почва, климат) при воздействии материально-технических (удобрения, горюче-смазочные вещества, средства защиты растений, производственных основных средств) и человеческих (труд) ресурсов в сельскохозяйственную продукцию, представленную совокупностью товаров растительного происхождения, выращенных на сельскохозяйственных угодьях. Полученная продукция, в свою очередь, является сырьем как для пищевой промышленности (зерновые, зернобобовые, овощные, плодовые, ягодные культуры), так и для других отраслей перерабатывающей промышленности (технические культуры).

При этом эффективное и результативное стратегическое партнерство может быть обеспечено за счет применения цифровых платформ и экосистем (Абдрахманова и др., 2023).

Что же касается собственно цифровой трансформации кластера, то данный процесс обеспечивает преобразование социально-экономических отношений, в том числе изменение организации бизнес-процессов, организационных структур, управленческих технологий и перевод ресурсов в цифровой формат, основанный на использовании современных информационно-коммуникационных технологий (Паштецкий и др., 2023).

Кроме того, объективно существующие процессы глобализации выдвигают новые требования к различным аспектам производственно-хозяйственной деятельности каждого субъекта хозяйствования, что требует переосмысления подходов к вопросам обеспечения их эффективного управления, а цифровизация предоставляет им большие преимущества при управлении бизнес-процессами. В данном аспекте цифровая экономика предоставляет большие возможности для агропромышленного производства, а цифровые способы передачи и обработки данных способствуют развитию цифровых платформ, становятся объединяющими звеньями в цифровых кластерных структурах (Карев, 2020). При этом повышается конкурентоспособность отечественной агропромышленной продукции (Афониная, 2019). Учитывая вышесказанное, приходим к выводу о целесообразности выделить бизнес-процессы, характерные для одной из отраслей агропромышленного производства — растениеводства — на основе классификации В.К. Чаадаева (Чаадаев, 2004) (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика бизнес-процессов отрасли растениеводства

Виды бизнес-процесса	Описание бизнес-процесса
Основные	Полный цикл выращивания сельскохозяйственных культур с дальнейшей реализацией продукции растениеводства, выполненный субъектом производства самостоятельно или с использованием дополнительных ресурсов
Вспомогательные	Обеспечение процесса производства (материально-техническое, кадровое, информационное); транспортные услуги; ремонт и обслуживание сельскохозяйственной техники и производственных основных фондов; услуги по доработке и хранению продукции растениеводства; услуги посредников по реализации продукции
Бизнес-процессы управления и развития	Законодательно-нормативное регулирование; административное управление производством продукции растениеводства на уровне хозяйствующих субъектов; научное обеспечение (внедрение высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур, инновационных технологий выращивания культур); модернизация производственных основных фондов, складских, подсобных, административных помещений; внедрение цифровых технологий

Источник: составлено автором на основе (Чаадаев, 2004).

Процедура цифровой трансформации кластерных образований должна осуществляться после оценки их готовности к данному процессу и учитывать особенности производства, организации и управления, для чего предлагается концептуальная схема формирования модели управления цифровой трансформацией кластера растениеводства АПК (рис. 1), которая отражает совокупность проектных решений, технических средств, методов организации и управления, обеспечивающих заданный уровень производства, безопасную и надежную доставку всех необходимых ресурсов и готовой продукции в нужное время, необходимого качества и количества при минимальных затратах.



Рис. 1. Концептуальная схема формирования модели управления цифровой трансформацией агропромышленного кластера
(источник: составлено авторами)

Учитывая, что цифровая трансформация представляет собой достаточно затратные проекты и программы, необходимо принимать экономически обоснованные решения, опираясь на современные методы и подходы. Необходимо представлять реальные возможности получения желаемого эффекта от внедрения тех или иных цифровых решений.

Здесь стоит отметить, что сразу же с появлением идеи использования цифровых технологий в бизнесе начали формироваться модели и подходы к оценке эффективности проектов цифровой трансформации. В числе первых обращают на себя внимание модели, сформированные на основе прямых затрат и выгод, которые не только не получили развития и практического применения, но и подверглись жесткой критике со стороны научного сообщества.

Известен также парадокс производительности Р. Солоу, суть которого состоит в том, что рост инвестиций в автоматизацию производства не приводит к ожидаемому росту производительности (Green & Rosemann, 2000). Это определенным образом влияет на устойчивость предприятий, реализующих проекты цифровой трансформации, поскольку на первых же этапах предполагаются существенный рост затрат, изменение процессов управления и регулирования, возникает необходимость в повышении уровня контроля и внесения требуемых изменений в режиме реального времени, а также вызывает необходимость в адаптации систем принятия управленческих решений к новым условиям функционирования, в формировании адекватных подходов к оценке эффективности проведения цифровой трансформации.

Следуя данному выводу, у лиц, принимающих решение, возникает критическое отношение к проекту цифровой трансформации бизнеса. Однако указанный парадокс и другие противоречия были преодолены благодаря комплексному подходу к оценке эффективности от цифровой трансформации, учитывающему возможность развития организационного и человеческого потенциала под воздействием процессов цифровизации. Для оценки эффективности проектов цифровой трансформации и включения в базу расчетов комплементарных активов разрабатываются модели анализа развития совокупных активов, среди которых можно отметить матрицу эффективности (Brynjolfsson et al., 2000), что соответствует современному подходу к внедрению проектов цифровой трансформации, при котором на производственном предприятии оценка эффекта осуществляется через смену бизнес-процессов, технологий, архитектуры управления, корпоративной культуры. Такой подход выводит про-

цессы цифровой трансформации уже на уровень выше, получивший название Индустрия 5.0 и представляющий собой ценностно ориентированную инициативу, требующую не только внедрения цифровых технологий, но и изменения бизнес-культуры, ориентации на существенный рост благосостояния человечества.

Реализация предложенной концепции требует обоснования ее экономической целесообразности, для чего предлагается воспользоваться системой показателей эффективности мероприятий по проведению цифровой трансформации агропромышленного кластера (рис. 2).

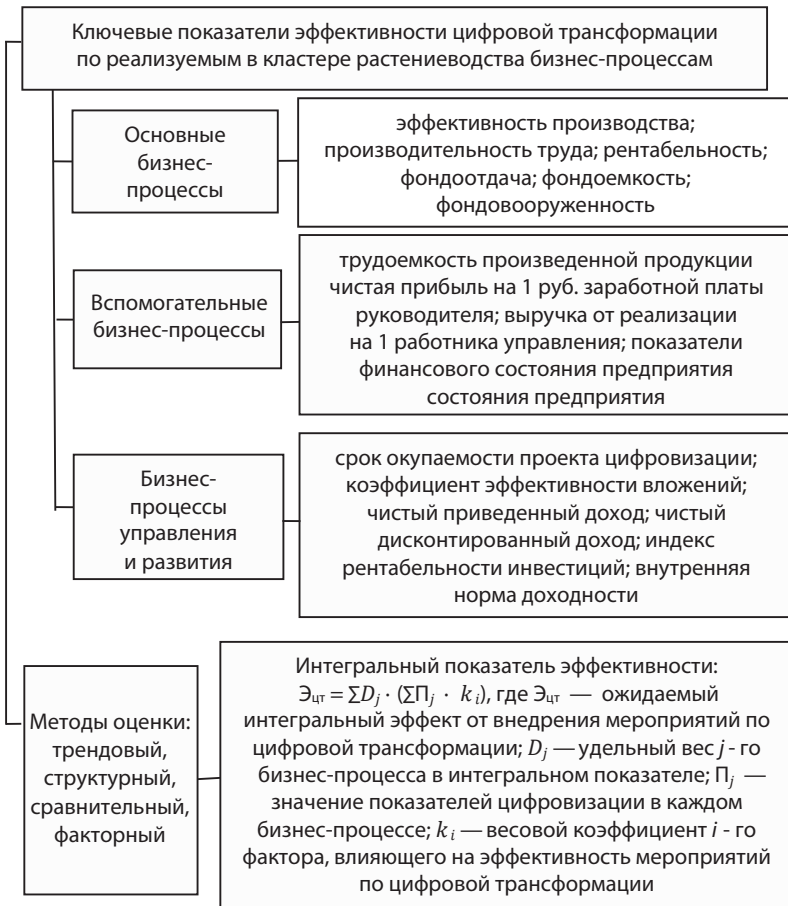


Рис. 2. Система показателей эффективности мероприятий по цифровой трансформации агропромышленного кластера растениеводства (источник: составлено авторами)

Учитывая, что цифровая трансформация отражается на всех бизнес-процессах формируемого кластера, оценка экономической целесообразности процесса цифровизации должна включать все эффекты, получаемые на всех этапах внедрения в бизнес-процессы кластера подходов, механизмов и инструментария цифровой экономики, которые следует отражать в стоимостных единицах. При этом следует учитывать затраты, произведенные с начала процессов инициации цифровой трансформации.

Учитывая, что структура того или иного отраслевого кластера АПК может быть различной, предлагается опираться на формально-логический подход к его формированию, что позволяет выделить несколько модификаций элементов кластера, основанных на совокупности $A = \{a\}$ как результате структуризации кластера $S = \{s\}$, где $A = S$ и $a = s$. Элементы модификации определены по оценкам функционирования элементов кластера и его функциональной структуры. В свою очередь, определим информационные потоки, необходимые для принятия решения относительно включаемых в кластер субъектов:

$$A = S \cup (R \subseteq \langle X; T; R \rangle) \cup (V \subseteq \langle Z; U; V \rangle) \cup \tau,$$

где S — структура кластера; $\langle X; T; R \rangle$ — совокупность характеристик, определяющих соответствие аналитической формы X ступеней восприятия элементов кластера качественным T и количественным R их выражениям; $\langle Z; U; V \rangle$ — совокупность характеристик, определяющих соответствие аналитической формы Z тех же ступеней восприятия элементов кластера качественным U и стоимостным V их выражениям; τ — количество однотипных элементов кластера, составляющих совокупность выбора.

В результате получаем основу для принятия обоснованных управленческих решений относительно целесообразности и структуры формируемого кластера.

Выводы

Реализация концепции формирования модели цифрового кластера растениеводства приводит к позитивным изменениям в системе управления кластерной структурой, обусловленным рядом процессов:

— за счет применения цифровых технологий (большие данные, нейронные сети, блокчейн, облачные вычисления, виртуальная реальность) повышается эффективность деятельности всех подразделений кластера и сокращаются транзакционные затраты;

— формируемая прозрачная структура единого информационного пространства позволяет всем структурам кластера пользоваться неограниченной и своевременной информацией для решения поставленных задач, делегировать сотрудникам функции управления бизнес-процессами в режиме реального времени, что существенно сокращает время и повышает качество принятия решений на всех уровнях управления;

— на основе цифровой трансформации системы управления формируется прозрачная система обратной связи, в которой каждый процесс отображается и оперативно корректируется на основе совместного управления, устраняя лишние непродуктивные связи;

— ускоряются процессы децентрализации управления на основе развития горизонтальных коммуникаций, которые способствуют формированию эффективных механизмов передачи и накопления корпоративных знаний;

— обеспечивается устойчивость системы управления цифровым кластером за счет возможности системы управления адекватно реагировать на изменения факторов внутренней и внешней среды, обеспечивать управление по установленным стандартным регламентам и процедурам.

Список источников

Абдрахманова, Г. И., Гохберг, Л. М., Демьянова А. В. и др. (2023) *Платформенная экономика в России: потенциал развития: аналитический доклад*. Москва: Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики», 72.

Аджикова, А. С., Канцеров Р. А., Школьникова, Н. Н. (2022). Государственная поддержка развития сельского хозяйства региона с аграрным профилем экономики. *Аграрный вестник Урала*, 02(217), 60–70. doi: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-60-70

Афоница, В. Е. (2019). Развитие цифровой экономики в АПК как фактор повышения конкурентоспособности отечественной агропродовольственной продукции. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 1, 5–10.

Бричко, А. М. (2014). Кластеризация как способ адаптации сельскохозяйственных предприятий к условиям глобализации. *Молодой ученый: ежемесячный научный журнал*, 6(65), 390–395.

Исаченко, Е. М., Карпиевич, В. Э., Дубиковский, А. В. (2020). Бизнес-процессы предприятий пищевой промышленности и их моделирование. В: *Актуальные проблемы инновационного развития и кадрового обеспечения АПК: материалы VII Международной научно-практической конференции*, Минск, 4–5 июня 2020 г., 271–276.

Карев, А. В. (2019). Географический подход к формированию кластеров. *Инновационное развитие экономики*, 4–1(52), 83–87.

