

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А. В. Данильченко, И. А. Зубрицкая, К. В. Якушенко

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ
ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ:
ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Минск
«Право и экономика»
2019

УДК 338.3 (476)
ББК 65.30
Д18

Рецензенты:

доктор экономических наук, профессор А.Г. Шумилин,
кандидат экономических наук, доцент, заместитель декана факультета
международных отношений Белорусского государственного
университета О.Ф. Малашенко,
кандидат технических наук, доцент, менеджер по работе с органами
государственного управления ОАО «Гомсельмаш» С.В. Михолап

Рекомендовано к изданию Советом факультета маркетинга,
менеджмента, предпринимательства Белорусского национального
технического университета
(Протокол № 6 от 26 декабря 2018 г.)

Данильченко, А. В.

Д18 Цифровая трансформация обрабатывающей промышленности
Республики Беларусь : тенденции и перспективы развития / А. В. Данильченко,
И. А. Зубрицкая, К. В. Якушенко; Белорусский национальный технический
университет. – Минск : Право и экономика, 2019. – 246 с.
ISBN 978-985-552-838-9.

Монография посвящена формированию организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, а также разработке методического инструментария для обеспечения его адаптивной реализации в условиях развития цифровой экономики.

Работа предназначена для руководителей разного уровня, будет полезна для ученых, преподавателей высших учебных учреждений, аспирантов, магистрантов, студентов экономических специальностей и для всех, кто интересуется цифровизацией бизнес-процессов и новыми подходами к организации управления промышленным предприятием.

The monograph is devoted to the formation of organizational-economic mechanism of digital transformation of manufacturing industry of the Republic of Belarus, as well as the development of methodological tools to ensure its adaptive implementation in the digital economy development.

The work is intended for managers of different levels. It will be useful for scientists, professors of universities, post-graduates, undergraduates, students of economic specialties and for anyone interested in the digitalization of business processes and new approaches to the organization of industrial enterprise management.

УДК 338.3 (476)
ББК 65.30

ISBN 978-985-552-838-9 © А. В. Данильченко, И. А. Зубрицкая, К. В. Якушенко, 2019
© Оформление. ИООО «Право и экономика», 2019

Содержание

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	13
1.1. Промышленные революции в контексте экономического развития.....	13
1.2 Понятийный аппарат и модели цифровой трансформации промышленности.....	32
1.3 Институциональные аспекты цифровой трансформации промышленности в процессе углубления евразийской экономической интеграции	49
1.4 Концептуальные основы организационно–экономического механизма цифровой трансформации промышленности	62
ГЛАВА 2 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	72
2.1 Экономический анализ мирового опыта внедрения технико- технологических средств четвертой промышленной революции....	72
2.2 Анализ уровня технико-технологического развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь	86
2.3 Параметрический анализ влияния цифровой трансформации на экономическое развитие обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в краткосрочном и долгосрочном периодах	108
ГЛАВА 3 РЕАЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	132
3.1 Этапы формирования организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.....	132

3.2 Технико-технологическая готовность к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь: оценка и перспективы внедрения	167
3.3 Результативность цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь: диагностика и методы измерения	197
Список использованных источников	226

Content

INTRODUCTION.....	7
CHAPTER 1 THEORETICAL BASIS OF RESEARCH THE DIGITAL TRANSFORMATION INDUSTRY.....	13
1.1 Industrial revolutions in the context of economic development....	13
1.2 Conceptual apparatus and models of the digital transformation of industry.....	32
1.3 Institutional aspects of digital transformation of industry in the deepening process Eurasian economic integration.....	49
1.4 Conceptual basis of organizational- economic mechanism of the digital transformation of industry.....	62
CHAPTER 2 ASSESSMENT OF THE STATUS AND TRENDS OF THE DIGITAL TRANSFORMATION OF INDUSTRY.....	72
2.1 Economic analysis of the world experience in the implementation technical-technological means of the fourth industrial revolution....	73
2.2 Analysis of the level of technical-technological development of the manufacturing industry of Republic of Belarus.....	86
2.3 Parametric analysis of the impact digital transformation of industry on the economic development of the manufacturing industry of Republic of Belarus in the short and long term.....	108
CHAPTER 3 IMPLEMENTATION OF THE ORGANIZATIONAL-ECONOMIC MECHANISM OF THE DIGITAL TRANSFORMATION OF THE MANUFACTURING INDUSTRY REPUBLIC OF BELARUS	132
3.1 Stages of formation of organizational-economic mechanism digital transformation manufacturing industry of Republic of Belarus....	132
3.2 Technical-technological readiness for digital transformation the manufacturing industry: assessment and prospects of implementation	167
3.3 The Impact of the digital transformation the manufacturing industry: diagnostics and measurement methods.....	197
References.....	226

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

- ВВП – валовой внутренний продукт;
ДС – добавленная стоимость;
ИИ – инновационная инфраструктура;
ИКП – Индекс конкурентоспособности промышленности;
ИКТ – информационно-коммуникационные технологии;
НИР – научные исследования и разработки;
НАН Беларуси – Национальная академия наук Республики Беларусь;
МСП – малые и средние предприятия;
МСТК – Международная торговая классификация;
НИИ – научно-исследовательский институт;
ОЭСР – Организация экономического сотрудничества и развития;
СФП – совокупная факторная производительность;
ПВТ – Парк высоких технологий;
ПИИ – прямые иностранные инвестиции;
РЦТТ – Республиканский центр трансфера технологий;
НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы;
НИОК(Т)Р – научно-исследовательские, опытно-конструкторские технологические работы;
ОИС – объекты интеллектуальной собственности;
ОКЭД – общегосударственный классификатор видов экономической деятельности;
ТН ВЭД – Таможенная номенклатура внешнеэкономической деятельности;
ГПНИ – Государственная программа научных исследований;
ГПИР – Государственная программа инновационного развития;
ГНТП – Государственная научно-техническая программа;
ГКНТ – Государственный комитет по науке и технологиям;
ЖЦПИ – жизненный цикл промышленного изделия;
ЕАЭС – Евразийский экономический союз;
ЕЭК – Евразийская экономическая комиссия;
ВТО – Всемирная торговая организация;
СНГ – Союз Независимых Государств;
UNIDO – Организация Объединенных наций по промышленному развитию;
СIP – Конкурентоспособность промышленности стран.

ВВЕДЕНИЕ

Мировая экономика в своем развитии находится на новом этапе, ключевыми факторами которого становятся инновации: технико-технологические, организационные, маркетинговые и др.

Вопросы, касающиеся мировых тенденций технико-технологических промышленных сдвигов, процессов глобализации и интеграции, получили широкий резонанс среди представителей мировой общественности. По мнению ведущих экономистов, принимавших участие во Всемирном экономическом форуме (Давос, 2016 г.), мировое сообщество находится на пороге четвертой промышленной революции, обусловленной становлением шестого технологического уклада. Так, Президент Всемирного экономического форума К.М. Шваб на основании отчетов глобальных научных исследований, а также проектов и инициатив последних собраний Всемирного экономического форума, заявил об очередной (четвертой) технико-технологической революционной ситуации, концепция которой нашла отражение в многочисленных научных публикациях, а также в средствах массовой информации по всему миру. Сегодня определены основные направления технико-технологического развития мирового сообщества и выделены следующие технико-технологические средства четвертой промышленной революции: искусственный интеллект во всех отраслях народного хозяйства, глобальные информационные сети, облачные технологии, интегрированные высокоскоростные транспортные системы, робототехнические промышленные системы и др.

Развивая концепцию четвертой промышленной революции, Всемирный экономический форум в 2018 году вносит вклад в глобальное мышление и формирование геополитики, интегрируя понятие четвертой промышленной революции в определение конкурентоспособности. В этом контексте Всемирный экономический форум вводит новый Глобальный индекс конкурентоспособности 4.0 как экономический ориентир на основании сорокалетнего опыта сравнительного анализа факторов конкурентоспособности в долгосрочном периоде, как объективный, ориентированный на эмпирические данные, анализ будущего рационального формирования стратегиче-

ского развития экономик государств. Индекс интегрирует устоявшиеся аспекты с новыми механизмами развития общества, которые стимулируют производительность и рост. В нем отводится особая роль человеческому капиталу, инновациям, устойчивости и гибкости как движущим факторам, определяющим особенности экономического успеха в условиях четвертой промышленной революции.

В 2019 году в своем отчете Всемирный экономический форум предусматривает эффективное использование технико-технологических средств для экономического прорыва и предупреждает о глобальных рисках, связанных с киберопасностью, развитием квантовых технологий, искусственного интеллекта и др.

Таким образом, происходящие в настоящее время глобальные процессы ставят перед мировой общественностью новые задачи определения направления вектора общественного развития, решения которых подразумевает глубокое изучение сущности происходящих технико-технологических трансформаций, темпов их развития, а также последствия воздействия на человека формирующейся глобальной цифровой экосистемы. Вместе с открывающимися возможностями для технико-технологического развития мирового хозяйства, необходимо отметить существующие и потенциальные угрозы для мирового сообщества.

В связи с этим и для белорусских ученых становятся актуальными проблемы научного, социально-экономического, технико-технологического, общественно-политического характера, которые связаны с цифровой трансформацией отраслей народного хозяйства и характерны для нового мирового технологического сдвига.

В современных условиях развития мировой цифровой экономики, экономический рост Республики Беларусь также связан с глобальными тенденциями развития технико-технологических средств четвертой промышленной революции. На II съезде ученых Беларуси (2017 г.) Президент Республики Беларусь А. Г. Лукашенко подчеркнул важность и острую необходимость эффективного объединения науки и производства с целью повышения инновационного, научно-технического потенциала страны, внедрения в реальный сектор экономики разработок ученых, развития высокотехнологичных производств, внедрения в традиционные производства передовых технологий с дальнейшей эффективной реализацией промышленной вы-

сокотехнологичной продукции. Перед промышленностью совместно с наукой и системой образования поставлены следующие основные задачи: определить направления диверсификации и модернизации производств – от экспертизы новых технологий и оборудования до участия в создании и вводе их в эксплуатацию; сконцентрировать усилия на повышении технологичности производства.

В целом можно выделить ключевые тенденции, обуславливающие актуальность исследования цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

Во-первых, увеличение экспорта промышленной продукции не менее чем на 65 процентов в соответствии с целевыми показателями Национальной программы поддержки и развития экспорта Республики Беларусь на 2016–2020 гг. может быть достигнуто только за счет стремительного роста предложения на международном рынке белорусской высокотехнологичной и наукоемкой промышленной продукции прецизионного качества по конкурентоспособной цене. Такое развитие экспорта возможно посредством реализации научно-технического потенциала предприятий обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, выпускающих высокотехнологичную и наукоемкую продукцию, производство которой основано на использовании технико-технологических средств четвертой промышленной революции (V VI технологических укладов).

Во-вторых, нетривиальность идентификации признаков наступления четвертой промышленной революции, а также факторов и принципов цифровой трансформации промышленности в условиях глобализации предполагает наличие альтернативных подходов к разработке организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь с учетом промышленной кооперации и субконтрактации в цепочках создания стоимости промышленного продукта.

В-третьих, в связи с развитием технико-технологических средств и новых цифровых технологий теоретико-методологическая база и модели цифровой трансформации промышленности, сформированные относительно недавно, требуют конкретизации сущности новых явлений и их дефиниций, а также современных прикладных научных разработок методологических подходов к оценке цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Бе-

ларусь, которая выступает ключевым драйвером в развитии цифровой национальной экономики, эволюции социально-экономических и общественно политических процессов.

Также инициативами для научного исследования стали нормативные документы, регламентирующие развитие цифровой экономики, принятые Президентом Республики Беларусь. Так, 28 марта 2018 года вступил в силу Декрет Президента Республики Беларусь от 21 декабря 2017 г. №8 «О развитии цифровой экономики», определяющий необходимость формирования в стране цифровой экономики, ориентированной на повышение эффективности всех отраслей народного хозяйства путем внедрения информационных технологий. 18 июня 2018 года Президент Республики Беларусь подписал Указ № 239 «О мерах по реализации Декрета Президента Республики Беларусь», приводящий ряд актов законодательства в соответствии с нормами Декрета №8.

Таким образом, в настоящем исследовании ставится цель формирования организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, реализация которого позволит:

- оптимизировать производственные процессы и сократить условно-постоянные и условно-переменные производственные издержки;
- удовлетворять индивидуальный спрос потребителя в рамках массового промышленного производства;
- увеличить рост экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции обрабатывающей промышленности;
- повысить конкурентоспособность национальной экономики.

Реализация поставленной цели предполагает постановку ряда научно-исследовательских задач, последовательное решение которых описано в настоящей работе.

Так, в первой главе работы изложены теоретические основы исследования цифровой трансформации промышленности в ретроспективе промышленных революций с расширением понятийного аппарата и анализом существующих моделей цифровой трансформации промышленности в контексте экономического развития общества. Рассмотрены институциональные аспекты цифровой трансфор-

мации промышленности в процессе углубления евразийской экономической интеграции, а также разработаны концептуальные основы организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности.

Вторая глава работы посвящена результатам оценки состояния и закономерностям развития цифровой трансформации промышленности, проведен экономический анализ мирового опыта внедрения технико-технологических средств четвертой промышленной революции индустриальными лидерами, а также анализ уровня технико-технологического развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь. На основании эмпирических данных разработаны параметрические модели: влияния цифровой трансформации промышленности на рост экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции в краткосрочном периоде и влияния цифровой трансформации промышленности на рост ВВП в долгосрочном периоде, отражающие экономическое развитие обрабатывающей промышленности и экономики Республики Беларусь.

В третьей главе рассматривается поэтапное формирование организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, его реализация и инструменты контроля. Разработана методика оценки технико-технологической готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности и приведены методы диагностики и оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь как адаптивный инструментальный мониторинг происходящих цифровых преобразований.

Сегодня на производственных предприятиях Республики Беларусь производится продукция, в отношении которой в мире, наблюдается перепроизводство, поэтому качество продукции и снижение производственных издержек являются основными критериями конкурентоспособности традиционного сектора национального экономики. С целью качественного преобразования производственных процессов в традиционных отраслях промышленности актуальны разработка и внедрение собственных инженерных информационно-коммуникационных технологий нового поколения, систем автоматизированного проектирования, которые совместно с технологиями цифрового маркетинга и технологического прогнозирования позволят перейти к интеллектуальному управлению жизненным циклом

промышленной продукции. Вместе с тем, острую актуальность приобретает комплексный подход «наука – промышленность – образование – государство» и возможность удовлетворения индивидуального спроса промышленных предприятий как потребителей в рамках массового производства, а также своевременная адаптация белорусских промышленных предприятий к происходящими процессам глобализации и интеграции.

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена современными требованиями правительства к национальной науке, как средства реализации актуальной повестки развития экономики Республики Беларусь в условиях глобализации и интеграции. При этом особую значимость приобретают также направления исследования алгоритма внедрения на промышленных предприятиях инженерных и информационно-коммуникационных технологий нового поколения Республики Беларусь, методологических разработок, обеспечивающих поддержку осуществления цифровой трансформации белорусской промышленности.

ГЛАВА 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1.1. Промышленные революции в контексте экономического развития¹

По мере эволюционного развития общества, одновременно с развитием техники и промышленных технологий, происходит совершенствование информационных, телекоммуникационных систем и технологий, формируются инновационные методы получения, хранения, управления огромными массивами информации [1], в том числе и машинными знаниями.

В настоящее время наблюдается массовое внедрение совершенно новых интеллектуальных, киберфизических, информационно-коммуникационных и других технико-технологических средств глобальных мегатрендов, под которыми понимаются глобальные направления развития научно-технического прогресса в рамках концепции четвертой промышленной революции [2].

К ним относятся элементы промышленного искусственного интеллекта и когнитивные информационно-управляющие системы промышленного Интернета вещей, системы-блокчейн, машинного обучения и машинного зрения, а также большие базы данных, облачные, квантовые и оптические технологии, робототехника, 3D-технологии и др.

Также необходимо отметить, что масштабное внедрение инновационных технико-технологических средств глобальных мегатрендов, неизбежно приведет к значительным сдвигам в общественно-политических, социально-экономических и неформальных сферах общества.

Происходящие технико-технологические сдвиги, влекущие многоаспектные изменения в развитии промышленности, экономики и общества, можно сгруппировать по следующим критериям:

¹ Параграф 1.1. выполнен совместно с Хохловой Н.М.

- инновационная ключевая технология, которая активизирует развитие других смежных технологий;
- виды используемых источников энергии;
- новые формы средства производства, управления промышленным производством (преобладающие подходы, методы);
- смежные технологии (отрасли), в которых происходят изменения;
- изменение современной общественно-социальной структуры общества.

Президентом Всемирного экономического форума в Женеве К. М. Швабом на основании отчетов глобальных научных исследований, а также проектов и инициатив последних собраний Всемирного экономического форума была заявлена очередная (четвертая) технико-технологическая революция [3], которая нашла отражение в многочисленных научных публикациях и в СМИ по всему миру. В связи с этим, по мнению К. М. Шваба и многих ученых-экономистов, в том числе и белорусских, современному мировому сообществу необходимы подходящие механизмы и действующие инструменты для оперативной адаптации к глобальным технико-технологическим сдвигам, стремительно растущим возможностям и потенциальным угрозам, связанным с глобальными изменениями, происходящим сегодня в мире. Только консолидация мирового научного сообщества, политических и экономических систем на межгосударственном уровне позволит выработать новую интеграционную научно-образовательную парадигму и доктрину ее развития.

Так, К. М. Шваб охарактеризовал четвертую промышленную революцию огромной скоростью внедрения новых технологий и мощнейшей конкуренцией: «... инновационная деятельность становится ареной борьбы многих тысяч компаний по всему миру... Все они соревнуются за возможность стать первыми среди тех, кто сможет вывести новый продукт, новую услугу на рынок и завоевать расположение клиентов...» [3, С. 10].

Таким образом, переосмысление и глубокий всесторонний анализ мирового опыта произошедших ранее промышленных революций необходим по следующим причинам:

во-первых, для выявления ключевых факторов, возбуждавших глубокие изменения в мире, произошедшие в течение нескольких последних столетий;

во-вторых, с целью определения предпосылок формирования необходимых условий, способствовавших стремительному экономическому росту мирового общества;

в-третьих, для четкого понимания сопутствующих промышленным революциям социально-экономических и общественно-политических последствий для развития общества;

в-четвертых, необходимо выявить тенденции промышленных революций, чтобы учесть влияние последних при моделировании организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленных предприятий Республики Беларусь.

Вопросам формирования концепции промышленной революции (промышленного переворота) как исторического понятия, а также выявлению технико-технологических факторов, экономических, социальных, культурных и политических изменений, сопровождающих промышленные революции, посвятили свои научные труды многие историки, экономисты, философы, политологи.

Изначально термин «промышленная революция» был введен выдающимся французским экономистом Ж. Бланки, который занимался исследованием социальных и экономических явлений, сопровождающих технические изменения, происходившие в обществе [4, С. 12]. В науку же понятие «промышленная революция» введено марксистско-ленинской школой и трактовалось как промышленный переворот, единовременный акт, который произошел не только в технике. Так, Ф. Энгельс в одной из первых своих работ «Положение рабочего класса в Англии» (1844 г.) [5] и в более поздних трудах поднимает вопросы материалистического понимания истории событий, приходит к открытию диалектики производительных сил и производственных отношений, закона соответствия производственных отношений характеру и уровню развития производительных сил. К. Маркс определяет промышленную революцию как вытеснение из производственного процесса мускульной силы человека. «Начиная с того момента, — писал Маркс, — когда непосредственное участие человека в процессе производства свелось всего лишь к тому, что он стал действовать в качестве простой силы, принцип выполняемой работы стал определяться машинами. Механизм был налицо: двигательная же сила впоследствии могла быть замещена водой, паром и т. п. ...» [6, С. 406]. Основной материалистический тезис, выражающий сущность закона соответствия производственных отношений

характеру и уровню развития производительных сил, дан К. Марксом в предисловии к книге «К критике политической экономии» и состоит в том, что «...в общественном производстве своей жизни люди вступают в определенные необходимые, от их воли не зависящие отношения – производственные отношения, которые соответствуют определенной ступени развития их материальных, производительных сил...» [7, С. 4].

Далее в своих фундаментальных научных трудах В. И. Ленин определяет промышленную революцию как полный технический переворот, как «...переход от мануфактуры к фабрике..., а за этим техническим переворотом неизбежно идет самая крутая ломка общественных отношений производства, окончательный раскол между различными группами участвующих в производстве лиц, полный разрыв с традицией, обострение и расширение всех мрачных сторон капитализма...» [8, С. 494]. В. И. Ленин подчеркивает, что промышленная революция представляла собой «...крутое и резкое преобразование всех общественных отношений под влиянием машин...» [9, С. 136], что именно это преобразование «...принято называть в экономической науке *industrial revolution* (промышленная революция)...» [9, С.137].

Таким образом, марксизм-ленинизм характеризует промышленную революцию как «...крупную ломку производственных отношений...» [8, С. 455].

Основоположники марксизма-ленинизма утверждают, что каждому уровню развития производительных сил естественно-исторически соответствуют производственные отношения (отношения собственности, обмена и распределения), которые всегда выступают как социально-экономическая форма развития производительных сил, укрепляют и прогрессивно развивают породившие их производительные силы. Однако, возникнув в соответствии с потребностями производительных сил как социально-экономическая форма их существования и поступательного развития, утвердившиеся производственные отношения обычно отстают от производительных сил, которые непрерывно совершенствуются в результате разделения труда и технического прогресса. При этом складывается ситуация, когда между производительными силами и ограничивающими их произ-

водственными отношениями возникает и нарастает конфликт, означающий потребность общества в обновлении производственных отношений [10]. Это противоречие трактуется как экономическая основа социальной революции.

Продолжая тему диалектики производительных сил и производственных отношений, основоположники марксизма-ленинизма определяют содержание промышленной революции как явления, имевшего место во всех странах при переходе капитализма из мануфактурной стадии в более высокую стадию — промышленного капитализма. Они доказывают, что эти изменения коснулись не только производительных сил: они повлекли за собой изменения в социальной структуре общества.

С другой стороны, в это же время западноевропейские и американские историки А. Тойнби [11], П. Манту [12], Ф. Бродель [13] и др. видели в промышленной революции фазу эволюционного всемирно-исторического развития цивилизации и рассматривали ее как поступательный эволюционный процесс. Так, британский ученый А. Тойнби определяет промышленную революцию как замену «...средневековой системы регламентации, которой подчинены были до сего времени производство и распределение богатства, конкуренцией...» [11, С. 123]. П. Манту видит промышленную революцию как «...комплекс явлений, который не может быть втиснут в рамки узкого определения, куда бы входили только материальные условия производства..., с ней появляется тот ряд следствий, которые невозможно отделить от нее. И, благодаря которым, ее поступательное шествие является одним из основных событий истории...» [12, С. 65].

В более поздних исследованиях эволюция термина «промышленная революция» претерпевает изменения с точки зрения глубокого рыночного и экономического понимания этого явления.

Например, историк рабочего движения Э. Хобсбаум критикует марксизм, определяя промышленную революцию как «...переломный момент 1780-х гг....», и делает акцент на стремительном, почти вертикальном росте производительности труда и активном предпринимательстве, которые безудержно изменяли мир. Он считает, что «...впервые в человеческой истории были сорваны оковы с производителей..., которые с этого момента получили возможность постоянно, быстро и беспредельно увеличивать...объемы производства и торговли товарами и услугами...» [14, С. 256]. Нобелевский лауреат,

английский экономист Дж. Хикс определяет промышленную революцию как масштабные научные, технико-технологические изменения. Появление новых источников энергии, которые придают машинам большей точности и надежности при сокращении их стоимости, влекут изменения в структуре добавленной стоимости по составляющей промышленного капитала, доля которого постоянно возрастала. «...Это не просто накопление капитала, а расширение состава и разнообразия основных капитальных благ, в которых и воплощаются инвестиции, — я считаю экономически правильным определением различий между современной и предшествующей ей промышленностью...» [15, С.112]. Как полагает Джон Хикс, главными предпосылками промышленной революции в Англии были следующие:

- формирование институтов частной собственности и независимой и эффективной судебной системы;
- высокий уровень развития торговли;
- формирование рынка факторов производства, в первую очередь, рынка земли;
- широкое применение наемного труда;
- развитость финансовых рынков и низкий уровень кредитного процента.

Несколько иной взгляд на причины промышленной революции был выработан в трудах американского социолога, макроэкономиста и геополитика Им. Валлерстайна. По его мнению, ключевую роль в ускорении промышленного роста Англии в XVIII в. сыграла система протекционизма, введенная в 1690-е годы и усиленная дополнительными протекционистскими мерами к середине XVIII в. Именно она обеспечила быстрое развитие английской промышленности, несмотря на конкуренцию со стороны более сильной в то время голландской промышленности, а также обеспечила развитие промышленности Пруссии, Австрии и Швеции, где тоже были введены протекционистские системы. Значительно меньшую или совсем незначительную роль в этом процессе, по их мнению, сыграли факторы, связанные с наличием капитала. Среди важных факторов, выделяемых Им. Валлерстайном, способствовать первой промышленной революции могли также:

- борьба с монополиями и обеспечение реальной свободы предпринимательства;

– заключение негласного общественного договора между бизнесом и обществом в гарантированном соблюдении определенных правил [16, 17].

В свою очередь, историк Р. Аллен связывает промышленную революцию с технологическими прорывами и характеризует ее как поворотный пункт в мировой истории и как факт наступления устойчивого экономического роста. «...«Мотором» промышленных революций были изменения в технологиях, и промышленная революция проходила в благоприятном для инноваций политическом и культурном контексте...» [18, С. 161.]. Он также рассматривает плавный технологический прогресс в мировом масштабе, придавая ему макроэкономический характер, исследуя такие новые формы развития капиталистических институтов, как интеграции рынков, континентальную приватизацию, роль банков [19].

Позднее в работе Н. Розенберга и Л. Бирдцелла промышленная революция рассматривается только в экономическом контексте как экономическое преобразование индустриального мира, «...которое коснулось всех и каждого...». Исследователи, представители институционализма, выделяют институциональные преобразования, которые послужили сокращению торгового риска как политического, так и коммерческого. Например, новые регуляторы в правовой системе, введение переводного векселя, рост страхового рынка, «...замена произвольных конфискаций систематическим налогообложением — и каждая из этих инноваций была тесно связана с развитием институтов частной собственности...» [20, С. 12]. По мнению исследователей Н.Розенберга и Л.Бирдцелла, «...промышленная революция обозначила начало драматического периода улучшения в материальном положении западноевропейских и американских обществ, ... а романтическое представление о благополучной жизни работников в доиндустриальной Европе можно отвергнуть как чистую фантазию...» [20, С. 14].

Таким образом, необходимо отметить многоаспектное понимание в мировой науке промышленной революции как достаточно сложного технико-технологического, социально-экономического, исторического и общественного явления.

Трактовка понятий «Промышленная революция», «Промышленный переворот» в русскоязычных энциклопедических изданиях представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1. – Содержание понятий «промышленная революция», «промышленный переворот» в русскоязычных энциклопедических изданиях

Определения	
1	2
<p>Промышленная революция, (промышленный переворот) – система экономических и социально – политических изменений, в которых нашёл выражение переход от основанной на ручном труде мануфактуры к крупной машинной индустрии. Начало промышленной революции – изобретение и применение рабочих машин, а завершение производство машин машинами, т.е. развитие машинного производства, основанного на широком использовании машинной техники. Промышленная революция даёт мощный толчок обобществлению производства. В условиях фабричной системы кооперативный характер процесса труда диктуется природой самого средства труда. Многие раздробленные процессы производства сливаются в один общественный производительный процесс [23, С.317].</p>	<p>Промышленный переворот – система экономических и социально-политических изменений, в которых нашёл выражение переход от основанной на ручном труде мануфактуры к крупной машинной индустрии. Промышленный переворот начался с изобретения и внедрения в производство рабочих машин, а завершился – производством машин машинами, т.е. развитием машинного производства. Переход к крупной машинной индустрии знаменовал окончательную победу капиталистического способа производства над феодальным [21, С. 384].</p> <p>Промышленный переворот – система экономических и социально-политических изменений, в которых нашёл выражение переход от основанной на ручном труде мануфактуры к крупной машинной индустрии [22, С. 716].</p>
<p>Промышленная революция (Industrial Revolution) – переход от мануфактуры к крупной машинной индустрии. Промышленная революция — радикальные изменения в производстве; начались в Англии в 18 в. благодаря сочетанию экономических, политических и социальных факторов: мирной внутренней обстановки, запасов угля и железной руды, наличию капитала [24, С. 317].</p> <p>Промышленная революция — совокупность различных процессов модернизации, сопровождающих становление современного индустриального общества [26].</p>	<p>Промышленный переворот в России. Под промышленным переворотом понимают качественный скачок в развитии экономики. В результате промышленного переворота происходит переход от ручного труда, а также от мануфактурного производства к фабрике. На первом этапе промышленного переворота на производствах начинают систематически применяться машины и техника, замещающие труд людей, а на завершающем этапе происходят глубокие изменения в социальных отношениях... Несмотря на все трудности, экономика России успешно развивалась, по темпам развития тяжелой промышленности страна вскоре вышла на первое место в мире...» [25, С. 485].</p>

Примечание – Источник: систематизация на основании [21-26]

На основании обобщения научных исследований концепции промышленной революции и собственно понятия «промышленная революция», становится очевидным отсутствие в научной литературе определения этого понятия, как многоаспектного, полного,

включающего все ключевые тенденции такого явления, как промышленная революция.