Карев, А. В. (2020). Цифровые кластеры в глобальном мире. *Друкерровский вестник*, 4(36), 218–223.

Карх, Д. А., Каточков, В. М., Морозова, М. П. (2017). Создание логистических интегрированных распределительных центров сельскохозяйственной продукции на основе государственно-муниципально-частного партнерств. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент»*, 3, 168–179.

Косинский, Г. М. (2019). Интегрированные структуры в АПК и сельском хозяйстве: экономические проблемы формирования. *Экономика и социум*, 2(57), 188–193.

Паштецкий, В. С., Тимиргалеева, Р. Р., Вердыш, М. В. (2023). Формирование системы индикаторов и показателей оценки агропромышленного потенциала региона в направлении его цифровой трансформации. *Аграрный вестник Урала*. 05(234), 108–120. doi: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-108-12

Портер, М. (2005). *Конкуренция*. Москва: Издательский дом «Вильямс», 608.

Савина, С. А., Калашников, Д. В., Земскова, О. М. (2021). Развитие регионального агропромышленного кластера на основе государственного и частного партнерства. *Экономика, предпринимательство и право*, 11(5), 1117–1130.

Тимиргалеева, Р. Р., Вердыш, М. В., Попова, А. А. (2022). Развитие агропромышленного комплекса в цифровой среде на основе интеграционных процессов. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 4., 51–56. doi: 10.17513/mjpf.13378

Тимиргалеева, Р. Р. (2023). Комплексный механизм формирования и развития вертикально-интегрированных агропромышленных структур. *Вестник Академии знаний*, 3(56), 236–242.

Чаадаев, В. К. (2004). *Бизнес-процессы в компаниях связи*. Москва: Эко-Трендз, 176.

Шутьков, А. А. (2020). Ресурсно-инновационная стратегия роста агропромышленного производства: новые подходы к формированию и реализации. *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*, 3, 2–9.

16. Brynjolfsson, E., Lorin, M. Hitt (2000). Beyond Computation: Information technology, organizational transformation and business performance. *Journal of Economic perspectives*, 14(4), 23–48.

Green, P., Rosemann, M. (2000) Integrated process modeling: an ontological evaluation. *Information system*, 25(2), 73–87.

Lakota, M., Stajanko, D., Vindis, P. (2019) Automatization and digitalization in agriculture. *Poljoprivredna Tehnika*, 2(44), 13–22.

Тимиргалеева Рена Ринатовна — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики и управления, Институт педагогического образования и менеджмента (филиал) ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского»; <https://orcid.org/0000-0002-3078-1050> (Российская Федерация, 296012, г. Армянск, ул. Железнодорожная, 5; e-mail: renatimir@gmail.com).

Гришин Игорь Юрьевич — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории инженерии знаний, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова; <https://orcid.org/0000-0001-5839-1858> (Российская Федерация, 119991, г. Москва, Ленинские горы, 1; e-mail: igugri@gmail.com).

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ АДАПТАЦИЙ К ПРОЦЕССАМ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Аннотация. *Интерес к проблематике статьи вызван увеличением темпов цифровизации и нарастающих различий по уровню адаптации. Эта сфера является одной из наиболее динамично развивающихся и, вероятно, поэтому на данный момент не определены теоретико-методологические основы исследования региональной неоднородности адаптации к процессу цифровизации. Данное обстоятельство актуализирует проведение исследования и значимость разработки инструментария оценки. В настоящей статье представлена оценка неоднородности процессов цифровизации с точки зрения использования показателей, с одной стороны, развития адаптационных процессов цифровизации (являющихся показателями и критериями оценки реализации государственных программ и национальных проектов), с другой стороны, финансовых показателей, направленных на реализацию этих программ и проектов в области цифровизации. Предполагается, что результаты работы создадут предпосылки для усовершенствования направлений и механизма государственной поддержки цифровизации и сокращения недостатков в бюджетном обеспечении, возникающие из-за различий в адаптации регионов.*

Ключевые слова: адаптация; неоднородность; регион; цифровизация; оценка

Введение

Адаптация к процессу цифровизации предполагает необходимость приспособления, связанного с изменениями, как отмечено в научной литературе, наступающими в результате внедрения цифровых технологий, которые приводят к коренным изменениям в процессах создания, планирования, проектирования, развертывания и эксплуатации государственных и частных сервисов¹. Оно так же вносит изменения во все сферы экономики и общества, затраги-

¹ ITU (2019). Digital Transformation and the Role of Enterprise Architecture. Geneva: ITU. https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STRDIG_TRANSF-2019-PDF-E.pdf (дата обращения: 04.10.2023).

вая все аспекты человеческой жизни (Baldini et al., 2019). Инновации, связанные с цифровыми технологиями, затрагивают различные отрасли — от передовых, таких как финансовые услуги, до более консервативных секторов промышленности (Remane et al., 2017; Loonam et al., 2018; Caliskan et al., 2021). Кроме того, адаптация к цифровизации также включает изменения, связанные с экономическими и социальными последствиями оцифровки¹.

Между тем, различия в политике, задержки в развитии инфраструктуры и даже готовность населения к цифровизации (их адаптационный потенциал и уровень вовлеченности) оказывают существенное влияние на развитие неоднородности процесса адаптации в регионе. На круглом столе Совета Федерации в 2019 г. обсуждались вопросы, связанные с сокращением межрегиональных различий². Одной из актуальных проблем, которая была поднята, является необходимость улучшения системы межбюджетных отношений. Это включает рассмотрение вопроса о разработке дополнительных мер по выравниванию бюджетного финансирования субъектов Российской Федерации и уменьшению различий в его уровне.

Цель данной статьи заключается в анализе неоднородности процессов цифровизации в России. Она основана на двух аспектах: адаптационных процессах цифровизации, которые являются критериями оценки реализации государственных программ и национальных проектов, и финансовых показателях, направленных на реализацию этих программ и проектов в области цифровизации.

Обзор состояния изученности проблемы

Неоднородность адаптации может быть связана с несколькими факторами. Во-первых, могут играть роль различия в уровне вовлеченности населения в цифровое пространство, например, в зависимости от интернет-навыков пользователей (Hargittai, 2002). Помимо этого, авторы (Шабунова и др., 2020) учитывают такие показатели, как доступ к интернету, активное его использование, отказ от циф-

¹ OECD (2019), *Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives*, OECD Publishing, Paris, doi: 10.1787/9789264312012-en. <https://www.oecd.org/digital/going-digital-shaping-policies-improving-lives-9789264312012-en.htm> (дата обращения: 04.10.2023).

² Рекомендации круглого стола «Проблемы реализации задачи по сокращению межрегиональных социально-экономических диспропорций в контексте стратегий пространственного развития и социально-экономического развития Российской Федерации», 3 июля 2019 г. Сайт Совета Федерации РФ. <http://council.gov.ru/activity/activities/roundtables/106881/> (дата обращения: 13.10.2023).

ровых услуг из-за недостатка знаний. Во-вторых, также могут оказывать влияние различия в доступе к информационно-коммуникационным технологиям. Например, исследователи (Семенов и др., 2020) проанализировали показатели цифровой трансформации общества, которые связаны с основными цифровыми умениями населения и областями их применения. В-третьих, неоднородность вовлеченности могут вызывать различия в цифровизации государственного управления. Автор (Добролюбова, 2019) учитывает показатели доступности и качества государственных и муниципальных услуг, обеспечение безопасности граждан, уровень развития государственных систем, доступность электронных сервисов для граждан, развитие государственных институтов цифровизации, инновационную политику, стратегии и законы, уровень вовлеченности граждан, открытость правительства и обратную связь. И, в-четвертых, различия в цифровых компетенциях и уровне цифровизации региона также ведет к неоднородности возможностей цифровой адаптации. Как отмечают авторы (Воеводина и др., 2022), компетенции являются индикатором цифрового неравенства территорий в дополнение к инфраструктурным показателям, таким как число активных пользователей интернета, техническая обеспеченность вузов, цифровая среда университета и др. Для более комплексного анализа неоднородности адаптаций авторы (Гладкова и др., 2019; Меликян, 2023) прибегают к оценке трехуровневой модели, которая включает доступ к интернету и информационно-коммуникационным технологиям (первый уровень), уровень цифровой грамотности пользователей (второй уровень) и социальные преимущества, получаемые пользователями при грамотном использовании цифровых технологий в профессиональной и личной жизни (приобретенные преимущества) (третий уровень). Исследователями (Добринская & Мартыненко, 2020) отмечена важность учета как категориального аспекта различий в неоднородности адаптаций к процессу цифровизации — персональные (возраст, пол, этничность, уровень интеллектуального развития, личностные особенности, состояние здоровья), так и позиционные (профессия, образование, семейное положение, социальный статус, регион проживания), которые влияют на неравное распределение ресурсов. Взаимосвязи между возрастом, полом, этнической принадлежностью, уровнем доходов граждан и другими факторами и использованием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) с высокой активностью являются предметом исследования многих исследователей (Colombo et al., 2015; Poushter, 2016; Vartanova & Gladkova, 2019).

Материалы и методы

В статье автором были применены общенаучные методы сбора, обобщения и систематизации информации, компаративный анализ для целей проведения межрегиональных сравнений, а также графическое моделирование для отображения итогов оценки. Теоретической базой являются научные работы, в которых изучаются вопросы неоднородности адаптаций, цифровизации и методы их оценки.

Информационную базу исследования составили данные Министерства финансов РФ об исполнении финансовых показателей национальных проектов России в 2022¹, сборники статистических показателей, издаваемые совместно с Росстатом и НИУ «Высшая школа экономики», — «Индикаторы цифровой экономики: 2022»², данные паспорта федерального проекта «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ)³, и отчеты о реализации государственной программы Российской Федерации за 2022 г. «Развитие образования»⁴.

Методика направлена на анализ неоднородности адаптационных процессов цифровизации в России. Ее целью является оценка исполнения государственных программ и национальных проектов Российской Федерации в области цифровизации. Также она позволит выявить различия в исполнении финансовых показателей, связанных с реализацией этих программ и проектов. Главная задача методики — определить направления усовершенствования механизма государственной поддержки цифровизации и сократить не-

¹ Финансовые показатели исполнения национальных проектов России в 2022 гг. Сайт Министерства финансов РФ. <https://www.iminfin.ru/areas-of-analysis/np/ispolnenie-natsionalnyh-proektov?territory=65000000> (дата обращения: 04.10.2023).

² Анализ текущего состояния развития цифровой экономики в России (2018). Москва: Институт развития информационного общества, 2018. 166. <https://iis.ru/wp-content/uploads/2020/12/DECARussia2018rus.pdf> (дата обращения: 04.10.2023); Статистический сборник «Индикаторы цифровой экономики: 2022». <https://issek.hse.ru/news/780811313.html> (дата обращения: 04.10.2023).

³ Паспорт федерального проекта «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ). Министерство здравоохранения Российской Федерации. <http://minzdravrm.ru/wp-content/uploads/2019/08/Показатели-субъектов-ФП-ЕГИСЗ-к-протоколу-ПК-3-2018-1.pdf> (дата обращения: 04.10.2023).

⁴ Отчет о ходе реализации государственной программы Российской Федерации за 2022 «Развитие образования». <https://docs.edu.gov.ru/document/4d8e664300400124d8e550222708853e/download/5871/> (дата обращения: 04.10.2023).

достатки в бюджетном обеспечении, возникающие из-за различий в адаптации регионов.

Для целей анализа неоднородности адаптаций к процессу цифровизации автором выделены две группы показателей.

К первой группе отнесены показатели, являющиеся критериями оценки реализации государственных программ и национальных проектов, которые показывают развитие адаптационных процессов к цифровизации (учитывают показатели отчетов субъектов РФ по исполнению национального проекта по направлениям):

- доля общеобразовательных организаций, оснащенных в целях внедрения цифровой образовательной среды, %;

- доля учреждений здравоохранения, использующих сеть «Интернет», в общем числе учреждений здравоохранения, %;

- доля органов государственной власти и местного самоуправления, имеющих скорость передачи данных через сеть Интернет не менее 2 Мбит/сек, в общем числе обследованных органов государственной власти и местного самоуправления, %;

- доля граждан, использующих механизм получения государственных и муниципальных услуг в электронной форме, % от общей численности населения в возрасте 15–72 лет, получавшего государственные и муниципальные услуги, соответствующего субъекта Российской Федерации;

- доля домашних хозяйств, имеющих доступ к сети Интернет, в общем числе домашних хозяйств, %

- доля организаций, использующих широкополосный доступ к сети Интернет, в общем числе организаций, %;

- доля библиотек, имеющих доступ в интернет, в общем количестве публичных библиотек, %;

- доля музеев, имеющих сайт в сети Интернет, в общем количестве музеев Российской Федерации, %;

- доля театров, имеющих сайт в сети Интернет, в общем количестве театров Российской Федерации, %;

- доля пользователей информационно-телекоммуникационной сети Интернет, не сталкивавшихся с проблемами информационной безопасности, в общей численности населения, использовавшего информационно-телекоммуникационную сеть Интернет, %);

Ко второй группе отнесены финансовые показатели, направленные на реализацию этих программ и проектов в области цифровизации (показатели финансового исполнения бюджета в разрезе национальных проектов, учитывающих процессы цифровизации, млн руб.).