На наш взгляд, промышленная революция может трактоваться как лавинообразное технико-технологическое, экономическое, социально-политическое явление, для развития которого необходимы соответствующие предпосылки: масштабные внедрения нового продукта, новой технологии; формирование институциональной среды, способствующей их внедрению; формирование новых источников энергии; новые формы управления промышленным производством; наличие свободного капитала; подготовка человеческого капитала. Следствиями же промышленной революции является стремительный экономический рост и связанные с ним массовые глубокие изменения во всех сферах общества, остановить которые уже невозможно, а следует адаптироваться к ним.

Как известно, современная экономическая история выделяет в эволюции развития человечества три крупных качественных скачка – три промышленные революции, каждая из которых совершалась при коренной ломке технологий, приводящей к преобразованию производительных сил и изменению производственных отношений. Хронология промышленных революций отождествляется с хронологией периодов изменения производственных технологий, которая положена в систему технологических укладов, предложенную академиком РАН С. Ю. Глазьевым. Так, ключевым понятием теории С. Ю. Глазьева является понятие «технологический уклад», который он определяет как «...совокупность технологий и производств одного уровня, который формируется в рамках всей экономической системы, охватывая все стадии переработки производственных ресурсов и соответствующий тип непродовольственного потребления, образуя макроэкономический производственный контур. Таким образом, каждый технологический уклад является самопроизводящейся целостностью, в следствие чего техническое развитие экономики не может происходить иначе, как путем последовательной смены технологических укладов...» [27, С. 61]. Согласно этой теории каждому технологическому укладу присущи свои ведущие технологии, составляющие его ядро [28, С. 195]. Соответственно и во временных рамках периоды смены технологических укладов соответствуют периодам свершения промышленных революций.

В таблице 1.2 приведены основные ключевые технико-технологические факторы, являющиеся технологическими ядрами промышленных революций, и соответствующие им технологические уклады и представлены результативные формы экономических, социальных и управленческих изменений, вызванных технико-технологическими факторами.

Эволюция промышленного развития общества берет начало от ведения домашнего хозяйства, мелких артелей ремесленников.

С началом первой промышленной революции, использованием наемного труда образуются промышленные мануфактуры, масштаб управления определяется пределами отдельного промышленного предприятия рамками частной собственности, конкурентно-рыночного капитализма как преобладающей политико-экономической системы [29]. Каждая промышленная революция как этап развития общества имела позитивные и негативные последствия. Например, быстро развивающиеся в период первой промышленной революции производство и обслуживающий сектор предоставляли множество новых рабочих мест, при этом разорившиеся мелкие производители и обнищавшие крестьяне становились наемными рабочими. С появлением газовых горелок фабрики получили возможность работать в ночное время. Распространенной становилась работа по воскресным дням. Преимущественно использовался женский и детский труд, мужчины работали надзирателями и квалифицированными механиками. Внедрение машин позволяло использовать элементарно обученных, малоквалифицированных работников, поэтому повсеместным явлением стал дешевый детский труд. Социальные протесты, проснувшееся чувство «социального стыда» за бедствия трудящихся, стремление уменьшить политическую нестабильность заставляли политиков выступать в поддержку разработки социальных программ для неимущих, государственного регулирования отношений между трудом и капиталом [10].

Таблица 1.2. — Ключевые технико-технологические параметры промышленных революций и доминирующих технологических укладов

Промышленные революции	Технико-технологические ядра промышленных революций	Доминирующие технологические уклады	Виды экономики	Социальная форма	Организационно-управленческие формы
1	2	3	4	5	6
Производственные перевороты в доиндустриальный период (до середины XVIII века)	Преобразование энергии ветра, воды, огня, людей, животных в тепловую и механическую энергию	I	Доиндустриальная	Ведение домашнего хозяйства	Мелкие артели ремесленников
Первая промышленная революция (последняя треть XVIII века — первая половина XIX века)	Преобразование тепловой энергии в энергию пара, масштабное внедрение паровой механизации	II	Индустриальная	Использование наемного труда	Промышленные мануфактуры
Вторая промышленная революция (вторая половина XIX и начало XX века)	Полная электрификация модернизация, производство высококачественной стали, масштабное распространение железных дорог, электричества и химикатов	III		Применяются системы Тейлоризма, научной организации труда	Отраслевые монополии
Третья промышленная революция (середина – конец XX века)	Автоматизация производства, информационно-коммуникационные технологии, компьютерные сети, Интернет.	IV, V,	Постиндустриальная	Горизонтальная и вертикальная интеграция общественного производства	Межотраслевые промышленные сети, многонациональные корпорации
Четвертая промышленная революция (начало XXI века)	Промышленный интернет вещей, искусственный интеллект, облачные технологии, робототехнические, киберфизические производственные системы	V, VI	Цифровая	Интеллектуальное, креативное производство товаров, работ, услуг	Глобальная интеграция, сети промышленной кооперации и субконтракции

Примечание – Источник: систематизация на основании источников [2–31]

Первая промышленная революция ознаменовала переход от доиндустриальной эпохи к индустриальному периоду развития механизации производства, от ручного труда к машинному, замене силы человеческих мускулов паровым двигателем, к созданию фабрик, строительству железных дорог, появлению паровозов, пароходов и нового производственного оборудования. С экономической точки зрения, промышленная революция консолидирует труд, капитал в совершенно иной мощный источник энергии с получением новой добавленной стоимости в более короткие сроки, чем при использовании ручного труда. Широкое распространение паровых машин и масштабное их использование на все более и более крупных промышленных предприятиях привело к резкому скачку производительности труда, получению небывалого ранее экономического эффекта. Первая промышленная революция не только дала толчок развитию механизации производства, но и совершила эволюционный рывок в экономическом, социальном и в политическом аспектах развития общества. Таким образом, из урока первой промышленной революции можно сделать актуальный на сегодняшний день вывод: главным показателем прогресса до сих пор является мера принятия обществом технологических новшеств с характерным стремительным ростом производительных сил на базе крупной машинной индустрии.

С наступлением второй промышленной революции крупные промышленные предприятия массового производства трансформируются путем внедрения усовершенствованных производственных систем управления, а также электрических приводов, машин и механизмов, комплексной механизации, специализации и концентрации производства в отраслевые монополии, где применяются системы научной организации труда, теория Тейлора и т.д. Данный период характеризуется переходом от частной собственности к горизонтально-интегрированной, наступает государственно-монополистический капитализм в качестве господствующей мировой системы хозяйства [31].

Анализируя последствия второй промышленной революции, можно отметить, что произошел стремительный рост производительных сил на базе крупной электроэнергетической машинной индустрии и утверждение капитализма в качестве господствующей мировой системы хозяйства. Этот период также сопровождался резким

повышением производительности труда, быстрой урбанизацией, высокой динамикой экономического роста, исторически быстрым увеличением жизненного уровня населения.

С третьей промышленной революцией последовала автоматизация производственных процессов, информатизация, «цифровизация», более совершенные производственные технологии и средства управления, автопилоты, т.е. новые технологии, новые источники энергии, новые экономические отношения. Можно проследить, как по мере развития общества происходит смещение акцента при формировании добавленной стоимости из сферы производства в сферу потребления (услуг), а также дизайна и продаж. С внедрением микроэлектроники, с автоматизацией производства, свойственной третьей промышленной революции, изменения происходят в управлении промышленными предприятиями. Благодаря сети Интернет появляется возможность объединения предприятий в промышленные сети, создания транснациональных корпораций. Этот процесс сопровождается объединением горизонтальной и вертикальной интеграций производства и переходом к государственно-корпоративному капитализму [30].

В ходе третьей промышленной революции значительная часть операций, связанных с тяжелым физическим трудом, которые выполнялись людьми, задействованными в производстве, была автоматизирована, внедрялись в производства станки с ЧПУ. Но при этом интеллект и профессионализм персонала оставались незаменимым инструментом повышения эффективности производственных процессов на промышленном предприятии.

Таким образом, для масштабного воздействия инновационных технико-технологических сдвигов, характерных для каждой промышленной революции, необходимы общественно-политические, социально-экономические, регулятивные условия, способствующие внедрению новых технико-технологических средств, которые приводят к изменению производственных отношений и реализации промышленной революции.

Прослеживается четкая закономерность (тенденция), что каждый технико-технологический сдвиг с масштабным применением инновационных ключевых технологий приводит к замене энергетической базы, появлению нового источника энергии (движущей силы). Энергетическая база (источник энергии) как формирующая

особенность каждого эволюционного периода развития общества свойственна любой промышленной революции. Этот процесс проходит поэтапно. Сначала все ограничивается использованием технологии преобразования энергии пара в механическую энергию и изобретение паровых двигателей, характерных для первой промышленной революции. Далее, на этапе второй промышленной революции, масштабно применяется электроэнергия, затем углеводородное топливо и затем атомная энергия, что свойственно для третьей революции. В настоящее время происходит поиск и использование возобновляемых источников энергии («зеленой» энергетики), а также появление тенденций «разумного» электричества, которые свойственны четвертой промышленной революции [3].

В результате систематизации характеристик различных этапов промышленного развития общества в соответствии с ключевыми признаками технико-технологического развития и появлением новых социально-экономических и общественно-политических отношений можно выделить наиболее общие для развития промышленной революции предпосылки, предварительно сгруппировав их по критериям:

- масштабные внедрения инновационной технико-технологической парадигмы (нового продукта, новой технологии);
- формирование институциональной среды, способствующей внедрению инновационных технико-технологических средств;
- развитие новых источников энергии;
- инновационные формы управления промышленным производством (преобладающие подходы, методы);
- наличие свободного капитала;
- инвестиции в человеческий капитал.

На основании проведенного анализа можно сформировать последствия промышленных революций, которые также требуют систематизации по следующим критериям:

- стремительное повышение как производительности и качества труда, так и качества производимой продукции;
- высокая динамика экономического роста и изменение инфраструктуры;
- изменения в социальной, политической, географической, культурной и др. сферах деятельности человека и обществе в целом.

Современные авторы И. Валлерстайн [16, 17], Д.Рифкин [32], Э.Тоффлер [33–36], Дж. Мокир [37], П. Друкер [38], Р. Э. Лукас [39], Д. А. Голдстоун [40], У.Д. Розенфельд [41], Р. М. Гусейнов [42], В. А. Погребинская [43] М.В. Конотонов [44], М. Меерсон [45] и др., которые занимались исследованиями промышленных революций, определили, что инновационные ключевые технологии каждого эволюционного этапа неизменно влекут за собой инновационные изменения в смежных технологиях: транспорте, связи, сельском хозяйстве, химической промышленности, биологии, медицине и т.д. Например, появление технологии преобразования пара в механическую энергию привело к изобретению первого паровоза, развитию железных дорог и распространению железнодорожного транспорта на паровой тяге. Изобретения дизельных судов, автомобильного и авиационного транспорта обязаны второй промышленной революции, развитие единых транспортных систем, контейнеризации, реактивного транспорта и ракетной техники – третьей. В настоящее время развитие цифровых интеллектуальных технологий повлечет за собой появление интеллектуального транспорта и интеллектуализацию всей транспортной инфраструктуры [220]. В связи с этим правомерно сделать вывод о прямой связи технологических сдвигов в промышленности и эволюции транспортных и коммуникативных средств — от появления ускоренной почтовой связи к электросвязи (телеграф, телефон), далее до радиосвязи и электроники, затем к глобальных информационно-коммуникационным системам.

В XXI веке многие современные исследователи и экономисты и юристы, и социологи, государственные и общественные деятели констатируют наступление очередной четвертой промышленной революции с открывающимися для мировой общественности возможностями цифровой трансформации общества и потенциальными угрозами, которые могут сопровождать эти глобальные изменения.

Например, глобальный мегатренд цифровизации, в том числе цифровой трансформации промышленности, поддержан во многих странах мира. В течение последнего десятилетия в рамках четвертой промышленной революции в мире утверждены следующие цифровые стратегии: в Европейском Союзе – «Цифровая Европа 2020» (2010 г.), в Германии – «Индустрия 4.0.» (2011 г.), в Китае – «Сделано в Китае-2025» и «Интернет плюс» (2015 г.) [215].

Как отмечают современные ученые (С. Ю. Глазьев [27, 28], В. Ф. Байнев [46–48], Л. Н. Нехорошева [50–54]), в результате реализации концепции четвертой промышленной революции (VI технологического уклада) производственное предприятие будет представлять собой интеллектуальную интерактивную сеть, объединяющую в себе киберфизические системы, программные («облачные») системы, цифровое оборудование, машины и другие объекты со встроенными информационными датчиками и элементами искусственного интеллекта, произойдет распространение логистических систем и интеграции всех функций предприятия и его партнеров в единую согласованную цепь. Появится высококвалифицированный персонал, выполняющий производственные функции на основе интеллектуальных инновационных прикладных процессов, которые так же будут функционировать на базе информационных приложений, инновационных операционных систем и промышленного искусственного интеллекта.

Все это предполагает формирование высокотехнологичного сектора национальной промышленности и повышение его наукоемкости как достижение ключевых целей, поставленных в Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2030 года [1]. По всей видимости, цифровая трансформация промышленного предприятия как основа формирования сектора интеллектуального промышленного производства за счет освоения и внедрения информационных технологий нового поколения и производственных интегрированных систем, как цифровое преобразование процессов управления в интеллектуальное управление производством и качеством продукции позволит выпускать изделия с индивидуальной комплектацией и требуемыми характеристиками в рамках основного массового производства. Промышленное предприятие в процессе цифровой трансформации станет своего рода динамически изменяющейся адаптивной системой, оперативно реагирующей на требования промышленного заказчика. Это позволит не только оснащать выпускаемые изделия индивидуальными характеристиками, но и своевременно решать обнаруженные технические проблемы или внедрять очередные инновационные решения. Отличительными чертами цифровой трансформации промышленности станет перенос интеллектуальных функций, которые

ранее выполнялись только персоналом, на специальные высокотехнологичные системы – обучаемые цифровые промышленные системы. Элементы, входящие в обучаемую цифровую промышленную систему, предоставляют возможность обмена информацией между материалом, станком, движением продукта, производителем, пользователем, внешней средой и системами технического обслуживания, а некоторые функции этой системы могут быть переданы внешним элементам в области производственно-хозяйственной деятельности.

Сегодня существующий мировой опыт развития промышленности стран-лидеров, применения ими таких современных передовых технологий, как «...информационно-коммуникационные и компьютерные технологии, технологии больших данных, суперкомпьютерные технологии, когнитивные технологии, технологии искусственного интеллекта, робототехника, цифровое проектирование и моделирование, квантовые технологии, интернет технологии в промышленности...» [3, С 10]. Эти и другие технологии признаны в современном мире как технико-технологические средства четвертой промышленной революции. С их помощью создаются новые типы машинного обучения и автоматизированных изобретений, обеспечивая работу киберфизических систем по самопрограммированию и поиску оптимальных решений на основе заложенных в программы принципов (ценностей). В отличие от предыдущих, четвертая промышленная революция развивается не линейными, а скорее экспоненциальными темпами. Таким образом, внедрение средств четвертой промышленной революции приведет к замене физического труда интеллектуальным капиталом, что повлечет беспрецедентные изменения парадигм в экономике, бизнесе, социальной среде и в каждой личности.

В свою очередь, Ю. С. Глазьев предупреждает, что, в настоящее время в мире происходит переход на следующий технологический уклад и появляется возможность «...для успешного выхода на новую длинную волну экономического роста... Политика модернизации и развитие экономики должна происходить из четкого понимания структурных изменений и перспектив глобального социально-экономического развития и выявления национальных конкурентных преимуществ...» [27 С 109].

Таким образом, «...четвертую промышленную революцию следует воспринимать как инновационный проект планетарного, глобального масштаба ...» – отмечает В. Ф. Байнев [47, С. 220]. Центры управления таких промышленных интеллектуальных «конгломератов» создают совершенно новую принципиальную возможность управлять промышленным производством в реальном времени независимо от территориального расположения производственных площадей. Применение интеллектуальных датчиков и информационных технологий позволит обеспечить тотальное управление жизненным циклом промышленного продукта – от стадии генерирования идеи, проектирования, организации производства, транспортировки, продажи, срока использования и далее до полной утилизации.

Таким образом, на данном этапе развития общества произошло переосмысление предшествующих промышленных революций, их экономических и социальных последствий. Это послужило толчком к пристальному вниманию со стороны ученых, инженеров, управленцев, политиков и экономистов к вопросам повышения эффективности производственных и экономических процессов путем разработки и внедрения инновационных информационно-коммуникационных систем и искусственного интеллекта, свойственных четвертой промышленной революции [50].

Перед мировым научным сообществом появляются совершенно новые задачи. Во-первых, это касается вопросов подготовки и развития высококвалифицированных специалистов с креативными, когнитивными способностями, удовлетворяющими требованиям оперативной адаптации и адаптивного реагирования на изменяющиеся требования окружающей высокоинтеллектуальной индустриальной среды. Во-вторых, вопросов создания научной школы развития фундаментальных исследований по формированию новых типов экономики, а также изучения глобальных технико-технологических, социально-экономических изменений с целью новаторской реализации появляющихся возможностей и нивелирования потенциальных угроз [51-52]

Фактически, как показывает анализ исторического опыта промышленных революций, при определенных условиях массовый прорыв технико-технологических средств приводит к стремительному

изменению всего хозяйственного уклада, росту и перераспределению богатств, а следовательно, и распространяется на весь социальный строй. Представляется возможным сформировать систему важнейших характерных экономических факторов, влияющих на ход промышленных революций, ключевых технико-технологических особенностей, общие критерии закономерных последствий, и в итоге получить устойчивые соотношения, присущие всем прошедшим промышленным революциям: резкий рост количества функций, выполняемых техникой в производственной деятельности человека; изменение технико-технологических средств и их естественнонаучных основ; изменение технологических принципов производства; переход к использованию новых видов энергии, способов движения, природы и т. д. Главное изменение коснулось степени научно-технической и социально-экономической зрелости общества, делающей возможным реализацию перечисленных причин и наступлению очередной промышленной революции.

Таким образом, выявленные предпосылки, определяемые технико-технологическими факторами, приводят к росту производительности, изменению производственных сил и производственных отношений, а также сформированные институциональные условия, способствующие внедрению инновационных технико-технологических средств, приводят к стремительному экономическому росту, изменению социально-экономических отношений и обществе.

С целью разработки концептуальных основ цифровой трансформации промышленности проанализирована эволюция развития форм организаций управления промышленным производством на основании исторического мирового опыта. Выявленные закономерности развития промышленных революций и их последствий могут быть применены в качестве основополагающих принципов и приоритетов при формировании концепции организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в условиях четвертой промышленной революции.

1.2 Понятийный аппарат и модели цифровой трансформации промышленности

На основании проведенного анализа научных исследований, выявляющего сущность признанных мировой общественностью промышленных революций, их особенностей и значения в экономическом развитии общества, а также закономерностей эволюционной смены технологических укладов, можно предположить: вероятнее всего, базисом наступающей четвертой промышленной революции будет масштабное внедрение прорывных технико-технологических средств глобальных мегатрендов [2]. К ним относятся элементы промышленного искусственного интеллекта и когнитивные информационно-управляющие системы промышленного Интернета вещей, машинного обучения и машинного зрения, а также большие базы данных, облачные технологии, туманные вычисления, виртуальная и дополненная реальность, 3D-технологии и др. их масштабное внедрение приведет к цифровой трансформации промышленности [53], к технико-технологическому обеспечению сквозной глобальной интеграции производственных информационных структур с использованием элементов искусственного интеллекта, встроенных в промышленные объекты, материалы, машины и оборудование, а также позволит объединить в экономическую сквозную сеть производственные предприятия и организации в их сетевом взаимодействии с целью цифровой кооперации, гибкой координации и регулирования производственных процессов, которое должно быть адаптивным и управляемым в реальном времени.

В условиях интеграционных процессов в ЕАЭС [57], глобализации экономических, общественно-политических, социальных и культурных процессов, происходящих на современном этапе развития цифровой экономики Республики Беларусь, теоретическое осмысление и изучение процессов цифровой трансформации различных отраслей экономики, общественной деятельности, в том числе и цифровой трансформации обрабатывающей промышленности, является относительно новой и сложной научной проблемой.

Вместе с тем, несмотря на повышенное внимание мировой общественности к вопросам цифровой трансформации, обусловленное огромным количеством появившихся в последнее время научных работ и публикаций [50, 80, 83 – 89], цифровая трансформация для экономической теории и практики является относительно новым, недостаточно изученным явлением.

Прежде чем анализировать содержание цифровой трансформации промышленности, необходимо исследовать понятия «трансформация», «трансформация экономической системы», «трансформация производственного предприятия», а также понятия, определяющие цифровые процессы и явления, которые логически связаны с понятием «цифровая трансформация промышленности» (таблица 1.3).

Обобщая данные таблицы 1.3, можно сформулировать рабочее для целей исследования определение понятия «трансформация». Трансформация – это преобразование по определенным правилам любой системы с эволюционным переходом ее на новый качественный уровень, происходящий в условиях взаимодействия различных процессов и явлений.

Промышленность в экономических словарях традиционно определяется как сфера народного хозяйства, производящая промышленные товары и оказывающая производственные услуги [63, С. 511], «...ведущие отрасли материального производства; предприятия, занятые добычей сырья, производством переработки материалов и энергии, производством машин» [64, С. 516]. В экономических словарях в большинстве случаев «промышленные предприятия» характеризуются как «предприятия, вырабатывающие продукцию производственно-технического и иного назначения, товары народного потребления, либо добывающие и перерабатывающие народные богатства, а также предприятия, осуществляющие ремонт оборудования, машин и механизмов» [65, С. 474].

Таблица 1.3. – Дефиниция «Трансформация»

Определение, источник
Трансформация – [лат. <i>transformatio</i>] – преобразование, превращение видоизменение [58, С. 1265].
Трансформация (лат. <i>transformatio</i> – изменение): 1) преобразование структур, форм и способов, изменение целевой направленности деятельности; 2) один из способов превращения, преобразования норм международного права в нормы внутригосударственного права [59, С 435].
Трансформация (мировой экономики) – эволюционное преобразование общественно-экономических систем различных стран в процессе перехода от индустриальной к постиндустриальной цивилизации, формирования общества нового смешанного типа [60, С 851.].
Трансформация (англ. <i>transformation</i>) – преобразование по определенным правилам [61, С. 703].
Трансформация (от лат. <i>transformatio</i> «превращение») – взаимодействие различных процессов и явлений в сфере экономики, политики и иного, которые в результате способствуют приведению к новому качеству социальной системы в целом. Как правило, трансформация тесно связана с реформами (например, в политологии данный термин означает переход от тоталитаризма к демократии) [62, С. 681].

Примечание – Источник: систематизация на основании [58-62]

Явления цифровой трансформации экономики мало изучены, трактовки понятия «цифровая трансформация экономики» в основном предлагаются зарубежными источниками. Например, по результатам исследований Rolland Berger (Strategy Consultants) под цифровой трансформацией экономики понимается непрерывная сквозная взаимосвязь всех областей экономики, а также «...путь, в котором различные игроки приспособляются к новым условиям, которые преобладают в цифровой экономике...» [66], а в соответствии с определением глоссария ЕЭК «цифровая трансформация экономики» трактуется как:

- изменения традиционных рынков, социальных отношений, государственного управления, экономического уклада, связанные с проникновением цифровых технологий;
- принципиальное изменение основного источника добавленной стоимости и структуры экономики за счет формирования более эффективных экономических процессов, обеспеченных

цифровыми технико-технологическими средствами и цифровыми инфраструктурами;

– переход функции лидирующего механизма развития экономики к институтам, основанным на цифровых моделях и процессах [67].

Таким образом, цифровая трансформация экономики является глубоким структурным преобразованием, происходящим в технико-технологической, социально-экономической, общественно-политической, государственно-административной сферах жизнедеятельности человека. Следует отметить, что при некоторых различиях в подходах к определению понятия «трансформации экономической системы» общее состоит в том, что трансформация экономической системы – это способ развития, который нацелен на достижение эффективного взаимодействия технико-технологических, социально-экономических, общественно-политических сфер мирового сообщества.

С целью разработки концепции цифровой трансформации промышленности необходимо систематизировать определения ряда взаимодополняющих понятий, связанных с цифровой экономикой (таблица 1.4).

Таблица 1.4. – Некоторые понятия и их определения, относящиеся к процессам и явлениям цифровой трансформации промышленности и экономики

№ п/п	Понятие	Определение понятия
	1	2
1	Единое цифровое промышленное пространство	совокупность цифровых промышленных платформ, основанных на общих информационных системах и ресурсах, которые внедрены на предприятиях промышленности в рамках интеграционной системы
2	Цифровая платформа	информационная система, поддерживающая цифровые процессы, использование, ресурсов и цифровых сервисов значительным количеством субъектов цифровой экосистемы и обеспечивающая возможность их взаимодействия
3	Цифровая платформа промышленности	информационная система алгоритмизированных взаимоотношений промышленных субъектов рынка, объединенных единой информационной средой, созданная с целью снижения транзакционных издержек за счет общего применения пакета цифровых технологий и изменений в системе разделения труда

№ п/п	Понятие	Определение понятия
	1	2
4	Цифровое преобразование	комплекс мероприятий, нацеленных на цифровизацию бизнес-процессов
5	Цифровой актив	совокупность информации в цифровой форме, собранная на основе конкурентной бизнес-модели, использование которой приводит к получению экономических выгод
6	Цифровая трансформация	проявление качественных, революционных изменений, заключающихся в цифровых преобразованиях бизнес-процессов, приводящих к принципиальному изменению структуры экономики, которая заключается в смещении центров создания добавленной стоимости в цепочку цифровых ресурсов и сквозных цифровых процессов. Частными случаями цифровой трансформации является цифровая трансформация промышленности (мезоуровень) и цифровая трансформация промышленного предприятия (микроуровень). В результате цифровой трансформации на макроэкономическом уровне осуществляется переход на новый технологический уклад, неизменно приводящий к созданию новых отраслей экономики
7	Цифровая экономика	система социально-экономических отношений, в которой ключевым производственным фактором являются информационные (цифровые) ресурсы, при этом преобразованы процессы производства, распределения, обмена и потребления с использованием информационно-коммуникационных технологий
8	Цифровая экосистема	открытая устойчивая система, включающая субъекты цифровой экосистемы (физических, юридических, виртуальных и пр.), а также связи и отношения этих субъектов в цифровой форме на основе сервисов цифровой платформы
9	Цифровое пространство интеграционной системы	пространство, в котором интегрируются цифровые процессы, средства цифрового взаимодействия, информационные ресурсы, а также совокупность цифровых инфраструктур, на основе норм регулирования, механизмов организации, управления и использования

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И.А. на основании [56, 66 – 69]

Основы цифровой трансформации промышленных предприятий Республики Беларусь как основообразующей цифровой промышленной платформы экономики белорусского государства слабо изучены и только начинают формироваться законодательными нормативными государственными актами [69].

В научных исследованиях Дж. К. Гэлбрейта [70–72], а также в аналитическом отчете ЕЭК [49] виды трансформации определяются, во-первых, целями преобразования, предметом преобразования: цифровые, производственные, социальной сферы, организационной сферы и т.д., во-вторых, масштабами преобразования: системные, применительно к отдельному предприятию, сквозные, применительно к отрасли; в зависимости от критериев процесса преобразований, от состояния предприятия до его проведения: предупреждающая, антикризисная; от стратегического выбора и ожидаемого результата трансформации. Белорусские ученые, занимающиеся исследованием вопросов трансформации промышленного предприятия, Е. С. Романова [73], Т.А. Угарина [74] определяют два вида трансформации по масштабу преобразований: системную и сквозную. Системную трансформацию определяют как трансформацию в рамках предприятия, сквозную – по промышленной отрасли, при этом отмечают, что на трансформацию промышленного предприятия как базисного звена экономической системы активное влияние оказывает устойчивая цифровая экосистема, в которой осуществляется производственная деятельность предприятия, включающая следующие институциональные аспекты: нормативные акты, регулирующие деятельность предприятия, условия промышленного рынка, на котором работает предприятие, развитость инфраструктуры и т.д.

Современный российский исследователь А. Н. Азрилиян рассматривают трансформацию как «переход к эффективным методам управления и хозяйствования, базирующийся на создании и внедрении оптимизированной системы управления» [58, С. 1021]. Такого подхода придерживается И. А. Шаралдаева [75]. Однако, по мнению экономистов-исследователей Б.В. Сорвирова, А.М. Баранова [77] А.Н. Раппопорта [78], трансформация выступает как инструмент повышения эффективности производства и рационального использования ресурсов посредством создания производственной системной

архитектуры, которая позволяла бы эффективно управлять предприятием, обеспечивая повышение качества продукции, расширение ассортимента и объема предлагаемых промышленных продуктов, что, в свою очередь, приводит к ускорению всех экономических процессов и экономическому росту.

Исходя из проведенного анализа отчетов PwC за 2016 – 2018 гг. по динамике внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов (рисунок 1.1), в мире базовыми технологиями для цифровой трансформации промышленности можно считать: Интернет вещей; промышленный Интернет вещей; искусственный интеллект; большие данные; роботизацию; «облачные» вычисления; безбумажные технологии; киберфизические системы; аддитивные, беспилотные, мобильные, биометрические, квантовые; суперкомпьютерные, сквозные технологии; технологии идентификации; технологии блокчейн; математическое моделирование; технологии открытого производства [79].