При выборе показателей учитывались согласованность с целями оценки (индикаторы должны отражать адаптационные процессы цифровизации как критерии, используемые для оценки выполнения государственных программ и национальных проектов в Российской Федерации), прозрачность информации об общих тенденциях развития цифровизации на основе отчетов и анализов исполнительных органов власти; соответствие объектам и цели (поскольку адаптационный процесс характеризуется приспособлением), факт вовлеченности населения, органов власти и различных учреждений в развитие цифровизации учитывается как критерий выбора показателей.

Всего в исследовании были проанализированы показатели по 71 субъекту Федерации, являющихся исполнителями бюджета¹.

Результаты

На первом этапе исследования проведено нормирование показателей и приведены однородные группы (таксоны) на основе сходства показателей.

На втором этапе исследования рассчитаны сводные индексы развития адаптационных процессов в сфере цифровизации. Для этого полученные на этапе 1 показатели приводятся к соизмеримой форме, и определяется их суммарное значение с помощью соответствующей формулы (1):

$$I_{ap} = \sum_{i=1}^m \frac{x_{ij} - \dot{x}_j}{\left| \max x_j - \min x_j \right|}, i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m. \quad (1)$$

Разбивка субъектов Федерации по выбранным двум группам показателей проводилась путем построения диаграмм рассеяния, где на горизонтальной оси обозначены данные исполнения бюджетных расходов (*ЕВ*), а на вертикальной — сводный индекс развития адаптационных процессов в сфере цифровизации (I_{ap}).

По полученным данным, можно сказать что: 5 субъектов Федерации отнесены к группе «низкий I_{ap} — низкий *ЕВ*»; 8 субъектов Федерации — к группе «средний I_{ap} — средний *ЕВ*»; 3 субъекта Фе-

¹ Исключение составили новые присоединившиеся регионы и регионы, не имеющие показатели исполнения бюджетных расходов на сайте информации о ежемесячном исполнении бюджета по национальным проектам субъектами РФ — г. Севастополь, республика Адыгея, республика Крым, Липецкая, Воронежская, Владимирская область, Карачаево-Черкесская Республика, Ненецкий автономный округ, Ленинградская, Вологодская область, республика Карелия, Удмуртская республика, республика Мари Эл, Камчатский край.

«Высокий I_{ap} — низкий EB» Курская область; Республика Коми; Мурманская область; Хабаровский край; Кабардино-Балкарская Республика; Курганская область; Оренбургская область; Ставропольский край; Тамбовская область; Архангельская область; Амурская область; Республика Хакасия; Чеченская Республика; Калининградская область; Магаданская область; Сахалинская область	«Высокий I_{ap} — средний EB» г. Санкт-Петербург; Омская область	«Высокий I_{ap} — высокий EB» г. Москва; Новосибирская область; Челябинская область
«Средний I_{ap} — низкий EB» Самарская область; Республика Калмыкия; Республика Алтай; Ивановская область; Псковская область; Республика Бурятия; Новгородская область; Орловская область; Республика Башкортостан; Республика Саха (Якутия); Пензенская область; Ульяновская область; Республика Татарстан; Забайкальский край; Республика Тыва; Костромская область; Волгоградская область; Смоленская область; Еврейская автономная область; Брянская область; Саратовская область; Иркутская область; Чувашская Республика; Приморский край; Кировская область; Рязанская область; Томская область; Ярославская область; Астраханская область; Ханты-Мансийский автономный округ; Свердловская область; Республика Северная Осетия — Алания; Белгородская область; Тверская область; Тульская область	«Средний I_{ap} — средний EB» Нижегородская область; Кемеровская область; Алтайский край; Тюменская область; Ростовская область; Пермский край; Калужская область; Краснодарский край	«Средний I_{ap} — высокий EB» Московская область; Красноярский край
«Низкий I_{ap} — низкий EB» Чукотская автономная область; Республика Мордовия; Республика Ингушетия; Ямало-Ненецкий автономный округ; Республика Дагестан	—	—

Рис. Группы субъектов Федерации по результатам рассеивания I_{ap} и EB (источник: составлено автором на основании результатов оценки)

дерации — к группе «высокий I_{ap} — высокий EB »; 2 субъекта Федерации — к группе «высокий I_{ap} — средний EB »; 16 — к группе «высокий I_{ap} — низкий EB », 35 — к группе «средний I_{ap} — низкий EB » и 2 — к группе «средний I_{ap} — высокий EB » (рис.).

Результаты оценки позволяют сделать следующие выводы. Используемые в отчетах показатели цифровизации учитывают вовлеченность населения, органов власти и учреждений, включая учреждения культуры, образования и здравоохранения. Однако такая система оценки может вызывать неоднородность результатов (кластеры «Средний I_{ap} — низкий EB », «Высокий I_{ap} — низкий EB »). Следовательно, необходимо учитывать возможность появления «парадоксов результативности» (Макарова & Трушкова, 2018), когда высокие бюджетные расходы могут неэффективно соотноситься с конечными результатами, что требует пересмотра механизма поддержки. Как отмечают зарубежные ученые (Thiel & Leeuw, 2002), важно понимать, что парадокс заключается не в самой результативности, а в отчетах об исполнении. Это может означать, что результативность хуже, чем сообщается (перепредставленность), или, наоборот, лучше, чем сообщается (недопредставленность). Важно обращать внимание на другие факторы развития неоднородности, такие как ограничения и риски, которые могут замедлять процесс адаптации и повышать неэффективность использования бюджетных средств (кластер «Средний I_{ap} — Высокий EB »).

Благодарность

Публикация подготовлена в рамках выполнения НИР по госзаданию Института экономики Уральского отделения РАН на 2021–2023 гг. №0327-2021-0011 «Институциональные модели и факторы социальной и экономической адаптации населения региона в условиях перехода к динамичному развитию»

Список источников

1. Воеводина, Е. В., Гармонова, А. В., Опфер, Е. А., Щеглова, Д. В. (2022). География неоднородности в цифровых компетенциях российских магистрантов. *Информационное общество*, 4, 26–34. doi: 10.52605/16059921_2022_04_26
2. Гладкова, А. А., Гарифуллин, В. З., Рагнедда, М. (2019). Модель трех уровней цифрового неравенства: современные возможности и ограничения (на примере исследования Республики Татарстан). *Вестник Московского университета. Серия 10. Журналистика*, 4, 46–56. doi: 10.30547/vestnik.journ.4.2019.4172

3. Добринская, Д. Е., Мартыненко, Т. С. (2020). Возможно ли цифровое равенство? (о книге Я. ван Дейка «Цифровой разрыв»). *Социологические исследования*, 10, 158–164. doi: 10.31857/S013216250009459-7
4. Добролюбова, Е. И. (2019). Методические подходы к оценке от выгод от цифровизации государственного управления для граждан. *Вопросы управления*, 5(60), 51–62. doi: 10.22394/2304-3369-2019-5-51-62
5. Макарова, М. Н., Трушкова, Е. А. (2018). «Парадоксы результативности» стратегического планирования социально-экономического развития города (на примере городского округа Заречный). *Вестник УрФУ. Серия экономика и управление*, 17(4), 635–650. doi: 10.15826/vestnik.2018.17.4.028
6. Семенов, С. В., Котылева, Е. А., Дубровина, Л. В. (2020). Цифровые возможности и навыки граждан в современных условиях. *Региональные проблемы преобразования экономики*, 3, 75–82. doi: 10.26726/1812-7096-2020-3-75-82
7. Шабунова, А. А., Груздева, М. А., Калачикова, О. Н. (2020). Поселенческий аспект цифрового неравенства в современной России. *Проблемы развития территории*, 4, 7–19. doi: 10.15838/ptd.2020.4.108.1
8. Baldini, G., Barboni, M., Bono, F., Delipetrev, B., Duch, B., N., Fernandez Macias, E., Gkoumas, K., Joossens, E., Kalpaka, A., Nepelski, D., Nunes de Lima, V., Pagano, A., Pretticco, G., Sanchez, I., Sobolewski, M., Triaille, J.-P., Tsakalidis, A., Urzi Brancati, M. C., Desruelle, P. (2019). *Digital Transformation in Transport, Construction, Energy, Government and Public Administration: Publications Office of the European Union (EUR 29782 EN)*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/689200>, doi: 10.2760/689200
9. Caliskan, A., Ozkan-Özen, Y. D., Ozturkoglu, Y. (2021). Digital Transformation of Traditional Marketing Business Model in New Industry Era. *Journal of Enterprise Information Management*, 3(4), 1252–1273. doi: 10.1108/jeim-02-2020-0084
10. Colombo, F., Aroldi, P., Carlo, S. (2015). New elders, old divides: ICTs, inequalities and well-being amongst young elderly Italians. *Comunicar*, 23, 45, 47–55. doi: 10.3916/C45-2015-05
11. Hargittai, E. (2002). Second-Level Digital Divide: Differences in People's Online Skills. *First Monday*, 7(4). doi: 10.5210/fm.v7i4.942
12. Loonam, J., Eaves, S., Kumar, V., Parry, G. (2018). Towards Digital Transformation: Lessons Learned from Traditional Organizations. *Strategic Change*, 27(2), 101–109. doi: 10.1002/jsc.2185
13. Poushter, J. (2016) Smartphone ownership and Internet usage continues to climb in emerging economies. *Pew Research Center*, 22, 1–44.
14. Remane, G., Hanelt, A., Nickerson, R. C., Kolbe, L. M. (2017). Discovering Digital Business Models in Traditional Industries. *Journal of Business Strategy*, 38(2), 1–51. doi: 10.1108/jbs-10-2016-0127/
15. Thiel, S., Leeuw, F. L. (2002). The performance paradox in the public sector. *Public Performance & Management Review*, 25(3), 267–281. doi: 10.2307/3381236

16. Vartanova, E., Gladkova, A. (2019). New forms of the digital divide. In J. Trappel (Ed.). *Digital Media Inequalities: Policies against Divides, Distrust and Discrimination*, 193–213. Nordicom bokserie.

Трушкова Екатерина Александровна — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0000-0001-7232-2576> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; trushkova_ea@inbox.ru).

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТА ПРОГРАММНОГО ТЕРМИНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫПУСКОМ ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. В работе рассматривается задача оптимизации гарантированного результата (минимаксный подход) управления выпуском продукции предприятия. Для моделирования динамики рассматриваемого процесса управления предлагается использовать новую модель в виде системы линейных дискретных рекуррентных уравнений. Базовыми параметрами разработанной модели являются фазовый вектор объекта управления (предприятия), вектор спроса на продукцию предприятия, вектор управляющего воздействия и вектор, описывающий априори неопределенные риски (возмущения), которые возникают в процессе выпуска продукции предприятия. В статье описывается формализация задачи оптимизации гарантированного (минимаксного) результата программного терминального управления выпуском продукции предприятия при наличии выпуклой целевой функции и рисков. Для исследуемой задачи приводится конструктивная методика ее решения, которая может служить основой для разработки соответствующего численного алгоритма.