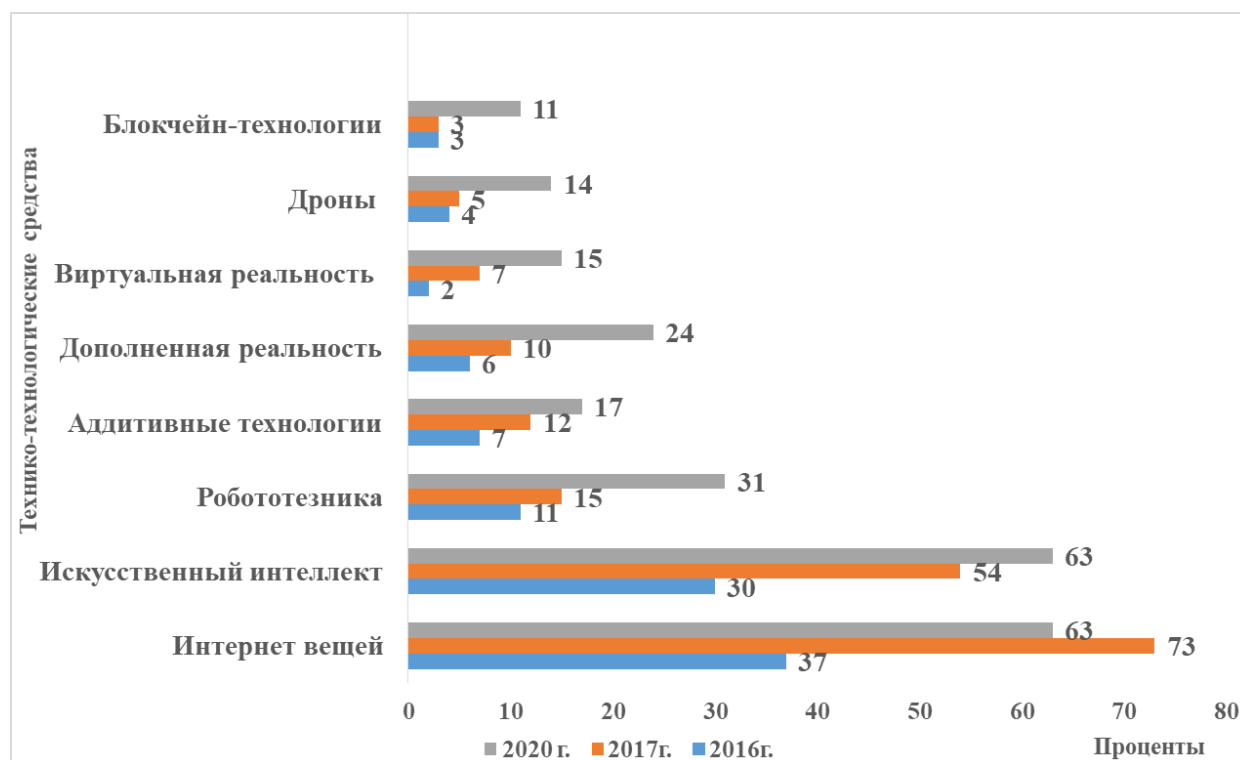


Рисунок 1.1. — Технико-технологические средства глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции (использование в мире, процентов)

Примечание – Источник: собственная разработка на основании [79]

Результат анализа и систематизации технико-технологических средств глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции, внедрение которых в производственные процессы приводит к цифровой трансформации промышленности, а также целей внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов и аспектов влияния цифровых преобразований промышленного производства, приведен в таблице 1.5.

Таблица 1.5. –Технико-технологические средства глобальных мегатрендов и цели их внедрения в производственные процессы

Наименование технико-технологических средств глобальных мегатрендов	Экономические аспекты внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов
1	2
Широкополосный интернет (4G-6G)	Создание технико-технологических условий для получения цифровых активов и развития цифрового промышленного предприятия в рамках цифровой экономики
Цифровое проектирование и моделирование (CAD–ComputerAided Design; CAE-Computer-Aided Engineering и их аналоги)	Создание условий для развития и внедрения систем планирования ресурсов предприятия
Системы информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства (BIM – Building Information Modeling)	Системное управление процессами промышленного и гражданского строительства с целью снижения издержек
Информационная система модулей планирования и управления ресурсами предприятия (ERP – Enterprise Resource Planning и аналоги)	Системное (корпоративное) управление производственными ресурсами. Позволяет реализовать выработанную стратегию развития промышленного предприятия
Системы управления цепочками поставок (SCM-системы, Supply Chain Management)	Предоставляет возможность оперативного управления всеми звеньями цепочки создания добавленной стоимости промышленного продукта. Становится возможным тотальный контроль над производственными ресурсами, производимой, произведенной, проданной, требующей сервисного обслуживания или ремонта, или утилизации уже отслужившей промышленной продукции,

	т.е. на каждом этапе жизненного цикла промышленного изделия
Наименование технико-технологических средств глобальных мегатрендов	Экономические аспекты внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов
1	2
Производственные исполнительные интеллектуальные информационные системы (MES – Manufacturing Execution System и аналоги)	Оперативное управление производственными ресурсами, оперативное планирование и диспетчеризация производства в целом, сбор и хранение оперативных данных, анализ производительности на уровне предприятия
Системы автоматизации цеховых процессов (SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition, CAM-Computer-Aided Manufacturing и их аналоги)	Позволяют управлять цеховыми процессами, осуществлять диспетчеризацию операционных цеховых процессов
Системы управления жизненным циклом промышленного продукта (PLC – Product Life Cycle, CALS – Continuous Acquisition and Lifecycle Support и аналоги)	Создают условия для развития системы сквозного планирования и управления в промышленности и анализа промышленности через открытые данные
Системы продажи и управления сервисом SSM, CRM	Создают условия для развития B2B и B2C-цифровых торговых платформ
Децентрализованная система хранения информации (блокчейн)	Децентрализованная система хранения информации гибче, прозрачнее и надежнее, чем современное программное обеспечение, созданное с применением традиционных моделей. Прибыль (выгода) является основой успешного, надежного и перспективного децентрализованного управления
Аналитика больших данных (bigdata), а также средства моделирования и анализа производственных и бизнес-процессов планирования производства (CAPP-системы, Computer-Aided Process Planning), управления инженерными данными (PDM-системы, Product Data Management)	Снижение временных сроков извлечения информации из огромного объема многообразных данных с низкой стоимостью операций по сбору, хранению и обработке, обладающих высокой достоверностью и ценностью, с целью нахождения необходимой информации для принятия эффективных управленческих решений

Наименование технико-технологических средств глобальных мегатрендов	Экономические аспекты внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов
1	2
Информационная сеть предприятия. Управление знаниями и навыками на различных уровнях управления (KM-Knowledge Management)	Преобразование производственной и экономической информации в «базу практического опыта», в корпоративные знания с целью снижения производственных издержек, сопровождающих практику проб и ошибок
Аддитивные технологии и системы (3D-принтеры)	Снижение производственных издержек на изготовление форм для литья, композитных комплектующих
Модули всеобщего управления качеством (TQM–Total Quality Management)	Обеспечение требуемого уровня качества промышленной продукции, работы персонала, производственных систем, систем управления
Искусственный интеллект (BPM – Business Performance Management)	Обеспечение процессов принятия управленческих решений (определение стратегических целей). Оценка эффективности деятельности предприятия. Экономическое планирование, моделирование, мониторинг и анализ ключевых показателей
Робототехнические системы и автоматы	Системы позволяют обеспечить моделирование ввода производственных объектов в эксплуатацию, провести анализ состояния ввода, устранить погрешности. Это, в свою очередь, приводит к снижению затрат на реальные мероприятия по вводу производственных объектов в эксплуатацию
Распределенные высокопроизводительные вычисления, «облачные» технологии	Создание условий для развития рынка «облачных» услуг и сервисов и инфраструктуры «облачных» технологий для внедрения в промышленности и других секторах экономики
Машинное обучение производственных процессов Интернета вещей (IoT, Internet of Things) и индустриального Интернета вещей (IIoT)	Создание условий для развития технологий математического моделирования в промышленности

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И.А. на основании [2, 54, 80 – 87]

Результат анализа экономических аспектов внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов позволяет выстроить систему приобретаемых конкурентных преимуществ в ходе осуществления цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, это:

- переход промышленного предприятия на более высокий уровень конкурентоспособности;
- снижение производственных издержек;
- способность оперативного выполнения индивидуального промышленного заказа в рамках поточного производства, адаптивность производства;
- инвестиционная привлекательность;
- гибкость и прозрачность системы управления, которые гарантируют экономическую эффективность деятельности предприятия и т.д.

Проведенный анализ принятых за последнее десятилетие мировой общественностью цифровых стратегий и инициатив показывает, что технологические тренды в сфере цифровой трансформации промышленности, характеризующие смену производственных парадигм в рамках четвертой промышленной революции, можно сгруппировать в следующем порядке:

- 1) создание сквозной автоматизации и интеграции производственных и управленческих процессов в единую информационную систему;
- 2) массовое внедрение интеллектуальных датчиков в физические элементы и объекты производственных линий;
- 3) применение «облачных» технологий для хранения информации и проведение вычислений;
- 4) массовое внедрение роботизированных технологий;
- 5) формирования аналитики с использованием технологии «больших» данных [55].

В условиях цифровой трансформации промышленности все процессы от генерирования идеи создания продукта до момента его утилизации будут преобразованы и интегрированы в киберфизическую экосистему, включающую цифровые стандарты, протоколы, специальные знания профессионалов, взаимодействующих с техни-

ческими средствами, такими как роботы, интеллектуальные датчики, суперкомпьютеры. В свою очередь, это открывает уникальную возможность оперативного управления всеми звеньями цепочки создания производственной стоимости независимо от географической удаленности производственных объектов, а также контроля над произведенной и проданной продукцией. Стадии подготовки промышленных инноваций, которые включают маркетинговый ситуационный анализ, сегментирование рынков, расчеты технико-технологических параметров промышленного инновационного продукта, а также экономических показателей, имитирующих получение коммерческого результата, предполагают консолидацию, обработку, хранение огромного количества данных и управления ими с целью использования в дальнейшем процессе разработки, производства, продажи, послепродажного обслуживания промышленной продукции. Это требует мощной интегральной цифровой вычислительной системы с возможностью структурирования огромного количества данных и новых знаний у специалистов, которые будут управлять созданной системой.

Таким образом, понятие «цифровая трансформация промышленности» как основа цифровой экономики, может трактоваться как процесс, отражающий переход субъектов промышленности (промышленных отраслей, комплексов, предприятий) на более высокий технологический уклад приводящих к принципиальному изменению структуры экономики. Цифровая трансформация промышленности предназначена для целенаправленной модернизации промышленности, неразрывно связана со значительными институциональными изменениями среды, в которой осуществляется цифровая трансформация, может сопровождаться реформами в национальном и международном законодательствах, реструктуризацией и организационными преобразованиями субъектов промышленности, а также служить эффективным инструментарием реинжиниринга.

Принадлежность промышленного предприятия к определенной организационной структуре позволяет классифицировать процессы деятельности предприятия с целью выявления цепочки создания добавленной стоимости.

Основой для разработки алгоритма цифровой трансформации промышленного предприятия должен стать результат анализа фи-

нансово-экономического состояния текущей деятельности предприятия, а также формирование стратегических целей цифровой трансформации предприятия на основании внешнего всестороннего ситуационного анализа. Постановка конкретных целей – ключевой момент цифровой трансформации.

Поэтому всесторонняя оценка ситуации и анализ являются первым этапом цифровой трансформации промышленного предприятия. На основе SWOT, PEST и стратегического анализ необходимо определить конкретные формализованные количественные и качественные цели, с учетом выявленных в результате научного исследования тенденций промышленных революций, которые станут базисом для формирования концепции организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленного предприятия.

Следует отметить, что, помимо основной цели – обеспечения условий для существенного повышения экономической эффективности производственной деятельности, цифровая трансформация промышленности направлена и на получение непосредственного экономического эффекта от проводимых мероприятий. Эта цель является вспомогательной по отношению к основной, однако требует обязательного мониторинга полученных в ходе цифровых преобразований результатов.

При реализации цифровой трансформации промышленности критическое значение имеет цифровая инфраструктура, которая обеспечит синергетическое взаимодействие различных факторов: технико-технологических решений, робототехнических и электронных средств контроля и управления, человеческого фактора, совместимость больших данных, их обработку, обмен и хранение. Ключевым же фактором модернизации белорусской промышленности является обеспечение условий для внедрения технологий в рамках концепции «Индустрии 4.0» [2], способствующих созданию добавленной стоимости промышленного продукта в системах с привязкой к предприятиям–производителям промышленной продукции в государствах – членах ЕАЭС.

При обобщении основных подходов к цифровой трансформации промышленности, которые базируются на вышеперечисленных технико-технологических мегатрендах можно выделить такие виды

моделей цифровой трансформации промышленности, как ролевая, процессная, отраслевая, технологическая, матричная.

При этом цели и экономическое содержание моделей цифровой трансформации промышленности могут быть определены в следующем контексте. Ролевая модель цифровой трансформации промышленности основана на нескольких наиболее важных инновационных технологиях, выполняющих главную роль в трансформации. Так, стремительная массовая диффузия в промышленном производстве таких инновационных технологий, как анализ больших данных, машинного обучения и искусственного интеллекта, приводит к формированию ролевой модели как разновидности технологической модели, в которой управление производством осуществляется путем внедрения определенных ключевых технологий цифровой трансформации промышленных предприятий, выступающих в главных ролях.

Процессная модель цифровой трансформации промышленности (процессный подход) выстраивает в последовательный ряд оцифрованные элементы цепочки создания стоимости промышленного продукта начиная с цифрового центра научно-исследовательской разработки и проектирования, затем цифровое производство, цифровой склад и цифровой транспорт, электронная торговля и т.д. Объекты цепи взаимодействуют последовательно, линейно, при этом субъекты являются звеньями в цепочке создания стоимости.

Под цифровым промышленным предприятием следует понимать интегрированный комплекс цифровых моделей, методов и инструментов, взаимосвязанных на основе системы управления данными. Ключевой задачей цифрового промышленного предприятия является интегрированное планирование, оценка и непрерывное улучшение всех основных структур, производственных процессов и ресурсов реального производственного предприятия. При децентрализации и виртуализации ресурсов отпадает необходимость строить специализированные линии для производства отдельных категорий продукции. Как отмечается в информационно-аналитическом отчете ЕЭК, при использовании этой модели как начала реализации цифровой трансформации промышленного предприятия: «...первыми инструментами цифровой трансформации промышленности могут стать создание Евразийской сети трансфера технологий и Евразийской сети промышленной кооперации и субконтрактации...» [49].

Модель цифровой трансформации промышленности, основанная на отраслевой подходе и связях промышленности с другими отраслями экономики народного хозяйства, может быть определена как отраслевая цифровая модель. В ней предполагается цифровизация отраслей народного хозяйства и организация их функциональных взаимодействий по функциональным связям и взаимным запросам [80].

Формирование технологической модели определено технологическим подходом к цифровой трансформации промышленности. Данный подход основывается на наборе технико-технологических средств, которые формируют цифровую повестку в промышленности. Этот набор технологий приведен в п. 1.2 отчета «Технологические тренды в цифровой трансформации промышленности» [49, С. 15], является открытым и может быть расширен и систематизирован (таблица 1.5).

Матричная модель цифровой трансформации промышленности представляет собой систему матриц «цели – средства», которая позволяет выявить избыточность и дублирование или, напротив, недостаточность технологических разработок и научных исследований в объектах модели. Она объединяет объекты по целям и задачам, например, матрица «Технологии – исследования», матрица «Задачи – продукты», матрица «Продукты – технологии» и т.д. Так описывает модель российский исследователь Г. Л. Садовский: «...Система матриц транслируется в цифровое производство на основе облачных технологий. Стандарты и классификаторы являются «каркасом» для взаимодействия центров цифрового производства по стадиям жизненного цикла продукции...» [80, С. 428].

Анализируя описанные выше модели цифровой трансформации промышленности, можно сделать вывод, что при формировании модели организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь будут учтены следующие важные аспекты: необходимость создания национальной базы типовых технико-технологических решений цифровой трансформации предприятий традиционных отраслей промышленности, адаптированных для Республики Беларусь, отвечающих достижению целей национальной промышленной политики и гармонизирующих со стандартными технико-технологиче-

скими средствами интеграционных систем. В итоге это позволит создать новую модель цифрового промышленного предприятия, основного звена цифровой экономики, для которого все цифровые ресурсы доступны глобально и дистанционно, а сами промышленные предприятия представляют собой центры цифрового производства по сквозным технологическим группам, которые взаимодействуют на основе принципов открытости, обеспеченных программной поддержкой и доступом для всего цифрового пространства интеграционной системы. Только в том случае, если все звенья цепочки создания промышленной стоимости в равной степени вовлечены в производственно-хозяйственное планирование, управление и контроль, может быть обеспечена надежность всей цепочки создания стоимости на всех этапах жизненного цикла промышленного продукта.

Этот важный глобальный процесс основан, прежде всего, на оптимизации производственных процессов создания промышленного продукта на базе сплошных цифровых и интеллектуальных информационных технико-технологических средств глобальных мегатрендов.

В свою очередь, такая интеграция подразумевает вероятность всех субъектов получать доступ к общей, совместимой и достоверной производственной информации и открывает уникальную возможность оперативного управления всеми звеньями цепочки создания добавленной стоимости промышленного продукта. Также становится возможным тотальный контроль над производственными ресурсами, производимой, произведенной, проданной, требующей сервисного обслуживания, ремонта или утилизации уже отслужившей промышленной продукции, т.е. на каждом этапе жизненного цикла промышленного изделия.

Ключевой аспект цепочки создания добавленной стоимости в условиях цифровой трансформации промышленных предприятий Республики Беларусь заключается в следующем: с учетом реализации симбиоза горизонтальной и вертикальной интеграции промышленных предприятий влияние технико-технологических глобальных мегатрендов на производственный процесс приводит к изменениям в структуре добавленной стоимости, появлению высокотехнологичной, цифровой компоненты.

Существенная роль в этом контексте отводится кибербезопасности и надежности цифровой экосистемы в цепочке создания добавленной стоимости промышленного продукта.

Таким образом, понятие цифровой трансформации промышленного предприятия можно определить как изменение внутрипроизводственных компонент, параметров и пропорций, а также связей экономической системы промышленного предприятия, которые, накапливаясь, обуславливают переход промышленного предприятия в новое качественное состояние. Благодаря цифровой трансформации производственная система выходит на иной, более высокий уровень функционирования, прежде недоступный и невозможный для нее, меняя при этом прежнюю структуру на более адаптивную, прежнюю систему управления на новую, более гибкую. Сущностная составляющая процесса трансформации проявляется в реформировании организационной структуры производственных объектов, изменении целей и задач их деятельности, формировании нового подхода к способам производства и управления промышленным предприятием.

Цифровая трансформация обрабатывающей промышленности Республики Беларусь является средством модернизации промышленного производства и связана со значительными затратами, например, на приобретение дорогостоящего оборудования, масштабными работами по реконструкции производственных цехов, разработке совершенно новых технологических процессов, обучению персонала и т.д. Это стимулирует к поиску оптимальных моделей цифровой трансформации обрабатывающей промышленности и эффективного применения имитационного объектного моделирования с использованием машинного обучения и искусственного интеллекта, а также к разработке организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

При проведении анализа существующего мирового опыта цифровой трансформации промышленности следует особое внимание уделить изучению механизмов формирования глобальной цепочки создания добавленной стоимости промышленного продукта в результате осуществления цифровой трансформации.

Цифровая трансформация обрабатывающей промышленности Республики Беларусь как технико-технологическое ядро будущей белорусской цифровой экономики посредством масштабного, полноформатного внедрения цифровых технологий, образующих V и VI технологические уклады, трансформирует и структуру добавленной

стоимости путем включения цифровой и интеллектуальной составляющей в цепочку создания добавленной стоимости промышленного продукта, а также генерирует активные взаимодействия цифровых технологий с другими производственными факторами, в том числе с трудовыми ресурсами, формируя абсолютно новые организационно-экономические системы цифрового промышленного производства и новые цифровые промышленные платформы для экономического развития общества.

1.3 Институциональные аспекты цифровой трансформации промышленности в процессе углубления евразийской экономической интеграции

В настоящее время в соответствии с задачами, обозначенными в Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года в части расширения использования в производстве цифровых, сетевых и интеллектуальных технологий, «...аналогичных немецкой концепции «Индустрии 4.0», китайской стратегии «Интернет +» и др...» [1], с учетом накопленного научно-технического и производственного потенциала традиционных отраслей национальной промышленности и должна осуществляться в цифровой экосистеме, создаваемой и поддерживаемой институтами, оказывающими существенное, определяющее влияние на процессы цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, «...поскольку прослеживается четкая и устойчивая связь между эффективностью институтов и итогами социально-экономического развития общества...» [92, С. 47]. Таким образом, чем сильнее институты цифровой экосистемы, поддерживающие цифровую трансформацию промышленных предприятий Республики Беларусь в период цифрового преобразования белорусской промышленности путем масштабного внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов в производство промышленной продукции, тем быстрее преодолевается трансформационный спад и наступает устойчивый экономический рост [92].

В свою очередь, необходимо подчеркнуть, что адекватная институциональная система, соответствующая актуальному состоянию и тенденциям мирового хозяйственного развития, окажет непосред-

ственное влияние как на направление вектора цифровой трансформации промышленности Республики Беларусь и скорость цифровых преобразований в производстве, так и на формирование технико-технологических, социально-экономических, общественно-политических и др. условий, оказывающих влияние на создание цифровой экосистемы, способствующей деятельности предприятия в период цифровой трансформации. Таким образом, цифровая экосистема, в которой протекают процессы цифрового преобразования промышленного предприятия, состоит из взаимосвязанных, взаимозависимых институтов, определяющих правила экономических, организационных и правовых отношений, в том числе действий, образующих побудительные мотивы участников процессов цифровой трансформации промышленных предприятий Республики Беларусь.

Изучением институтов и их влиянием на экономическое развитие общества занимались ученые-экономисты Д. Норт [93–96, 107], Р.Г. Коуз [97], О.Вильямсон [98], Т. Эггертссон [99], А.Дензау [100], К. Бруннер [101], А. Н. Олейник [102], О.С. Сухарев [103], А.Е. Дайнеко [92], П.С. Лемещенко [104], А.И. Лученок [105], А.М. Баранов, Е.А. Западнюк [106] и др.

Исследователями классифицированы институты по следующим уровням и типам: регулятивные, конститутивные, инструментальные, социальные, политические, духовные, экономические и др.

Наибольший вклад в теорию институтов внес Нобелевский лауреат по экономике Д. Норт [93–96]. Он доказал, что институты не развиваются автоматически, они не могут усложняться или упрощаться, или как-либо изменяться сами по себе. Институты существуют как компоненты экономической системы, эволюция которых неразрывно связана с эволюцией этой системы, и их эффективность зависит от органа власти, принимающего решение о преобразовании института [93]. Как следствие таких преобразований, т.е. производства системы неэффективных институтов, может стать стагнация либо упадок самой системы. Это может привести к реформам либо искоренению того органа власти, который генерирует неэффективные основы институтов.

Д. Норт определяет институты как «...созданные человеком ограничения, которые структурируют политическое, экономическое и социальное взаимодействие...» [94, С. 11], он разделяет правила

(ограничения) на политические, экономические и правила контрактации. Политические правила определяют порядок взаимодействия субъектов и объектов общества в целом, экономические – порядок взаимодействия хозяйствующих субъектов, распределение ресурсов. Правила контрактации определяют порядок, условия и способы защиты конкретного соглашения по обмену (контракта) [95].

Современная наука [92, 101-106] рассматривает институты как сформированный комплекс формальных и неформальных правил (ограничений), а также совокупность механизмов принуждения их выполнения, которые регулируют и оказывают влияние на эффективность деятельности экономических субъектов (институциональных единиц).

В свою очередь, при трактовке понятий «институционализм» и «институт» на основании результата исследования энциклопедических словарей можно, с одной стороны, выделить общее в дефиниции, обозначенное авторами А. Н. Азриэляном [108], Б. А. Райсбергом [109], Е. Е. Румянцевой [110], М. А. Дерябиной [111], Г. С. Вечкановым [112] как совокупность норм, правил, структурирующих взаимодействия и взаимоотношения людей, определенных и имеющих место в экономике и обществе по выделенному кругу социально-экономических, общественно-политических отношений, с другой – выделить следующие институты: экономические, правовые, институты собственности, организационно-управленческие, финансово-кредитные, неформальные институты, а с третьей – рассмотреть институциональные аспекты, которые действуют в области принятия и направленности экономических решений цифровизации экономики в целом, а также выявить особенности институциональной среды с точки зрения перспектив проведения цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

Большинство исследователей отмечают следующие функции институтов: регулирующую, координирующую, информационную, которые определяют механизмы реализации сущности институтов [92, 97, 98, 104 – 106]. Функциональный принцип является основой классификации институтов. Так, современные экономисты выделяют правовые, регулирующие, финансовые, институты развития человеческого капитала, институты координации и распределения

рисков [101,102]. Так, А.И. Лученок выделяет важнейшие из макроэкономических институтов: «макроэкономического регулирования, определяющие порядок взаимоотношений между государством и организациями, индивидуальными предпринимателями, населением, возникающие в процессе государственного управления экономической деятельностью; институты рынка, регулирующие взаимоотношения между агентами в процессе обмена; монетарные институты, регулирующие кредитно-денежные отношения...» [105, С. 14]; фискальные институты, определяющие взаимоотношения налогообложения и централизованное распределение государственного бюджета; инвестиционные; институты права; институты внешнеэкономического регулирования.

Необходимо отметить влияние институтов на процессы, происходящие в обществе комплементарно, что, в свою очередь, создает определенную среду влияния, в рамках которой институты взаимодействуют, формируя тем самым институциональную среду. По определению Д.Норта (1971 г.), которое и сегодня не утратило актуальности, институциональная среда – это взаимосвязанная совокупность основополагающих институтов, которая образует базис и определяет рамки поведения экономических субъектов [107].

На основании проведенного анализа, можно сформировать ключевые цели институциональной среды, которые, вероятнее всего, будут способствовать цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь. Во-первых, институциональная среда должна мотивировать промышленные предприятия на освоение технико-технологических средств, применяемых в индустриальном мире ведущими транснациональными промышленными компаниями, во-вторых, способствовать развитию цифровых компетенций руководителей промышленных предприятий как конкурентного преимущества, необходимого для повышения инновационной активности промышленных предприятий, в-третьих, благоприятствовать сочетанию институтов: производственного, законодательного (правового), общественно-политического, социально-экономического.

Особое внимание необходимо уделить современным и формирующимся институциональным особенностям цифровой экосистемы, в которой осуществляется цифровая трансформация промышленных предприятий Республики Беларусь.

Современный нормативно-правовой институт цифровой экосистемы цифровой трансформации промышленности базируется на нормативных документах, принятых уполномоченными органами Евразийского экономического союза (далее ЕАЭС) [56, 113–120], а также национальными законодательными актами, принятыми за последние пять лет [90, 91, 121–126].

Для реализации мероприятий по цифровой трансформации промышленности в рамках ЕАЭС регулятивной базой являются нормативные акты, которые разрабатываются по следующим двум направлениям: цифровая трансформация отраслей экономики ЕАЭС, в частности цифровая трансформация промышленности, и цифровая повестка ЕАЭС, направленная на создание цифрового пространства, общего для государств – членов ЕАЭС.

Так, Евразийским межправительственным советом на уровне глав правительств в соответствии со ст. 92 «Промышленная политика и сотрудничество» Договора о ЕАЭС от 29 мая 2014 г. [113], государствами-членами ЕАЭС было принято Решение № 9 от 8 сентября 2015 г. «Об основных направлениях промышленного сотрудничества в рамках Евразийского экономического союза» (далее ОНПС) [114]. В Решении на основании анализа текущего состояния развития промышленности государств – членов ЕАЭС определены приоритеты развития, поставлены цели и задачи в рамках промышленного взаимодействия, а также обозначены векторы и нормативные инструменты создания условий для формирования единого цифрового пространства промышленности с дальнейшей цифровой трансформацией промышленности в государствах – членах ЕАЭС.

В частности, в рамках цифровой трансформации промышленности как одного из ключевых направлений промышленного взаимодействия государств – членов ЕАЭС, в соответствии с п. п 4.4.1. «Развитие объектов индустриально-инновационной инфраструктуры» ОНПС [114] определено формирование единого цифрового пространства промышленности и создание условий для цифровой трансформации промышленности в государствах – членах ЕАЭС, в том числе и цифровой трансформации промышленности Республики Беларусь.

Так, в качестве нормативного документа, определяющего и регламентирующего нормативные акты и мероприятия по ОНПС, в

том числе по цифровой трансформации промышленности, Решением Совета ЕЭК № 17 от 17 марта 2016 г. был принят План разработки актов и мероприятий по реализации ОНПС (далее План) [116], в котором указаны и детализированы следующие мероприятия на период 2016 – 2019 гг. (раздел X Плана):

– анализ передового мирового опыта развития промышленности, а также детализация подходов к цифровой трансформации промышленности государствами – членами ЕАЭС [49];

– разработка концепции экосистемы для цифровой трансформации промышленности государств – членов ЕАЭС и ее создание с целью формирования единого цифрового промышленного пространства.