Ключевые слова: производство продукции предприятием, система линейных дискретных рекуррентных уравнений, оптимизация управления, априори неопределенные риски, минимаксный подход

Введение

В работе рассматривается задача оптимизации гарантированного результата — минимаксный подход управления выпуском продукции предприятия (Карлин, 1964; Красовский, 1968; Красовский & Субботин, 1974; Шорилов, 1997). Для моделирования динамики рассматриваемого процесса управления предлагается использовать новую динамическую модель в виде системы линейных дискретных рекуррентных уравнений. Базовыми параметрами разработанной модели являются фазовый вектор объекта управления – предприятия, вектор спроса на продукцию предприятия, вектор управляющего воздействия и вектор, описывающий априори неопределенные риски (возмущения), которые возникают в процессе выпуска продукции предприятием. Вектор управления принимает в каждый период времени только конечный набор значений, а фазовый вектор модели, вектор спроса и вектор рисков ограничены выпуклыми

многогранниками-компактами (с конечным числом вершин) в соответствующих конечномерных векторных пространствах. В качестве критерия качества при осуществлении рассматриваемого процесса управления используется выпуклая терминальная целевая функция, определенная на реализациях фазового вектора объекта управления в финальный период времени. Для исходной задачи предлагается математическая формализация в форме многошаговой задачи минимаксного программного терминального управления выпуском продукции предприятия (Красовский, 1968; Красовский & Субботин, 1974; Шорилов, 1997; Шорилов, 2006) при наличии выпуклой целевой функции и рисков. В статье описывается конструктивная методика решения рассматриваемой задачи, которая основывается на общем рекуррентном алгебраическом методе (Шорилов, 1997) построения областей достижимости (прогнозных множеств) линейных дискретных управляемых динамических систем, и обсуждается возможность ее реализации в виде соответствующего компьютерного приложения. Полученные в работе результаты основываются на исследованиях (Шорилов, 1997; Шорилов, 2006; Шорилов & Рассадина, 2012) и могут быть использованы для решения практических задач экономики, математические модели которых представлены, например, в работах (Канторович, 1960; Канторович & Горстко, 1972; Лотов, 1984; Макаров и др., 2021; Первозванский, 1975; Тер-Крикоров, 1977; Федоренко, 1977; Cheng W. & Xiao-Bing, 2013; David et al., 2012; Dynamic Model..., 2012; Olanrele et al., 2014; Development of a Dynamic Programming..., 2014; Zhang et al., 2021).

Формирование дискретной динамической модели управления выпуском продукции предприятия при наличии рисков

Ниже приведем формализацию дискретной управляемой модели, описывающей динамику основных параметров производственной системы и имеющиеся ограничения в рассматриваемом процессе оптимизации управления выпуском продукции.

Пусть на заданном целочисленном промежутке времени (далее просто — промежутке времени) $0, T = \{0, 1, \dots, T\}$ ($T \in \mathbb{N}$), здесь и далее, $\mathbb{N}$ — множество всех натуральных чисел) рассматривается процесс управления выпуском продукции предприятия. Тогда используя результаты работ (Шорилов, 1997; Шорилов, 2006; Шорилов & Рассадина, 2012) можно сформировать следующую новую систему линейных дискретных рекуррентных уравнений, описывающую динамику рассматриваемого процесса выпуска продукции предприятием, которая учитывает объемы спроса на продукцию пред-

приятия, управляющее воздействие и наличие рисков (априори неопределенных возмущений):

$$\left\{ \begin{array}{l} x(t+1) = H(t)x(t) + \bar{u}(t) - \bar{s}(t) + \omega^{(1)}(t) \left(\varepsilon^{(1)}(t) \right)', \\ x(0) = x_0 = 0_{\bar{n}}, \bar{s}(0) = \bar{s}_0, \\ z(t+1) = R(t)z(t) + v(t) - \bar{A}(t)\bar{u}(t) + \omega^{(2)}(t) \left(\varepsilon^{(2)}(t) \right)', \\ z(0) = z_0, \\ k(t+1) = \gamma(t)k(t) + \\ + \alpha \cdot \left(\langle c(t), \bar{s}(t) \rangle_{\bar{n}} - \langle q(t), l(t) \rangle_m - \langle p(t), x(t) \rangle_{\bar{n}} - \langle d(t), z(t) \rangle_m \right) - \\ - \beta(t) \cdot G + \omega^{(3)}(t) \varepsilon^{(3)}(t), \\ k(0) = k_0 = G + G_0, \\ Z(t+1) = Z(t) + \langle q(t), l(t) \rangle_m + \langle p(t), x(t) \rangle_{\bar{n}} + \\ + \langle d(t), z(t) \rangle_m + \beta(t)G + \omega^{(4)}(t) \varepsilon^{(4)}(t), \\ Z(0) = \langle p(0), x(0) \rangle_{\bar{n}} + \langle d(0), z(0) \rangle_m, t \in \overline{0, T-1}, \end{array} \right. \quad (1)$$

где $\bar{n}$ — общее количество видов готовой продукции предприятия ($\bar{n} \in \mathbf{N}$); m — общее количество типов ресурсов, из которых можно произвести данную продукцию, $m \in \mathbf{N}$; $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_{\bar{n}}(t))'$ — вектор объемов остатков готовой продукции, хранящейся на складах предприятия в период времени $t \in \overline{0, T}$, $x(t) \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$ (здесь и далее для $\delta \in \mathbf{N}$, $\mathbf{R}^{\delta}$ — δ -мерное векторное пространство векторов-столбцов, даже если из экономии места они записаны в строку); $0_{\bar{n}} = \underbrace{(0, 0, \dots, 0)'}_{\bar{n}} \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$; $z(t) = (z_1(t), z_2(t), \dots, z_m(t))'$ — вектор объемов

остатков производственных ресурсов, хранящихся на складах предприятия в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $z(t) \in \mathbf{R}^m$; $\bar{A}(t) = \left\| \bar{a}_{ij}(t) \right\|_{i \in \overline{1, m}, j \in \overline{1, \bar{n}}}$

— матрица норм затрат ресурсов в период времени $t \in \overline{0, T-1}$ размерности $(m \times \bar{n})$ ($\bar{a}_{ij}(t)$) — количество ресурса i -го типа, необходимого для изготовления единичного объема продукции j -го вида, $i \in \overline{1, m}$, $j \in \overline{1, \bar{n}}$; $\bar{u}(t) = (\bar{u}_1(t), \bar{u}_2(t), \dots, \bar{u}_{\bar{n}}(t))'$ — вектор интенсивностей производства готовой продукции в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $u(t) \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$; $v(t) = (v_1(t), v_2(t), \dots, v_m(t))'$ — вектор интенсивностей пополнения складских ресурсов в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $v(t) \in \mathbf{R}^m$; $\varepsilon(t) = ((\varepsilon^{(1)}(t))', (\varepsilon^{(2)}(t))', \varepsilon^{(3)}(t), \varepsilon^{(4)}(t))'$ — вектор рисков (неконтролируемых возмущений) в системе в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $\varepsilon(t) \in \mathbf{R}^{\bar{n}+m+2}$; $\omega(t) = ((\omega^{(1)}(t))', (\omega^{(2)}(t))', \omega^{(3)}(t), \omega^{(4)}(t))'$ — заданный вектор в период

времени $t \in \overline{0, T-1}$, $\omega(t) \in \mathbf{R}^{\bar{n}+m+2}$; $\bar{s}(t) = (\bar{s}_1(t), \bar{s}_2(t), \dots, \bar{s}_{\bar{n}}(t))'$ — заданный (прогнозируемый) вектор объемов спроса на готовую продукцию предприятия, выпускаемую в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $\bar{s}(0) \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$; $\bar{s}(0) = (\bar{s}_1(0), \bar{s}_2(0), \dots, \bar{s}_{\bar{n}}(0))' = \bar{s}_0$ — вектор начального объема спроса на готовую продукцию при реализации процесса управления в начальный период времени (при $t=0$), $\bar{s}_0 \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$; $z(0) = (z_1(0), z_2(0), \dots, z_m(0))' = z_0$ — вектор начального объема производственных ресурсов при реализации процесса управления в начальный период времени (при $t=0$), $z_0 \in \mathbf{R}^m$; если в начале периода времени $t \in \overline{0, T-1}$ на складе имелись запасы готовой продукции в количестве $x(t)$, то к концу этого периода для реализации будет годна только ее часть, равная $H(t)x(t)$, где $H(t) = \|h_{jj}(t)\|_{j \in \overline{1, \bar{n}}}$ — есть диагональная матрица размерности $(\bar{n} \times \bar{n})$, характеризующая «старение» продукции за этот период; для запасов производственных ресурсов, описываемых вектором $z(t)$, к концу периода $t \in \overline{0, T-1}$ для использования в производстве будет годна только их часть, равная $R(t)z(t)$, где $R(t) = \|r_{ii}(t)\|_{i \in \overline{1, m}}$ — диагональная матрица размерности $(m \times m)$, характеризующая «старение» производственных ресурсов за этот период времени; финансовые средства на инвестиции в расширение производства в начальный период управления (при $t=0$) предприятие предполагает формировать на основе банковского кредита в объеме G и собственных финансовых ресурсов G_0 , отчисляемых от чистой прибыли и направляемых на расширение производства; $k(t)$ — количество доступных финансовых средств, имеющих к началу периода $t \in \overline{0, T-1}$; $\gamma(t)$ — числовой коэффициент ($0 \leq \gamma(t) \leq 1$), характеризующий «непредвиденные издержки» финансовых ресурсов за период времени $t \in \overline{0, T-1}$; α — коэффициент, учитывающий долю налоговых отчислений от прибыли; $\beta(t) = r/100 + \beta_e(t)$, здесь r — годовая процентная ставка за пользование кредитом, $\beta_e(t)$ — доля возвращаемого кредита в период $t \in \overline{0, T-1}$; $c(t) = (c_1(t), c_2(t), \dots, c_{\bar{n}}(t))'$ — вектор реальных закупочных цен на реализованную продукцию, произведенную предприятием в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $c(t) \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$; $q(t) = (q_1(t), q_2(t), \dots, q_m(t))'$ — вектор реальных цен на производственные ресурсы, необходимые предприятию для производства продукции в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $q(t) \in \mathbf{R}^m$; $p(t) = (p_1(t), p_2(t), \dots, p_{\bar{n}}(t))'$ — вектор затрат предприятия на хранение на складе остатков готовой продукции в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $p(t) \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$; $d(t) = (d_1(t), d_2(t), \dots, d_m(t))'$ — вектор затрат предприятия на хранение на складе остатков производственных ресурсов в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $d(t) \in \mathbf{R}^m$; вектор $l(t) = \left(\langle \bar{a}_1^{(1)}(t), \bar{u}(t) \rangle_{\bar{n}}, \langle \bar{a}_2^{(1)}(t), \bar{u}(t) \rangle_{\bar{n}}, \dots, \langle \bar{a}_m^{(1)}(t), \bar{u}(t) \rangle_{\bar{n}} \right)' \in \mathbf{R}^m$; вектор

$\bar{a}_i^{(1)}(t) = (\bar{a}_{i1}(t), \bar{a}_{i2}(t), \dots, \bar{a}_{im}(t))' \in \mathbf{R}^{\bar{n}}, i \in \overline{1, m}, t \in \overline{0, T-1}; Z(t)$ — общие суммарные издержки предприятия за t периодов времени, $t \in \overline{0, T-1}$.

Отметим, что параметры $\bar{A}(t), H(t), R(t), \omega(t), \bar{s}(t), c(t), q(t), p(t), d(t), \alpha, \beta(t), \gamma(t), t \in \overline{0, T-1}, x_0, z_0, k_0, G, G_0$ в системе (1) должны быть известны заранее (например, формироваться исходя из имеющихся статистических данных о рассматриваемом процессе, технических и экономических прогнозов и др. источников путем применения методов оценивания данных и идентификации параметров рассматриваемой системы).

Пусть вектор $y(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_{\bar{n}}(t), z_1(t), z_2(t), \dots, z_m(t), k(t), Z(t))' = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t))'$ является фазовым вектором для системы (1) в период времени $t \in \overline{0, T}, y(t) \in \mathbf{R}^n$, где $n = \bar{n} + m + 2$, координаты которого характеризуют параметры состояния рассматриваемого производственного предприятия — объекта I; вектор $\bar{u}(t) = (\bar{u}_1(t), \bar{u}_2(t), \dots, \bar{u}_{\bar{n}}(t), v_1(t), v_2(t), \dots, v_m(t)) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_p(t))'$ является вектором управляющего воздействия (управления) для системы (1) в период времени $t \in \overline{0, T-1}, u(t) \in \mathbf{R}^p$, где $p = \bar{n} + m$, которым распоряжается хозяйствующий субъект — агент E; вектор

$$s(t) = \left(\bar{s}_1(t), \bar{s}_2(t), \dots, \bar{s}_{\bar{n}}(t), \underbrace{0, 0, \dots, 0}_{m+2} \right)' = (s_1(t), s_2(t), \dots, s_n(t))' \quad \text{является}$$

вектором спроса на продукцию предприятия для системы (1) в период времени $t \in \overline{0, T-1}, s(t) \in \mathbf{R}^n$ и полагается заданным; вектор $\varepsilon(t) = ((\varepsilon^{(1)}(t))', (\varepsilon^{(2)}(t))', \varepsilon^{(3)}(t), \varepsilon^{(4)}(t))' = (\varepsilon_1(t), \varepsilon_2(t), \dots, \varepsilon_n(t))'$ является вектором рисков (априори неопределенных возмущений) для системы (1) в период времени $t \in \overline{0, T-1}, \varepsilon(t) \in \mathbf{R}^n$.