В ОНПС также определен нормативный инструментарий промышленного взаимодействия в рамках цифровой трансформации промышленности и формирования единого цифрового пространства промышленности ЕАЭС следующего порядка: разработка приоритетных видов деятельности для промышленного сотрудничества государств – членов ЕАЭС (Приложение 1 ОНПС) [116]; формирование Евразийской сети промышленной кооперации и субконтрактации [117] и Евразийской сети трансфера технологий (п. 1. 14 Плана); распространение передовой мировой практики, по формированию и обеспечению функционирования объектов индустриально-инновационной инфраструктуры (п. 9 Плана) [118]; формирование Евразийских технологических платформ (п. 11 Плана) [119]; определение перечня приоритетов сотрудничества государств-членов в целях ускорения технологической модернизации и повышения инновационной активности организаций в рамках ЕАЭС (п. 22 Плана).

Так, в качестве нормативного инструментария Коллегией ЕЭК принята Рекомендация № 37 от 27 декабря 2016 г. «О распространении наилучших практик создания и обеспечения функционирования объектов индустриально-инновационной инфраструктуры государств – членов Евразийского экономического союза (ЕАЭС)» [118], в которой предусмотрен механизм консолидации баз данных об объектах цифровой инфраструктуры, а Решением Евразийского межправительственного совета № 2 от 13 апреля 2016 г. «Об утверждении Положения о формировании и функционировании евразийских технологических платформ» (далее Положение) [119] определены

технико-технологические Евразийские цифровые платформы. И далее, в соответствии с утвержденным Положением Решением Совета ЕЭК №14 от 18 октября 2016 г. получили право на деятельность первые 11 Евразийских технологических платформ (далее ЕТП). В качестве инструментария диффузии инновационных технологий принято решение Совета ЕЭК от 30 марта 2018 года № 23 «О Концепции создания евразийской сети трансфера технологий» [120].

Кроме этого, ЕЭК подготовлен проект рекомендации Комиссии по вопросу приоритетов взаимодействия государств – членов в целях ускорения цифровой трансформации промышленности в рамках исполнения ОНПС. В проекте предусмотрены приоритетные направления развития технологий на период до 2020 года, включая разработку средств производства, соответствующих требованиям и технико-технологическим стандартам концепции «Индустрия 4.0», что находит отражение в национальном проекте Стратегии «Наука и технологии 2018 – 2040» о создании индустриального комплекса «Новая индустрия 2040», базой для которого государством выбрана концепция «Индустрия 4.0» [124].

Вместе с тем на основании результата анализа нормативных документов, принятых белорусским законодательством за последнее десятилетие, регламентирующих социально-экономическое положение промышленного производства и направления развития предприятий белорусской промышленности, можно утверждать о понимании белорусским обществом необходимости внедрения технико-технологических инновационных средств в организацию и управление производственными процессами, а также создания государственной системы научно-технологического прогнозирования, включая мониторинг мировых тенденций развития науки и промышленного производства, дальнейшей разработки и принятия нормативных актов, регламентирующих действия промышленных субъектов, с целью получения составляющей стабильного экономического роста путем цифровой трансформации традиционного промышленного сектора.

Однако следует признать отсутствие механизма внедрения актов решений ЕЭК и их положений в национальные нормативные законодательные документы. Требуется совершенствование регуля-

тивного инструментария и механизмов гармонизации законодательных актов, принятых ЕАЭС, и национальных нормативно-правовых, содержащих инструментарий исполнения условий договора, законов, решений и распоряжений в рамках интеграционной системы ЕАЭС. Например, в Договоре о ЕАЭС [113] отсутствуют обязательства и ответственность государств – членов ЕАЭС, не разработаны регламентирующие механизмы во исполнение условий указанного договора, поэтому нормативно-законодательные документы, принятые в рамках ЕАЭС для государств – членов ЕАЭС, на сегодняшний день имеют рекомендательный характер.

Так, Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года [54] в соответствии с глобальными трендами развития промышленности, технико-технологические средства которых определены Департаментом промышленной политики Евразийской экономической комиссии в анализе мирового опыта развития промышленности и подходов к цифровой трансформации промышленности государств – членов Евразийского экономического союза [2], ставит цели развития наукоемкого и высокотехнологичного промышленного производства. С целью обеспечения высокотехнологичного, наукоемкого развития страны утвержден перечень приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016 – 2020 годы [121]. Исходя из этого сформированы разнообразные программы [90, 91, 121–126], а также предложен проект Стратегии «Наука и технологии 2018–2040» [124].

Так, проект Стратегии «Наука и технологии 2018–2040» (далее Стратегия) [124] подготовлен во исполнение поручений Президента Республики Беларусь от 7 апреля 2017 г. Проект основан на принципах последовательности и взаимозависимости принятых основополагающих программных документов по вопросам цифровизации экономики: Директивы Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. №3 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства» [123], решений Пятого Всебелорусского народного собрания [124], Национальной стратегии устойчивого развития на период до 2030 года [1], Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы [90], Государственной программы инновационного развития Республики

Беларусь на 2016–2020 годы [91]. Стратегия раскрывает предметное содержание и приоритеты социально-экономического развития Республики Беларусь – «Информатизация», «Инвестиции», «Занятость», «Молодежь», «Экспорт».

При этом перспективы технико-технологического развития белорусской промышленности соответствуют и согласуются с такими приоритетными направлениями цифровой трансформации отраслей промышленности государств – членов Евразийского экономического союза, как:

- цифровая НИОК(Т)Р (научно-техническая, проектная, инновационная и инженерно-техническая деятельность);
- цифровая торговля (интернет - реализация и обмен промышленными продуктами);
- энергетика (энергетическое машиностроение);
- цифровая логистика (подъемно-транспортное, транспортное, железнодорожное, автомобильное, машиностроение, авиационная, судостроительная, авиакосмическая промышленность);
- производство бытовой техники и др.

Однако в перечисленных национальных нормативно-правовых документах отсутствуют критерии порядка приоритетности инвестирования в проекты цифровой трансформации традиционных промышленных отраслей, которые признаны фундаментом белорусской экономики. Также требуется создание гибкого механизма венчурных инвестиций, финансирования и распределения средств из государственного бюджета, республиканского централизованного и местных инновационных фондов, необходим экономический институт цифровой трансформации промышленности. В качестве гаранта обеспечения высокотехнологичного и наукоемкого развития промышленности страны может быть определен национальный институт промышленной политики – организация, которая определяет стратегические цели промышленной политики, приоритеты технико-технологического развития белорусской промышленности и качество экономического роста в соответствии с международными обязательствами страны в рамках экономических интеграций, приоритетами национальной безопасности и которая взаимосвязана с цифровыми повестками Евразийского экономического союза и зако-

нодательно может быть поддержана Программой развития промышленного комплекса Республики Беларусь на период до 2020 года [125].

Так, В.Ю. Шутилин определяет основные проблемы развития институциональной среды, национального машиностроения. Это: «...

- отсутствие системного подхода к формированию и реализации промышленной политики, фрагментарность и слабая взаимоувязка ее отдельных элементов (научно-технического, производственного, кредитно-финансового, маркетингового, административного);

- совмещение функций государственного регулятора и хозяйственного управления в Министерстве промышленности и Госкомвоенпроме;

- нерелевантность индикаторов, применяемых для оценки результативности работы и мотивации менеджмента крупных государственных машиностроительных компаний, прежде всего, владельцев национальных брендов, состоянию макросреды и условиям современной конкуренции;

- отсутствие четко выраженных и обоснованных приоритетов продуктовой и рыночной специализации машиностроительного комплекса, требуемых компетенций и источников их формирования;

- слабая вовлеченность в цепочки создания ДС крупных машиностроительных ТНК, обеспечивающих относительную устойчивость заказов и перекачивание инженерного знания...» [127, С.147].

Следует отметить, что определенные выше проблемы могут быть соотнесены и в целом, к национальной обрабатывающей промышленности.

Устранить проблемы развития институциональной среды цифровой трансформации промышленности, по всей видимости, должен современный институт национальной промышленной политики, который обеспечит координацию производственной деятельности промышленных предприятий посредством определения и постановки стратегических целей перед отраслями промышленности. В его задачи должно входить также формирование и поддержание системы цифровых стандартов взаимодействия инновационного промышленного производственного оборудования, коммуникационных систем

искусственного интеллекта, глобальных компьютерных сетей и высокопрофессионального человека, способного управлять большими объемами данных и обеспечить новые подходы к планированию создания промышленного производства организаций. На наш взгляд, успешной реализации такого организационно-экономического механизма будет способствовать проведение мероприятий по подтверждению соответствия продукции требованиям Евразийского экономического союза, формирование международной практики по развитию института национальных платформ по цифровой трансформации промышленности.

В связи со стремительным научным прогрессом и модернизацией белорусской экономики [128], достигаемой благодаря осуществлению цифровой трансформации промышленности и развития цифровой экономики [122], в целом, необходимы действующие механизмы своевременной адаптации человека к изменяющимся условиям, новые концепции на основе развития модульной системы формирования компетенций его обучения и повышения квалификации с привлечением зарубежных специалистов для получения знаний через накопленный мировой передовой опыт, а также формирования представлений человека о его роли в высокоинтеллектуальном цифровом обществе. Одновременно с развитием и внедрением технико-технологических средств необходимо развивать социальный институт, который должен определять нормы взаимодействия человека с искусственным интеллектом, виртуальной и дополненной реальностью.

Наряду с рассмотренными выше институциональными аспектами цифровой трансформации промышленности аспект безопасности является наиболее значимым, системообразующим и служит гарантом обеспечения достижения высоких результатов в формировании белорусской инновационной промышленной структуры с сохранением устойчивого экономического развития промышленности и страны в целом. Динамика процессов, происходящих в научно-технологических, экономических, образовательных сферах современного мира, ставит задачи обеспечения государственной, политической, социально-экономической, кибербезопасности и, возможно, другой, пока не идентифицированной опасности высокоинтеллектуального общества.

Таким образом, на сегодняшний день актуальна задача формирования единой цифровой экосистемы в рамках ЕАЭС, способствующей цифровой трансформации промышленных предприятий Республики Беларусь. По всей видимости, она может быть реализована путем создания единого цифрового промышленного пространства. Такая модель представлена членом-корреспондентом НАН Беларуси А.Е. Дайнеко [128] при консолидации разработок и внедрения программного обеспечения в промышленные отрасли, формирования единого общего цифрового ресурса программного обеспечения и единого реестра ИКТ-оборудования, а также мониторинга и ранжирования объектов цифровой экосистемы, обеспечивающей цифровую трансформацию промышленности в рамках ЕАЭС.

При этом необходимо обеспечить изучение мирового опыта цифровой трансформации промышленности с внедрением в промышленное производство результативных моделей и механизмов цифровой трансформации промышленности, что, очевидно, невозможно без стратегического партнерства с зарубежными странами и без обмена знаниями и существующим передовым опытом цифровой трансформации промышленности.

Так, сформированная, как описано выше, цифровая экосистема в рамках ЕАЭС позволит консолидировать, контролировать и регулировать технико-технологические показатели промышленности интеграционного пространства, осуществлять технико-технологическое и экономическое прогнозирование государств – членов ЕАЭС, при этом необходима гармонизация в цифровой повестке по цифровой трансформации промышленности, создание объектов цифровой экосистемы, работоспособных цифровых платформ, поддерживающих технико-технологические средства глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции [2]. Например, основными инструментами деятельности таких цифровых платформ в рамках Союза, вероятнее всего, станет трансфер ИТ-услуг, открытие технопарков, обеспечение кибербезопасности, гармонизация цифровых стандартов.

Таким образом, проведенный научный анализ существующих и создающихся институтов и инструментов цифровой трансформации промышленности в рамках ЕАЭС позволяет сделать вывод, что нор-

мативно-правовой макро-институт экосистемы цифровой трансформации промышленности ЕАЭС, должен стать, регулятивным институтом с законодательно-нормативной базой для создания национальной законодательно-нормативной базы цифровой экосистемы, согласованной с цифровой экосистемой ЕАЭС, а также должен способствовать формированию институциональной среды цифровой трансформации промышленности Республики Беларусь, что, в свою очередь, является важным ключевым этапом в преобразовании и развитии национальных промышленных предприятий и экономики в целом. В своей совокупности макроинституты экосистемы цифровой трансформации промышленности и созданные на их основе национальные регулятивные институты цифровой экосистемы будут оказывать стимулирующее воздействие на процессы цифровой трансформации промышленности, а также гармонизируют взаимодействия и отношения участников этих процессов и образуют побудительные мотивы их деятельности.

В процессе формирования организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленных предприятий Республики Беларусь необходимо учесть влияние институциональных аспектов на процессы цифрового преобразования и рассмотреть в формируемом механизме способы регулирования аспектов институциональной экосистемы с целью создания устойчивого экономического состояния промышленной сферы в процессе цифровой трансформации.

Исходя из этого, институциональные преобразования в промышленной сфере Республики Беларусь должны обеспечивать:

а) организацию рационального взаимодействия крупных, средних и малых хозяйствующих субъектов различных форм собственности на основании кооперации и субконтрактации, имеющих перед собой единую цель, объединенных институтом национальной промышленной политики в части координации действий субъектов отраслей промышленности и промышленных предприятий Республики Беларусь, позволяющей экономить на издержках предвидения реакций на действия со стороны других субъектов промышленного рынка;

б) ограничение множества возможных действий путем «отсечения» тех из них, выбор которых может повлечь санкции, ущерб от которых превысит выгоду от совершения действия;

в) перераспределение ресурсов, издержек и выгод либо непосредственно по своему содержанию (например, правила налогообложения), либо косвенно – через координацию и ограничение возможных действий;

г) проведение взвешенной политики создания крупных государственных предприятий промышленности, не разрушив при этом уже имеющиеся структуры;

д) мотивации в рамках кооперации и субконтрактации взаимодействий с ведущими лидерами, применяющими технико-технологические средства четвертой промышленной революции, цифровое промышленное производство с целью формирования экспортной направленности, чему в значительной степени способствует цифровая трансформация обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

1.4 Концептуальные основы организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности

Словосочетание «организационно-экономический механизм» широко применяется в научно-исследовательских работах экономического профиля последнего десятилетия, а также в экономических монографиях и научной литературе. Кроме организационно-экономического механизма, понятия различных механизмов, их многоликое содержание, а также разнообразные модели, методы и инструменты применяются авторами во многих областях научной деятельности. Понятие «механизм» употребляется и варьируется в различных смысловых выражениях и словосочетаниях, описывающих взаимодействия и процессы, происходящие в современном мире, природе и обществе. Так, великий немецкий философ Г. Гегель отмечал в своих трудах многогранность понятия механизма и определял для него, помимо присутствия в технической сфере, применение в хозяйственном и экономическом контексте, тем самым утверждая право и значение понятия «механизм» как всеобщей логической категории [130].