Тогда систему (1), которая моделирует динамику рассматриваемого процесса выпуска продукции предприятием — объекта I, можно представить в форме векторно-матричного линейного дискретного рекуррентного уравнения вида:

$$y(t+1) = A(t)y(t) + B(t)u(t) - s(t) + \omega(t)(\varepsilon(t))', y(0) = y_0, t \in \overline{0, T-1}, \quad (2)$$

где $A(t)$ и $B(t)$ есть действительные матрицы порядков $(n \times n)$ и $(n \times p)$ соответственно, элементы которых формируются из системы (1) и их вид подробно описывается в работе (Шорилов & Рассадина, 2012); $(y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t))'$ — фазовый вектор объекта I в период времени $t \in \overline{0, T}; (u_1(t), u_2(t), \dots, u_p(t))'$ — вектор управляющего воздействия (управления) агента E в период времени $t \in \overline{0, T-1}; \varepsilon(t) = (\varepsilon_1(t), \varepsilon_2(t), \dots, \varepsilon_n(t))'$ — вектор априори неопределенных рисков (возмущений) в период времени $t \in \overline{0, T-1}$;

$\omega(t) = (\omega_1(t), \omega_2(t), \dots, \omega_n(t))'$ — заданный вектор, который характеризует уровень влияния рисков на динамику рассматриваемого процесса выпуска продукции предприятием в период времени $t \in \overline{0, T-1}$.

Отметим, что векторно-матричное уравнение (2) позволяет моделировать динамику многошагового процесса управления выпуском продукции предприятия, т. е. объектом I, в зависимости от заданных начальных условий для фазового вектора, выбора конкретных реализаций вектора спроса, вектора управляющего воздействия (управления) и вектора рисков.

Предполагается, что в рассматриваемом процессе управления выпуском продукции предприятия для каждого периода времени $t \in \overline{0, T}$ значения фазового вектора $y(t) = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t))' \in \mathbf{R}^n$ объекта I должны удовлетворять следующему заданному геометрическому ограничению:

$$y(t) \in Y_*(t) \subset \mathbf{R}^n, \quad (3)$$

где каждое множество $Y_*(t) \neq \emptyset$ и есть выпуклый многогранник-компакт (с конечным числом вершин) в пространстве $\mathbf{R}^n$, определяющий имеющиеся в процессе производства технико-экономические ограничения на основные параметры продукции и используемых сырья, материалов и комплектующих. Для каждого периода времени $t \in \overline{0, T}$ соответствующее множество $Y_*(t)$ может быть задано, например, в виде многомерного параллелепипеда в пространстве $\mathbf{R}^n$, а именно, с помощью формулы

$$Y_*(t) = \{y(t) : y(t) = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t))' \in \mathbf{R}^n, \forall i \in \overline{1, n} : 0 \leq y_i(t) \leq y_i^*(t),$$

где $\forall i \in \overline{1, n} : y_i^*(t) \in \mathbf{R}^1, y_i^*(t) \geq 0$.

В рассматриваемом процессе управления для каждого периода времени $t \in \overline{0, T-1}$ значения вектора управления $u(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_p(t))' \in \mathbf{R}^p$, которым распоряжается субъект управления — агент E, должны удовлетворять следующему заданному ограничению

$$u(t) \in U_*(t) = \{u^{(1)}(t), u^{(2)}(t), \dots, u^{(K_t)}(t)\} \subset \mathbf{R}^p, \quad (4)$$

где $K_t \in \mathbf{N}$; каждое множество $U_*(t) \neq \emptyset$ и есть конечное множество из K_t векторов в пространстве $\mathbf{R}^p$, определяющее возможные в процессе производства технико-экономические ограничения на ресурсы управления выпуском продукции предприятия, т. е. определяет ресурс (возможные сценарии) управления.

Для каждого периода времени $t \in \overline{0, T-1}$ значения вектора спроса на продукцию предприятия $s(t) = (s_1(t), s_2(t), \dots, s_n(t))' \in \mathbf{R}^n$

должны удовлетворять следующему заданному геометрическому ограничению:

$$s(t) \in \mathbf{S}_*(t) \subset \mathbf{R}^n, \quad (5)$$

где каждое множество $\mathbf{S}_*(t) \neq \emptyset$ и есть выпуклый многогранник-компакт (с конечным числом вершин) в пространстве $\mathbf{R}^n$, определяющий имеющиеся на предприятии и рынке технико-экономические ограничения на объемы выпуска продукции предприятием. Для каждого периода времени $t \in \overline{0, T-1}$ соответствующее множество $\mathbf{S}_*(t)$ может быть задано, например, в виде многомерного параллелепипеда в пространстве $\mathbf{R}^n$, а именно, с помощью формулы

$$\mathbf{S}_*(t) = \{s(t) : s(t) = (s_1(t), s_2(t), \dots, s_n(t))' \in \mathbf{R}^n, \forall i \in \overline{1, n} : 0 \leq s_i(t) \leq s_i^*(t)\},$$

где $\forall i \in \overline{1, n} : s_i^*(t) \in \mathbf{R}^1, s_i^*(t) \geq 0$.

Предполагается также, что для каждого периода времени $t \in \overline{0, T-1}$ и фиксированного вектора управления $u(t) \in \mathbf{U}_*(t)$ агента E значения вектора рисков $\varepsilon(t) = (\varepsilon_1(t), \varepsilon_2(t), \dots, \varepsilon_n(t))' \in \mathbf{R}^n$, влияющего на динамику процесса управления выпуском продукции предприятия, должны удовлетворять следующему заданному геометрическому ограничению:

$$\varepsilon(t) \in \mathbf{E}_*(t; u(t)) \subset \mathbf{R}^n, \quad (6)$$

где каждое множество $\mathbf{E}_*(t; u(t)) \neq \emptyset$ и есть выпуклый многогранник-компакт (с конечным числом вершин) в пространстве $\mathbf{R}^n$, определяющий множество допустимых значений этого вектора. Отметим, что для каждого периода времени $t \in \overline{0, T-1}$ соответствующее множество $\mathbf{E}_*(t; u(t))$ может быть задано, например, в виде многомерного параллелепипеда в пространстве $\mathbf{R}^n$, а именно, с помощью формулы

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_*(t; u(t)) &= \{\varepsilon(t) : \varepsilon(t) = (\varepsilon_1(t), \varepsilon_2(t), \dots, \varepsilon_n(t))' \in \mathbf{R}^n, \\ &\forall i \in \overline{1, n} : \varepsilon_{i*}(t; u(t)) \leq \varepsilon_i(t) \leq \varepsilon_i^*(t; u(t))\}, \end{aligned}$$

где $\forall i \in \overline{1, n} : \varepsilon_{i*}(t; u(t)) \in \mathbf{R}^1, \varepsilon_i^*(t; u(t)) \in \mathbf{R}^1, \varepsilon_{i*}(t; u(t)) \geq 0$.

Предполагается, что в рассматриваемом процессе управления агенту E для каждого фиксированного периода времени $\tau \in \overline{0, T-1}$ известны (на основе выполненных измерений) фазовый вектор $y(\tau) = y_\tau$ объекта I в период времени τ ($y(0) = y_0 \in \mathbf{Y}_{*0}$) и $s_\tau(\cdot) = \{s_\tau(t)\}_{t \in \overline{\tau, T-1}}$ — прогнозируемая на промежутке времени τ, T вектор-функция спроса ($\forall t \in \overline{\tau, T-1} : s_\tau(t) \in \mathbf{S}_*(t)$). Предполагается также, что системы уравнений (1) и (2), описывающие динамику модели объекта I , и ограничения (3)–(6) для него также известны.

Формализация задачи минимаксного программного терминального управления выпуском продукции предприятия

Введем ряд определений, которые необходимы для строгой математической формализации задачи минимаксного программного терминального управления выпуском продукции предприятия, в которой динамика объекта управления и ограничения на фазовый вектор, вектор спроса, вектор управления и вектор рисков описываются экономико-математической моделью (1)–(6).

Для любых множеств X и Y множество $X \times Y$ есть произведение X и Y , т. е. множество всех пар $\{x \times y\}$, таких, что $x \in X, y \in Y$ (аналогичное обозначение используется и для большего числа множеств).

Здесь и далее для $k \in \mathbf{N}$ и любого целочисленного промежутка $\bar{i}, \bar{j}$ ($\bar{i}, \bar{j} \in \mathbf{Z}: i \leq j; \mathbf{Z}$ — множество всех целых чисел) символом $\mathbf{S}_k(\bar{i}, \bar{j})$ будем обозначать метрическое пространство функций $\omega: \bar{i}, \bar{j} \rightarrow \mathbf{R}^k$ целочисленного аргумента, в котором метрика ρ_k задается соотношением

$$\rho_k(\omega_1(\cdot), \omega_2(\cdot)) = \max_{t \in \bar{i}, \bar{j}} \|\omega_1(t) - \omega_2(t)\|_k, \quad \{\omega_1(\cdot), \omega_2(\cdot)\} \in \mathbf{S}_k(\bar{i}, \bar{j}) \times \mathbf{S}_k(\bar{i}, \bar{j}),$$

а символом $\text{comp } \mathbf{S}_k(\bar{i}, \bar{j})$ — множество всех непустых и компактных, в смысле этой метрики, подмножеств пространства $\mathbf{S}_k(\bar{i}, \bar{j})$ (здесь и далее для любого вектора $a \in \mathbf{R}^k$ символом $\|a\|_k$ обозначается значение евклидовой нормы этого вектора в пространстве $\mathbf{R}^k$).

Для фиксированного периода времени τ ($\tau \in \overline{0, T-1}$) на основании ограничения (4) определим конечное множество $\mathbf{U}(\tau, T) \subset \mathbf{S}_p(\tau, T-1)$ допустимых программных управлений агента E (всех возможных сценариев реализации вектор-функции управления) на промежутке времени τ, T следующим соотношением:

$$\mathbf{U}(\tau, T) = \{u_\tau(\cdot) : u_\tau(\cdot) \in \mathbf{S}_p(\tau, T-1), u_\tau(\cdot) = \{u_\tau(t)\}_{t \in \overline{\tau, T-1}}, \forall t \in \overline{\tau, T-1}, u_\tau(t) \in \mathbf{U}_*(t)\}. \quad (7)$$

Далее, для фиксированного периода времени τ ($\tau \in \overline{0, T-1}$) на основании ограничения (5) определим множество $\mathbf{S}(\tau, T) \subset \mathbf{S}_n(\tau, T-1)$ допустимых вектор-функций спроса (всех возможных сценариев реализации вектор-функции спроса) на промежутке времени τ, T следующим соотношением:

$$\mathbf{S}(\tau, T) = \{s_\tau(\cdot) : s_\tau(\cdot) \in \mathbf{S}_n(\tau, T-1), s_\tau(\cdot) = \{s_\tau(t)\}_{t \in \overline{\tau, T-1}}, \forall t \in \overline{\tau, T-1}, s_\tau(t) \in \mathbf{S}_*(t)\}. \quad (8)$$

Аналогичным образом, для фиксированного периода времени $\tau \in \overline{0, T-1}$ и фиксированного на промежутке времени τ, T управления $u_\tau(\cdot) \in \mathbf{U}(\tau, T)$ агента E на основании ограничения (6) определим множество $\mathbf{E}(\tau, T; u_\tau(\cdot)) \subset \mathbf{S}_n(\tau, T-1)$ допустимых вектор-функций ри-

сков $\varepsilon_\tau(\cdot) \in \mathbf{S}_n(\tau, T-1)$ (всех возможных сценариев реализации вектора-функции рисков) на промежутке времени τ, T , соответствующих программному управлению $u_\tau(\cdot)$, следующим соотношением:

$$\begin{aligned} \mathbf{E}(\tau, T; u_\tau(\cdot)) = \{\varepsilon_\tau(\cdot) : \varepsilon_\tau(\cdot) \in \mathbf{S}_n(\tau, T-1), \varepsilon_\tau(\cdot) = \{\varepsilon_\tau(t)\}_{t \in \tau, T-1}, \\ \forall t \in \tau, T-1, \varepsilon_\tau(t) \in \mathbf{E}_\tau(t; u_\tau(t))\}. \end{aligned} \quad (9)$$

Назовем набор $w(\tau) = \{\tau, y(\tau), s_\tau(\cdot)\} = w_\tau \in \overline{0, T} \times \mathbf{R}^n \times \mathbf{S}_n(\tau, T-1)$ ($w(0) = \{0, y_0, s_0(\cdot)\} = w_0$) τ -позицией дискретной управляемой динамической системы (1)–(6), или просто — τ -позицией системы ($s_0(\cdot) = \{s_0(t)\}_{t \in \overline{0, T-1}}$). Для каждого периода времени $\tau \in \overline{0, T}$ определим также множество $\mathbf{W}(\tau) = \{\tau\} \times \mathbf{Y}_*(t) \times \mathbf{S}(\tau, T)$ ($\mathbf{W}(0) = \mathbf{W}_0 = \{0\} \times \mathbf{Y}_{*0} \times \mathbf{S}(\overline{0, T})$) всех допустимых τ -позиций рассматриваемой системы.

Далее, пусть $y(\cdot) = \psi_{\tau, T}(\cdot; y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot)) = \{y(t)\}_{t \in \tau, T}$ допустимая на промежутке времени $\tau, T \subseteq \overline{0, T}$ фазовая траектория объекта I, соответствующая допустимому набору $\{w(\tau), u_\tau(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot)\} \in \mathbf{W}(\tau) \times \mathbf{U}(\tau, T) \times \mathbf{E}(\tau, T; u_\tau(\cdot))$, $w(\tau) = \{\tau, y_\tau, s_\tau(\cdot)\} = w_\tau$, ($w(0) = \{0, y_0, s_0(\cdot)\} = w_0$), если $\forall t \in \tau, T: y(t) = \psi_{\tau, T}(t; y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot)) \in \mathbf{Y}_*(t)$, $y(\tau) = y_\tau$, где $\psi_{\tau, T} : \mathbf{R}^n \times \mathbf{S}_n(\tau, T-1) \times \mathbf{S}_p(\tau, T-1) \times \mathbf{S}_n(\tau, T-1) \rightarrow \mathbf{S}_n(\tau, T)$ — оператор правой части системы (2), действующий на промежутке времени τ, T , и такой, что каждому набору $\{y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot)\} \in \mathbf{R}^n \times \mathbf{S}_n(\tau, T-1) \times \mathbf{S}_p(\tau, T-1) \times \mathbf{S}_n(\tau, T-1)$ ставится в соответствие фазовая траектория $y(\cdot) = \{y(t)\}_{t \in \tau, T} = \psi_{\tau, T}(\cdot; y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot)) \in \mathbf{S}_n(\tau, T)$ объекта I, где $y(\tau) = y_\tau$.

Для рассматриваемого на промежутке времени $\tau, T \subseteq \overline{0, T}$ процесса программного управления выпуском продукции предприятия введем в рассмотрение выпуклую терминальную целевую функцию $\Phi_{\tau, T}$ агента E, которая задается отображением $\Phi_{\tau, T} : \mathbf{W}(\tau) \times \mathbf{U}(\tau, T) \times \mathbf{E}(\tau, T; u_\tau(\cdot)) \rightarrow \mathbf{R}^1$ и значения которой для допустимых реализаций наборов $\{w(\tau), u_\tau(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot)\} \in \mathbf{W}(\tau) \times \mathbf{U}(\tau, T) \times \mathbf{E}(\tau, T; u_\tau(\cdot))$, $w(\tau) = \{\tau, y(\tau), s_\tau(\cdot)\} = \{\tau, y_\tau, s_\tau(\cdot)\} = w_\tau \in \mathbf{W}(\tau)$ ($w(0) = \{0, y(0), s_0(\cdot)\} = \{0, y_0, s_0(\cdot)\} = w_0 \in \mathbf{W}_{*0}$) определяются на основании соответствующего выпуклого терминального функционала $\lambda : \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^1$ по формуле

$$\Phi_{\tau, T}(w_\tau, u_\tau(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot)) = \lambda(\psi_{\tau, T}(T; y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot))) = \lambda(y(T)), \quad (10)$$

где $y(T) = \psi_{\tau, T}(T; y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot))$ — финальный фазовый вектор фазовой траектории $y(\cdot) = \{y(t)\}_{t \in \tau, T} = \psi_{\tau, T}(\cdot; y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot))$ объекта I на промежутке времени τ, T , соответствующей набору $\{y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot)\}$, которая является допустимой, т. е. $\forall t \in \tau + 1, T$ в силу ограничения (3) должно выполняться условие: $y(t) = \psi_{\tau, T}(t; y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot)) \in \mathbf{Y}_*(t)$.

Предполагается, что выпуклый терминальный функционал λ имеет непрерывные частные производные относительно координат фазового вектора у объекта I.

Тогда на содержательном уровне цель агента E в рассматриваемом процессе управления можно сформулировать следующим образом. Агенту E в рассматриваемом на промежутке времени τ, T в процессе управления выпуском продукции предприятия при известных ему значениях — фазового вектора $y(\tau) = y_\tau$ объекта I в период времени τ ($y(0) = y_0 \in Y_0$), прогнозируемой на промежутке времени τ, T вектор-функции спроса $s_\tau(\cdot) = \{s_\tau(t)\}_{t \in \tau, T-1}$ ($\forall t \in \tau, T-1: s_\tau(t) \in S_\tau(t)$) и заданной терминальной целевой функции $\Phi_{\tau, T}$, оценивающей качество реализации процесса на промежутке времени τ, T , значения которой вычисляются по формуле (10) на основании выпуклого терминального функционала λ , — требуется нахождение такого допустимого программного управления $u_\tau^{(e)}(\cdot) = \{u_\tau^{(e)}(t)\}_{t \in \tau, T-1}$ ($\forall t \in \tau, T-1: u_\tau^{(e)}(t) \in U_\tau(t)$) агента E , которое гарантирует ему наименьшее значение целевой функции $\Phi_{\tau, T}$ при возможных наихудших, т. е. максимизирующих ее значение, реализациях вектор-функции рисков $\varepsilon_\tau^{(e)}(\cdot) = \{\varepsilon_\tau^{(e)}(t)\}_{t \in \tau, T-1}$ ($\forall t \in \tau, T-1: \varepsilon_\tau^{(e)}(t) \in E_\tau(t; u_\tau^{(e)}(t))$).

Таким образом, динамическая система (1)–(10) является экономико-математической моделью для рассматриваемого процесса программного управления выпуском продукции предприятия при наличии выпуклой целевой функции и рисков.

В рамках сформированной экономико-математической модели (1)–(10), описывающей на рассматриваемом целочисленном промежутке времени $0, T$ соотношениями (1)–(6) динамику фазового вектора объекта I — набора основных параметров предприятия, характеризующих его состояние, ограничения на реализации — фазового вектора объекта I , вектора управления агента E , вектора спроса и вектора рисков, введенные соотношениями (7)–(9) вспомогательные элементы, а также выпуклую целевую функцию λ , значения которой определяются по формуле (10), можно сформулировать следующую многошаговую задачу 1 минимаксного программного терминального управления выпуском продукции предприятия при наличии выпуклой целевой функции и рисков.

Задача 1. Для рассматриваемого на промежутке времени $0, T$ ($T \in \mathbb{N}$) многошагового процесса управления выпуском продукции предприятия, описываемого дискретной управляемой динамической системой (1)–(6), заданных периода времени $\tau \in 0, T-1$, τ -позиции системы $w(\tau) = \{\tau, y(\tau), s_\tau(\cdot)\} = \{\tau, y_\tau, s_\tau(\cdot)\} = w_\tau \in W(\tau)$ ($w(0) = \{0, y(0), s_0(\cdot)\} = \{0, y_0, s_0(\cdot)\} = w_0 \in W_0$) и заданной терминальной целевой функции $\Phi_{\tau, T}$, значения которой определяются на основе выпуклого терминального функционала λ , согласно формуле (10), и имеющего непрерывные частные производные по координатам

там фазового вектора у объекта I , агенту E требуется найти множество $\mathbf{U}_{\tau, \overline{T}}^{(e)}(\overline{\tau, T}, w_\tau) \subseteq \mathbf{U}(\overline{\tau, T})$ допустимых программных управлений $u_\tau^{(e)}(\cdot) \in \mathbf{U}(\overline{\tau, T})$ агента E на промежутке времени $\overline{\tau, T}$ и число $\Phi_{\tau, \overline{T}}^{(e)} = c_\lambda^{(e)}(\overline{\tau, T}, w_\tau)$, которые удовлетворяют следующему условию минимакса:

$$\begin{aligned} \mathbf{U}_{\tau, \overline{T}}^{(e)}(\overline{\tau, T}, w_\tau) &= \left\{ u_\tau^{(e)}(\cdot) : u_\tau^{(e)}(\cdot) = \left\{ u_\tau^{(e)}(t) \right\}_{t \in \overline{\tau, T-1}} \in \mathbf{U}(\overline{\tau, T}), \right. \\ \Phi_{\tau, \overline{T}}^{(e)} &= \Phi_{\tau, \overline{T}}(w_\tau, u_\tau^{(e)}(\cdot), \varepsilon_\tau^{(e)}(\cdot)) = \max_{\varepsilon_\tau(\cdot) \in E(\overline{\tau, T}; u_\tau^{(e)}(\cdot))} \Phi_{\tau, \overline{T}}(w_\tau, u_\tau^{(e)}(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot)) = \\ &= \min_{u_\tau(\cdot) \in \mathbf{U}(\overline{\tau, T})} \max_{\varepsilon_\tau(\cdot) \in E(\overline{\tau, T}; u_\tau(\cdot))} \Phi_{\tau, \overline{T}}(w_\tau, u_\tau(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot)) = \\ &= \min_{u_\tau(\cdot) \in \mathbf{U}(\overline{\tau, T})} \max_{\varepsilon_\tau(\cdot) \in E(\overline{\tau, T}; u_\tau(\cdot))} \lambda(\psi_{\tau, \overline{T}}(T; y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot))) = \\ &= \max_{\varepsilon_\tau(\cdot) \in E(\overline{\tau, T}; u_\tau^{(e)}(\cdot))} \lambda(\psi_{\tau, \overline{T}}(T; y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau^{(e)}(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot))) = \\ &= \lambda(\psi_{\tau, \overline{T}}(T; y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau^{(e)}(\cdot), \varepsilon_\tau^{(e)}(\cdot))) = c_\lambda^{(e)}(\overline{\tau, T}, w_\tau), \quad (11) \\ \forall t \in \overline{\tau+1, T} : y_\tau^{(e)}(t) &= \psi_{\tau, \overline{T}}(t; y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau^{(e)}(\cdot), \varepsilon_\tau^{(e)}(\cdot)) \in \mathbf{Y}_*(t), y(0) = y_0 \in \mathbf{Y}_{*0}, \end{aligned}$$

путем реализации конечной последовательности только одношаговых операций, допускающих их алгоритмизацию.

Будем называть $\mathbf{U}_{\tau, \overline{T}}^{(e)}(\overline{\tau, T}, w_\tau)$ — множеством минимаксных программных управлений агента E , а число $\Phi_{\tau, \overline{T}}^{(e)} = c_\lambda^{(e)}(\overline{\tau, T}, w_\tau)$ — оптимальным гарантированным результатом или минимаксным значением целевой функции $\Phi_{\tau, \overline{T}}$ для задачи минимаксного программного терминального управления выпуском продукции предприятия при наличии выпуклой целевой функции и рисков на заданном промежутке времени $\overline{\tau, T}$ для многошаговой дискретной управляемой динамической модели (1)–(10), относительно ее τ -позиции $w(\tau) = w_\tau$ ($w(0) = w_0$).

Учитывая конечность множества допустимых на промежутке времени $\overline{\tau, T}$ программных управлений $\mathbf{U}(\overline{\tau, T})$ агента E , свойства многошаговой дискретной динамической модели (1)–(10) и условие минимакса вида (11) можно показать аналогично тому, как это описано в работе (Шорилов, 1997), что решение сформулированной задачи существует, и далее предлагается методика ее решения.

Методика решения задачи минимаксного программного терминального управления выпуском продукции предприятия при наличии выпуклой целевой функции и рисков

Отметим, что сформулированная задача 1, описываемая экономико-математической моделью вида (1)–(10), (11), не может быть решена перебором допустимых вариантов вектора рисков $\varepsilon(t)$, так как в каждый период $t \in \overline{0, T-1}$ для каждого управления $u(t) \in U_*(t)$ агента E соответствующее множество $E(\tau, \overline{T}; u(t))$, фигурирующее в ограничении (6) и ограничивающее его допустимые значения, в общем случае является выпуклым многогранником-компактом (с конечным числом вершин) в пространстве $\mathbf{R}^n$, т. е. бесконечным множеством.

Для любого выпуклого многогранника-компакта X (с конечным числом вершин) в пространстве $\mathbf{R}^{\delta}$ ($\delta \in \mathbf{N}$) обозначим символом $V\text{-rep}\{X\}$ множество всех его вершин (Черников, 1968). Тогда выпуклая оболочка множества $V\text{-rep}\{X\}$ совпадает с X , т. е. $\text{co}_{\delta}(V\text{-rep}\{X\}) = X$. Символом $H\text{-rep}\{X\}$ обозначим такую конечную систему линейных алгебраических уравнений и неравенств (КСЛАУН), что множество ее решений совпадает с X , т. е. $\text{Sol}_{\delta}(H\text{-rep}\{X\}) = X$.

Таким образом, множество $V\text{-rep}\{X\}$ и КСЛАУН $H\text{-rep}\{X\}$ описывают выпуклый многогранник-компакт (с конечным числом вершин) X с помощью двойственных операций $V\text{-rep}$ и $H\text{-rep}$.

Далее, для заданных периода времени $\tau \in \overline{0, T-1}$ и τ -позиции системы $w(\tau) = \{\tau, y(\tau), s_{\tau}(\cdot)\} = \{\tau, y_{\tau}, s_{\tau}(\cdot)\} = w_{\tau} \in \mathbf{W}(\tau)$ ($w(0) = \{0, y(0), s_0(\cdot)\} = \{0, y_0, s_0(\cdot)\} = w_0 \in \mathbf{W}_0$) обозначим символом $\mathbf{Y}(\cdot; \tau, \overline{T}, y_{\tau}, s_{\tau}(\cdot), u_{\tau}(\cdot))$ – трубку всех допустимых фазовых траекторий $y(\cdot) = \psi_{\tau, \overline{T}}(\cdot; y_{\tau}, s_{\tau}(\cdot), u_{\tau}(\cdot), \varepsilon_{\tau}(\cdot))$ объекта I (Красовский & Субботин, 1974; Шорицов, 1997) на промежутке времени $\overline{\tau, T}$, соответствующую набору $\{y_{\tau}, s_{\tau}(\cdot), u_{\tau}(\cdot)\} \in \mathbf{R}^n \times \mathbf{S}(\tau, \overline{T}) \times \mathbf{U}(\tau, \overline{T})$, а через $\mathbf{Y}(t; \tau, \overline{T}, y_{\tau}, s_{\tau}(\cdot), u_{\tau}(\cdot))$ – ее сечение в период времени $t \in \tau, \overline{T}$ ($\mathbf{Y}(t; \tau, \overline{T}, y_{\tau}, s_{\tau}(\cdot), u_{\tau}(\cdot)) = \{y(t)\} = \{y_{\tau}(t)\}$, т. е. это множество всех допустимых фазовых траекторий объекта I , которое определяется следующей формулой:

$$\begin{aligned} \mathbf{Y}(\cdot; \tau, \overline{T}, y_{\tau}, s_{\tau}(\cdot), u_{\tau}(\cdot)) &= \{y(\cdot) : y(\cdot) \in \mathbf{S}_n(\tau, \overline{T}), \\ y(\cdot) &= \psi_{\tau, \overline{T}}(\cdot; y_{\tau}, s_{\tau}(\cdot), u_{\tau}(\cdot), \varepsilon_{\tau}(\cdot)), \\ \forall t \in \tau, \overline{T}, y(t) &\in \mathbf{Y}_*(t), \varepsilon_{\tau}(\cdot) \in \mathbf{E}(\tau, \overline{T}; u_{\tau}(\cdot))\}. \end{aligned} \quad (12)$$

Для периода времени $t \in \overline{\tau+1, T}$ назовем множество $\mathbf{Y}(t; \tau, \overline{T}, y_{\tau}, s_{\tau}(\cdot), u_{\tau}(\cdot))$ прогнозным множеством или областью достижимости (Красовский, 1968; Шорицов, 1997) объекта I в этот период времени, которое есть множество всех допустимых фазовых векторов $y(t)$ объекта I , соответствующих допустимой реализации набора $\{y_{\tau}, s_{\tau}(\cdot), u_{\tau}(\cdot)\}$

при реализациях всех допустимых вектор-функций рисков $\varepsilon_i(\cdot) \in \mathbf{E}(\tau, \bar{T}; u_i(\cdot))$.

Можно показать (аналогично рассуждениям, представленным в работе (Шорилов, 1997)), что для рассматриваемой динамической системы (1)–(6) каждое прогнозное множество $\mathbf{Y}(t; \tau, \bar{T}, y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau(\cdot))$, $t \in \tau, \bar{T}$, является выпуклым многогранником-компактом (с конечным числом вершин) в пространстве $\mathbf{R}^n$.

Тогда, учитывая результаты, представленные в работах (Шорилов, 1997; Шорилов, 2006; Шорилов & Рассадина, 2012), методику решения сформулированной многошаговой задачи 1 можно представить в виде реализации нижеследующих только одношаговых действий.

1. Для рассматриваемого на промежутке времени $\bar{0}, \bar{T}$ ($T \in \mathbf{N}$) многошагового процесса управления выпуском продукции предприятия, описываемого дискретной управляемой динамической системой (1)–(6) и заданного периода времени $\tau \in \bar{0}, \bar{T} - 1$, формируется (задается) τ -позиция системы $w(\tau) = \{\tau, y(\tau), s_\tau(\cdot)\} = \{\tau, y_\tau, s_\tau(\cdot)\} = w_\tau$ ($w(0) = \{0, y(0), s_0(\cdot)\} = \{0, y_0, s_0(\cdot)\} = w_0$). Тогда, если $w(\tau) \in \mathbf{W}(\tau)$, то выполняется следующее действие 2; если $w(\tau) \notin \mathbf{W}(\tau)$, то нарушены условия задачи 1 и поиск ее решения прекращается.

2. Формируется конкретный вид выпуклого терминального функционала λ , имеющего непрерывные частные производные по координатам фазового вектора y объекта I , на основании которого по формуле (10) определяются значения целевой функции $\Phi_{\tau, \bar{T}}$.

3. Используя ограничение (4) и формулу (7), формируется конечное множество $\mathbf{U}(\tau, \bar{T}) = \{u_\tau^{(k)}(\cdot)\}_{k \in \bar{1}, \bar{L}_\tau}$, состоящее из L_τ допустимых

программных управлений агента E на этом промежутке времени, $L_\tau \in \mathbf{N}$ (осуществляется путем реализации конечной последовательности алгебраических операций над векторами в $\mathbf{R}^p$).

4. Полагается: $\tilde{\mathbf{U}}(\tau, \bar{T}) = \emptyset$.

5. Для каждого допустимого программного управления $u_\tau^{(k)}(\cdot) \in \mathbf{U}(\tau, \bar{T})$, $k \in \bar{1}, \bar{L}_\tau$ решается задача формирования прогнозного множества $\mathbf{Y}(T; \tau, \bar{T}, y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau^{(k)}(\cdot))$ объекта I в период времени T , которое соответствует известному набору $\{y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau^{(k)}(\cdot)\}$ и определяется по формуле (12) на основании трубки $\mathbf{Y}(\cdot; \tau, \bar{T}, y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau^{(k)}(\cdot))$ всех допустимых фазовых траекторий объекта I на промежутке времени $\tau, \bar{T}$; в случае, если $\mathbf{Y}(T; \tau, \bar{T}, y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau^{(k)}(\cdot)) \neq \emptyset$, т. е. если существует хотя бы одна фазовая траектория объекта I , состоящая из фазовых векторов, каждый из которых удовлетворяет ограничению (3), то эта область является выпуклым многогранником-компактом пространства $\mathbf{R}^n$ (Шорилов, 1997) (с конечным числом вершин; по определению по-

лагается, что единственный вектор пространства $\mathbf{R}^n$ является таким с единственной вершиной), а $\tilde{\mathbf{U}}(\tau, \bar{T}) = \tilde{\mathbf{U}}(\tau, T) \cup \{u_\tau^{(k)}(\cdot)\}$ (осуществляется путем применения общего рекуррентного алгебраического метода построения областей достижимости (прогнозных множеств) линейных дискретных управляемых динамических систем (Шорилов, 1997) и осуществляется путем реализации конечной рекуррентной последовательности только одношаговых операций, допускающих их алгоритмизацию).

6. Если $\tilde{\mathbf{U}}(\tau, \bar{T}) = \emptyset$, то делается вывод, что не существует ни одного допустимого программного управления $u_\tau^{(k)}(\cdot) \in \mathbf{U}(\tau, \bar{T})$, $k \in \overline{1, L_\tau}$, такого, что $\mathbf{Y}(T; \tau, \bar{T}, y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau^{(k)}(\cdot)) \neq \emptyset$, следовательно, задача 1 не имеет решения и процесс его поиска прекращается; в противном случае выполняется следующее действие — 7.

7. В результате формируется конечное множество $\tilde{\mathbf{U}}(\tau, T) = \{\tilde{u}_\tau^{(k)}(\cdot)\}_{k \in \overline{1, M_\tau}} \subseteq \mathbf{U}(\tau, T)$ допустимых программных управлений агента E на промежутке времени $\tau, \bar{T}$, которое состоит из M_τ ($M_\tau \leq L_\tau$, $M_\tau \in \mathbf{N}$) элементов, таких, что для каждого $u_\tau^{(k)}(\cdot) \in \mathbf{U}(\tau, \bar{T})$, $k \in \overline{1, M_\tau}$, множество $\mathbf{Y}(T; \tau, \bar{T}, y_\tau, s_\tau(\cdot), u_\tau^{(k)}(\cdot)) = \tilde{\mathbf{Y}}_\tau^{(k)}(T) \neq \emptyset$, и описывается множеством всех его вершин $\mathbf{V}\text{-}\text{rep}\{\tilde{\mathbf{Y}}_\tau^{(k)}(T)\}$, для которого справедливо: $\tilde{\mathbf{Y}}_\tau^{(k)}(T) = \text{co}_n(\mathbf{V}\text{-}\text{rep}\{\tilde{\mathbf{Y}}_\tau^{(k)}(T)\})$.

8. Для каждого допустимого программного управления $\tilde{u}_\tau^{(k)}(\cdot) \in \tilde{\mathbf{U}}(\tau, T)$, $k \in \overline{1, M_\tau}$ выполняется операция преобразования описания прогнозного множества $\tilde{\mathbf{Y}}_\tau^{(k)}(T)$ в виде $\mathbf{V}\text{-}\text{rep}\{\tilde{\mathbf{Y}}_\tau^{(k)}(T)\}$ в соответствующую ей КСЛАУН $\mathbf{H}\text{-}\text{rep}\{\tilde{\mathbf{Y}}_\tau^{(k)}(T)\}$ (осуществляется с помощью алгоритма из работы (Шорилов, 1997), основывающегося на результатах работы (Черников, 1968)), для множества решений которой справедливо: $\text{Sol}_n(\mathbf{H}\text{-}\text{rep}\{\tilde{\mathbf{Y}}_\tau^{(k)}(T)\}) = \tilde{\mathbf{Y}}_\tau^{(k)}(T)$ (осуществляется путем реализации конечной последовательности одношаговых алгебраических операций над векторами в пространстве $\mathbf{R}^n$).

9. Для каждого допустимого программного управления $\tilde{u}_\tau^{(k)}(\cdot) \in \tilde{\mathbf{U}}(\tau, T)$, $k \in \overline{1, M_\tau}$ из решения задачи выпуклого математического программирования вычисляется следующее числовое значение:

$$\begin{aligned} \lambda_{\tau, T}(y_\tau, \tilde{u}_\tau^{(k)}(\cdot)) &= \max_{\tilde{y}_\tau^{(k)}(T) \in \text{Sol}_n(\mathbf{H}\text{-}\text{rep}\{\tilde{\mathbf{Y}}_\tau^{(k)}(T)\})} \lambda(\tilde{y}_\tau^{(k)}(T)) = \max_{\tilde{y}_\tau^{(k)}(T) \in \tilde{\mathbf{Y}}_\tau^{(k)}(T)} \lambda(\tilde{y}_\tau^{(k)}(T)) = \\ &= \max_{\varepsilon_\tau(\cdot) \in \mathbf{E}(\tau, T; \tilde{u}_\tau^{(k)}(\cdot))} \lambda(\psi_{\tau, T}(T; y_\tau, s_\tau(\cdot), \tilde{u}_\tau^{(k)}(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot))) = \\ &= \max_{\varepsilon_\tau(\cdot) \in \mathbf{E}(\tau, T; \tilde{u}_\tau^{(k)}(\cdot))} \Phi_{\tau, T}(w_\tau, s_\tau(\cdot), \tilde{u}_\tau^{(k)}(\cdot), \varepsilon_\tau(\cdot)) \end{aligned} \quad (13)$$

(решение задачи выпуклого математического программирования находится, например, с помощью градиентного метода Зойтендейка (см., например, (Базара & Шетти, 1982)), т. е. путем реализации конечной последовательности только одношаговых алгебраических операций над векторами в пространстве $\mathbf{R}^n$).

10. Формируется следующее множество

$$\begin{aligned}\tilde{\mathbf{U}}_{\Phi_{\tau,T}}^{(e)}(\tau, T, w_\tau) &= \left\{ \tilde{u}_\tau^{(e)}(\cdot) : \tilde{u}_\tau^{(e)}(\cdot) = \left\{ \tilde{u}_\tau^{(e)}(t) \right\}_{t \in \tau, T-1} \in \tilde{\mathbf{U}}(\tau, T), \right. \\ \lambda_{\tau,T}^{(e)} &= \lambda_{\tau,T}(\tau, \tilde{u}_\tau^{(e)}(\cdot)) = \lambda_{\tau,T}(\tau, \tilde{u}^{(k^{(e)})}(\cdot)) = \\ \min_{k \in 1, M_\tau} \lambda_{\tau,T}(\tau, \tilde{u}_\tau^{(k)}(\cdot)) &= \tilde{c}_\lambda^{(e)}(\tau, T, w_\tau) = \tilde{\Phi}_{\tau,T}^{(e)} \left. \right\} \quad (14)\end{aligned}$$

(осуществляется путем решения одношаговой конечной дискретной оптимизационной задачи).

11. Множество $\tilde{\mathbf{U}}_{\Phi_{\tau,T}}^{(e)}(\tau, T, w_\tau)$ и число $\tilde{\Phi}_{\tau,T}^{(e)} = \tilde{c}_\lambda^{(e)}(\tau, T, w_\tau)$ отображаются в форме, удобной для использования менеджером E .

Учитывая сделанные построения и соотношения (10)–(14), аналогично доказательству результатов, приведенных в работе (Шорилов, 1997), можно показать, что справедливо следующее утверждение.

Утверждение. Для рассматриваемого на промежутке времени $0, T$ ($T \in \mathbf{N}$) многошагового процесса управления выпуском продукции предприятия, описываемого дискретной управляемой динамической системой (1)–(6), заданных периода времени $\tau \in 0, T-1$, τ -позиции системы $w(\tau) = \{\tau, y(\tau), s_\tau(\cdot)\} = \{\tau, y_\tau, s_\tau(\cdot)\} = w_\tau \in \mathbf{W}(\tau)$ ($w(0) = \{0, y(0), s_0(\cdot)\} = \{0, y_0, s_0(\cdot)\} = w_0 \in \mathbf{W}_{s_0}$) и заданной терминальной целевой функции $\Phi_{\tau,T}$, значения которой определяются на основе выпуклого терминального функционала λ , согласно формуле (10), и имеющего непрерывные частные производные по координатам фазового вектора u объекта I , для сформированных в результате реализации предлагаемой методики множества $\tilde{\mathbf{U}}_{\Phi_{\tau,T}}^{(e)}(\tau, T, w_\tau) \subseteq \mathbf{U}(\tau, T)$ допустимых программных управлений $\tilde{u}_\tau^{(e)}(\cdot) \in \mathbf{U}(\tau, T)$ агента E на промежутке времени τ, T и числа $\tilde{\Phi}_{\tau,T}^{(e)} = \tilde{c}_\lambda^{(e)}(\tau, T, w_\tau)$ справедливы равенства:

$$\begin{aligned}\tilde{\mathbf{U}}_{\Phi_{\tau,T}}^{(e)}(\tau, T, w_\tau) &= \mathbf{U}_{\Phi_{\tau,T}}^{(e)}(\tau, T, w_\tau); \\ \tilde{\Phi}_{\tau,T}^{(e)} &= \tilde{c}_\lambda^{(e)}(\tau, T, w_\tau) = c_\lambda^{(e)}(\tau, T, w_\tau) = \Phi_{\tau,T}^{(e)}, \quad (15)\end{aligned}$$

т. е. они являются решением задачи 1.

При этом, из описания методики предлагаемого решения рассматриваемой задачи 1 следует, что вычисление множества $\tilde{U}_{\Phi_{\tau,T}}^{(e)}(\tau, T, w_\tau)$ и числа $\tilde{\Phi}_{\tau,T}^{(e)} = \tilde{c}_\lambda^{(e)}(\tau, T, w_\tau)$ осуществляется путем реализации конечной рекуррентной последовательности решений одношаговых задач линейного и выпуклого математического программирования, решений КСЛАУН, конечной последовательности одношаговых алгебраических операций над векторами и выпуклыми многогранниками-компактами (с конечным числом вершин) в пространствах R^n и R^p , а также решения одношаговой конечной дискретной оптимизационной задачи, т. е. путем реализации конечной последовательности только одношаговых операций, допускающих их алгоритмизацию.

Таким образом, в силу равенств (15), сформированные множество $\tilde{U}_{\Phi_{\tau,T}}^{(e)}(\tau, T, w_\tau)$ и число $\tilde{\Phi}_{\tau,T}^{(e)} = \tilde{c}_\lambda^{(e)}(\tau, T, w_\tau)$ образуют решение рассматриваемой выше задачи — минимаксного программного терминального управления выпуском продукции предприятия при наличии выпуклой целевой функции и рисков, которое находится путем реализации конечной последовательности только одношаговых операций, допускающих их алгоритмизацию.

Отметим, что на базе предлагаемой методики решения рассматриваемой выше задачи можно разрабатывать численные алгоритмы и на их основе создавать компьютерные приложения, позволяющие реализовать поддержку принятия решений менеджерами производственных предприятий.

Заключение

Для исходной задачи оптимизации гарантированного (минимаксного) результата программного терминального управления выпуском продукции производственного предприятия предлагается экономико-математическая формализация в форме многошаговой задачи минимаксного программного терминального управления (Красовский, 1968; Красовский & Субботин 1974; Шорилов, 1997) при наличии выпуклой целевой функции и рисков. В данной статье описывается конструктивная методика решения рассматриваемой задачи, которая основывается на общем рекуррентном алгебраическом методе построения областей достижимости (прогнозных множеств) линейных дискретных управляемых динамических систем (Шорилов, 1997), решении конечной последовательности за-

дач линейного и выпуклого математического программирования, решении КСЛАУН, выполнения конечной последовательности операций над векторами и выпуклыми многогранниками-компактами (с конечным числом вершин) в соответствующих конечномерных векторных пространствах, а также решении конечной дискретной оптимизационной задачи. Следовательно, предлагаемая методика реализуется в виде конечной последовательности только одношаговых операций, допускающих их алгоритмизацию.

Полученные в статье результаты примыкают к результатам работ (Карлин, 1964; Красовский, 1968; Красовский & Субботин, 1974), основываются на исследованиях (Шорилов, 1997, 2006; Шорилов & Рассадина, 2012) и могут быть использованы при компьютерном моделировании и создании интеллектуальных информационных систем поддержки принятия управленческих решений для сложных экономических и технических процессов, функционирующих в условиях риска и неопределенности. Математические модели таких процессов представлены, например, в работах (Карлин, 1964; Красовский, 1968; Красовский & Субботин, 1974; Шорилов, 1997; Канторович, 1960; Канторович & Горстко, 1972; Лотов, 1984; Макаров и др., 2021; Первозванский, 1975; Тер-Крикоров, 1977; Федоренко, 1977; Cheng & Xiao-Bing, 2013; David et al., 2012, Olanrele et al., 2014; Zhang et al., 2021).

Благодарность

Исследование выполнено в соответствии с Планом НИР Института экономики УрО РАН.

Список источников

Карлин, С. (1964). *Математические методы в теории игр, программировании и экономике*. Москва: Мир, 835.

Красовский, Н. Н. (1968). *Теория управления движением*. Москва: Наука, 476.

Красовский, Н. Н., Субботин, А. И. (1974). *Позиционные дифференциальные игры*. Москва: Наука, 456.

Шорилов, А. Ф. (1997). *Минимаксное оценивание и управление в дискретных динамических системах*. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 242.

Шорилов, А. Ф. (2006). Методология моделирования многоуровневых систем: иерархия и динамика. *Прикладная информатика*, 1(1), 136–141.

Шорилов, А. Ф., Рассадина, Е. С. (2012) Динамическая оптимизация комплексного программного управления структурой товарного ассортимента предприятия. *Экономика региона*, 3(31), 261–271.

Базара, М., Шетти, К. (1982). *Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы*. Москва: Мир, 583.

Черников, С. Н. (1968) *Линейные неравенства*. Москва: Наука, 488.

Канторович, Л. В. (1960). *Экономический расчет наилучшего использования ресурсов*. Москва: Изд-во АН СССР, 347.

Канторович, Л. В., Горстко, А. Б. (1972). *Оптимальные решения в экономике*. Москва: Наука, , 232.

Лотов, А. В. (1984). *Введение в экономико-математическое моделирование*. Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 392.

Макаров, В. Л., Бахтизин, А. Р., Бекларян, Г. Л., Акопов, А. С. (2021). Цифровой завод: методы дискретно-событийного моделирования и оптимизации производственных характеристик. *Бизнес-информатика*, 15(2), 7–20.

Первозванский, А. А. (1975). *Математические модели в управлении производством*. Москва: Наука, 616.

Тер-Криков, А. М. (1977). *Оптимальное управление и математическая экономика*. Москва: Наука, 216.

Федоренко, Н. П. (1977). *Оптимизация экономики: некоторые вопросы использования экономико-математических методов в народном хозяйстве*. Москва: Наука, 286.

Cheng, W., Xiao-Bing, L. (2013). Integrated Production Planning and Control: A Multi-Objective Optimization Model. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 6(4), 815–830.

David, S. A., Oliveira, C., Derick, D., Quintino, D. D. (2012). Dynamic Model for Planning and Business Optimization. *Modern Economy*, 3(4), 384–391. doi: 10.4236/me.2012.34049

Olanrele, O. O., Olaiya, K. A., Aderonmu, M. A., Adegbayo, O. O., Sanusi, B. Y. (2014). Development of a Dynamic Programming Model for Optimizing Production Planning. *International Journal of Management Technology*, 2(3), 12–17.

Zhang, Q., Chen, Y., Lin, W., Chen, Y. (2021). *Discrete Dynamics in Nature and Society*. Article ID 9298166. 1–13. doi: 10.1155/2021/9298166

Шориков Андрей Федорович — доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0000-0003-1255-0862> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; e-mail: afshorikov@mail.ru).

Научное издание

**Цифровая трансформация промышленности:
тенденции, управление, стратегии — 2023**

Сборник научных статей

Рекомендовано к изданию

Ученым советом Института экономики УрО РАН.

Протокол Ученого совета №11 от 26.12.2023.

Рег. №12(23) (протокол редколлегии №7 от 25.12.2023).

Редактор: А. Б. Уминская.

Корректор: С. В. Кузовкова.

Компьютерная верстка и дизайн обложки Е.В. Леготиной.

1 оптический компакт-диск

Подписано к использованию 15.02.2024.

Объем 1,88 Мб. Уч.-изд. л. 8.

Тираж 10 шт.

Систем. требования: РС не ниже класса Pentium I;
32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb;
Windows 95/98; программа просмотра файлов .pdf;
дисковод CD-ROM 2-х и выше; мышь.

Издатель: Институт экономики УрО РАН.

620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29,

тел. +7(343) 371-45-36.

Сайт: www.uiiec.ru.

E-mail: lavrikova.ug@uiiec.ru.

Изготовитель:

ООО «Сигнум»

620034, г. Екатеринбург, ул. Готвальда, 3, оф. 115.

тел.: +7 (343) 351-74-33.