В подтверждение факта прочного закрепления понятия механизма в хозяйственной и экономических сферах деятельности человека отметим, что сущность и содержание этого понятия как экономического механизма, раскрыта в фундаментальных исследованиях

зарубежных экономистов А. Файоля [131], А. Кульмана [132] и др. Содержанию и сущности хозяйственного и экономического механизмов посвящены работы ученых-экономистов Т. Г. Зориной [133], Л.И. Абалкина [134,135], Ю.М. Осипова [136, 137], А.Г. Куликова [138], Б.А. Райзберга [140-141] и др., а позднее, в период реформирования экономики тема сущности экономического механизма в условиях экономической трансформации поднята в современных исследованиях А.П. Градова [139], П.Т.Авкопашвили [142], Н.Л. Удальцовой [143], А.И. Бородина [144], С.Н.Измалкова [146], А. Н. Бычковой [145], В.Ю. Шутилина [127], и др.

В настоящей работе исследование понятия организационного экономического механизма начнем от истоков физического содержания термина «механизм» с учетом современного аспекта. Сущность механизма как технической категории заключается в преобразовании входных параметров в выходные, при этом необратимо происходит изменение природы входных параметров, их значения и направления. Современные экономисты понятие механизма раскрывают как «...систему, состоящую из звеньев и соединений, предназначенных для преобразования движения одних тел в движение других...», предполагающих упорядоченную слаженную структуру, в которой происходят процессы преобразований различной природы [131, 133, 141–146]. Однако, стоит отметить, что экономические аспекты сущности понятия «механизм» достаточно новы и нуждаются в изучении и уточнении. Так, французский исследователь А. Кульман в 1993 году своим научным трудом «Экономические механизмы» определяет сущность экономического механизма и подчеркивает отсутствие подобного термина в известных экономических словарях до 60-х годов 20 века [132, С. 27]. Вместе с тем он относит к экономическим механизмам механизмы равновесия национальной экономики и внешнего мира, механизмы равновесия между «...производством и потреблением, механизмы превращения капитала в доход и дохода в капитал...» и называет их механизмами открытого типа, так как результатом действия такого механизма является новое, отличное от исходного экономического явления. К механизмам закрытого типа он относит, например, механизм экономических циклов, механизмы мультипликаторов – механизмы, которые воспроизводят исходное явление в больших или меньших масштабах [132, С. 49].

Исследования экономических аспектов хозяйственного механизма как обобщенный подход к экономической системе с точки зрения принципов ее организации и особенностей развития в изменяющейся среде исследовали Л.И. Абалкин [134,135], Ю.М. Осипов [136, 137], А.Г. Куликов [138].

Так, доктор экономических наук Ю.М. Осипов определяет в своих работах сущность термина «механизм» как организацию системы, а само понятие «организация» авторы фундаментальных источников определяют, с одной стороны, как системную структуру целого, а с другой – как процессы по систематизации в единое целое. Таким образом, содержание экономических механизмов рассматривается авторами в следующей иерархической последовательности: глобальные, национальные, отраслевые и далее – организационно-экономические механизмы как взаимоувязанные звенья в виде единства структурной и процессной составляющих. При этом простые механизмы входят в систему более сложных экономических механизмов [137, С. 117].

Так, например, профессор А.П. Градов рассматривает национальную экономику как систему взаимодействующих организационно-экономических механизмов, обеспечивающих равновесные состояния производства и потребления в рамках экономических циклов, тем самым обеспечивая равновесия национальной экономики и внешнего мира как «...цепочку последовательно возникающих взаимосвязанных явлений...» [139, С. 98].

Автор многочисленных работ по экономике Б.А. Райзберг определяет организационно-экономический механизм как «...совокупность организационных структур и конкретных форм и методов управления, а также правовых форм, с помощью которых реализуются в действующие в конкретных условиях экономические законы, процесс воспроизводства...» [140, С. 278]. По его мнению, система управления и механизм управления отличаются тем, что механизм включает в свой состав методы, виды, формы и функции управления. Система управления вместе с тем включает в свой состав еще и аппарат управления, выполняющий функции управления [140].

Можно сделать вывод, что организационно-экономический механизм цифровой трансформации промышленности будет являться звеном механизма цифровой экономики на основании национальной

промышленной политики, а механизм управления современным промышленным предприятием является составной частью концепции организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности и войдет в подсистему, воздействующую на производственные процессы на основе принципов согласования деятельности субъектов и объектов механизма с помощью методов и инструментов.

Следует также отметить, что по характеру исследуемые механизмы управления можно разделить на мотивационные механизмы и механизмы принуждения [143].

В результате проведенного анализа фундаментальных исследований ученых-экономистов в эволюции понятия организационно-экономического механизма определена существующая неоднозначность трактовок этого понятия, а также с учетом современных условий развития экономики и общества уточнена его сущность и содержание. При этом предложены современные методы и способы реализации организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, представляют собой элементарные инструменты реализации целей организационно-экономического механизма аналитического и исследовательского характера.

Эффективность организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности можно определить при помощи количественных и качественных выходных показателей:

- уровень эффективности инвестиционных вложений, уровень инвестиционной привлекательности (интегральный показатель);
- качество и конкурентоспособность выпускаемой промышленной продукции;
- степень и темп развития цифрового промышленного производства;
- интенсивность интеграционных процессов;
- генерация добавленной стоимости;
- показатели экономической надежности промышленного предприятия.

При этом условия или факторы, влияющие на действие механизма, предлагается систематизировать на основании результата SWOT-анализа машиностроительного комплекса Республики Беларусь как

ключевой отрасли обрабатывающей национальной промышленности [127].

Исследуем связь организационно-экономического механизма с достаточно часто употребляемыми наряду с ним другими экономическими понятиями такими, как «стратегия», «методы», «условия», «модель», «факторы», «методологии», «концепции». Допускаем, что существуют дополнительные признаки, позволяющие выделить организационно-экономический механизм как отдельную категорию, обладающую отличиями на понятийном уровне от приведенных выше понятий. Так, стратегия отличается от организационно-экономического механизма обоснованием направления и интенсивности развития, а организационно-экономический механизм определяет способы ее реализации, поэтому эти два термина не пересекаются.

Условия определяют ограничения и требования для получения результата и являются составной частью организационно-экономического механизма, а факторы – это причины, влияющие на исследуемое явление и включены в состав механизма.

Модель – формализованное описание исследуемого явления, а организационно-экономический механизм преобразует модель на практике в действующий организм, адаптированный к влиянию конкретных факторов, определенных условий [144].

Методологии определяют базовые подходы проведения аналитических исследований и разработки вариантов решений, а организационно-экономический механизм является результатом применения тех или иных методологических подходов, что в равной степени относится и к концепциям как теоретическим основам методологий.

Поэтому выделение термина «организационно-экономический механизм» как самостоятельного, не пересекающегося по содержанию с приведенными выше понятиями, вполне обосновано. Учитывая все особенности и оттенки организационно-экономического механизма, в данном исследовании возможна следующая формулировка обобщающего определения организационно-экономического механизма.

Организационно-экономический механизм цифровой трансформации промышленности – это совокупность способов управления взаимодействием субъектов промышленности на основе системы институтов, определяющих правила, принципы и методы осуществления цифровой трансформации промышленности, в результате которой происходит целевое качественное преобразование субъектов механизма и их переход

на новый более высокий уровень технико-технологического развития с учетом влияния факторов внешней и внутренней среды. Таким образом, с целью эффективного функционирования организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности необходимо использовать методы и инструменты, формирование и воздействие которых согласовано со стратегическими направлениями национальной промышленной политики.

Концептуальная модель организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности, разработанная на основании фундаментального исследования конкурентного потенциала машиностроительного комплекса отрасли [127] состоит из четырех основных блоков: технико-технологического, управленческого, экономического, компетентностного (рисунок 1.2).

На схеме видно, что основу организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности составляет организационный блок, представляющий собой следующую циклическую матрицу: «стратегические цели – технико-технологические средства – цифровые компетенции персонала – маркетинговые методы и инструменты – бизнес-процессы» и выполняющий преобразовательную функцию на основании огромного объема факторов внешней и внутренней среды.

Цели и задачи организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности определяются принципом согласования интересов субъектов механизма. В данном случае стоит отметить, что эффективность организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности и согласование интересов субъектов цифровой экосистемы находятся в корреляционной зависимости друг от друга, поскольку реализация приоритетных направлений национальной экономики и эффективность используемых инструментов управления обеспечиваются в условиях формирования общественно-политических и социально-экономических стимулов для масштабной и оперативной цифровой трансформации промышленности. Основными принципами, которые положены в основу организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности, являются:

- целенаправленность – соответствие механизма целям функционирования и развития отрасли;

- системность – упорядочение и структурированное взаимодействие всех элементов организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности;
- максимально возможная реализация конкурентного потенциала отрасли;
- адаптивность – быстрое реагирование на различные изменения внешней среды;
- комплексность охвата решаемых задач;
- согласованность интересов субъектов организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности;
- содействие развитию отрасли национальной промышленности;
- инновационность – ориентация организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности на инновационное развитие экономики в целом.

Как было отмечено выше, в центре организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности находится интеллектуальное ядро цифрового управления, которое формирует промышленные цифровые решения и действует в условиях «стратегические цели – результаты бизнес-процессов». Организационно-экономический механизм цифровой трансформации промышленности реализуется посредством различных методов и инструментов. Методы сведены в группы по институциональным признакам: нормативно-законодательные, финансово-инвестиционные, социально-экономические и организационно-управленческие. Такое деление условно, поскольку эти методы находятся в определенной взаимосвязи и предполагают регулирование и управление осуществлением цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь со стороны государства.

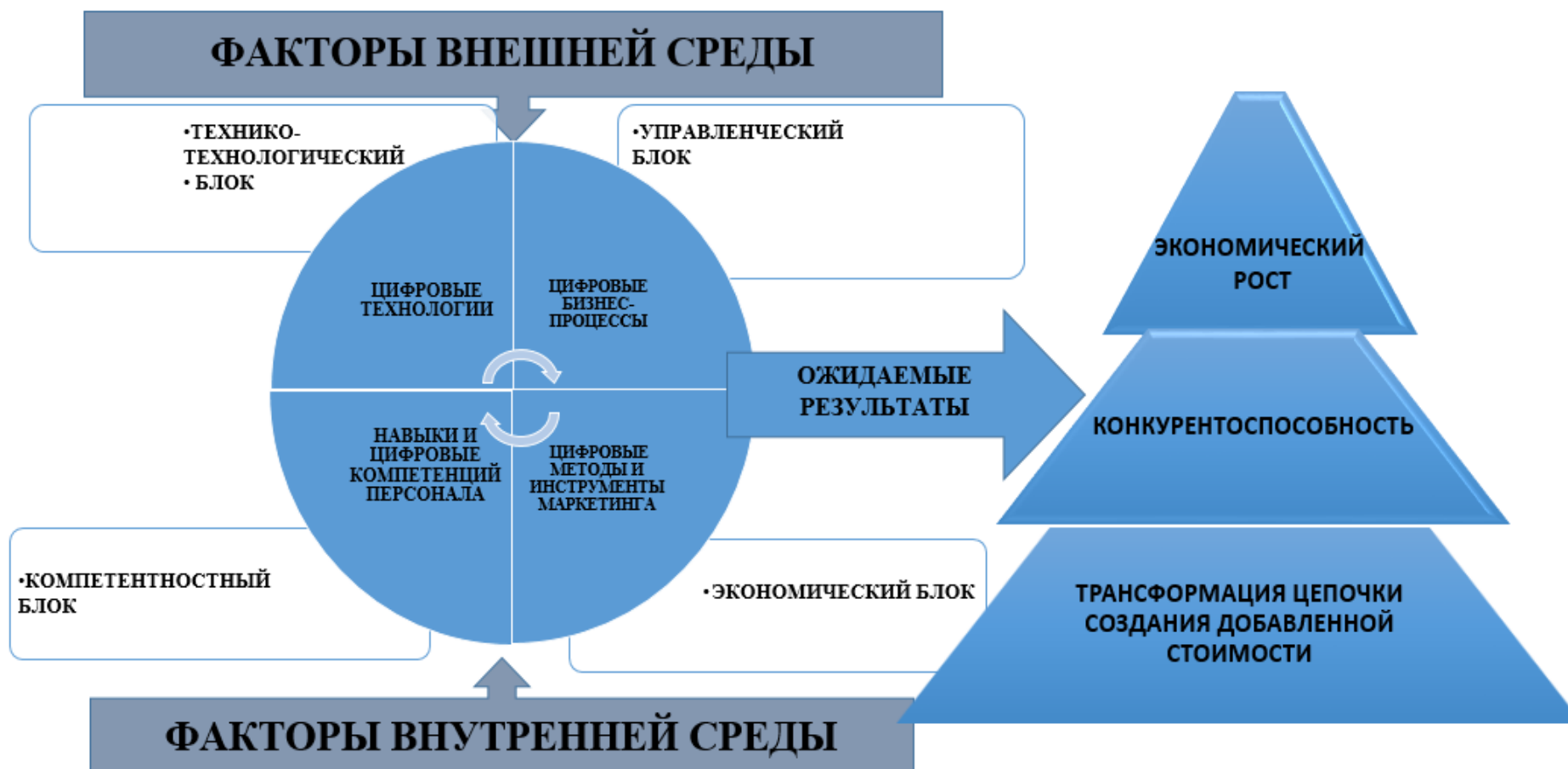


Рисунок 1.2. – Концептуальная модель организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленных предприятий Республики Беларусь

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И.А.

Организационно-экономический механизм цифровой трансформации промышленности формируется в институциональной среде, которая способствует получению цифровых навыков и развитию цифровых компетенций персонала, процессам кооперации и субконтрактации, расширению партнерских отношений в цепочках создания добавленной стоимости промышленного продукта.

Кроме этого, важно отметить, что все процессы, осуществляемые в организационно-экономическом механизме цифровой трансформации промышленности, протекают под воздействием макроэкономических факторов, к которым относятся:

- тенденции развития мирового производства в конкретной сфере;
- спрос на национальную промышленную продукцию на международном промышленном рынке;
- характер международных политэкономических отношений;
- приоритетные направления и стратегия развития национальной экономики и др.

Функционирование обрабатывающей промышленности и эффективность организационно-экономического механизма цифровой трансформации отражаются в экономических показателях результативности бизнес-процессов. Системный анализ промежуточных показателей дает возможность выявить проблемные области действующего механизма, эффективность используемых методов и инструментов.

Особенности содержания организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь обусловлены её предназначением в национальной экономике и факторами внешней среды. Структурное представление организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь является универсальной схемой и может применяться как базовая модель организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности для любого предприятия обрабатывающей отрасли промышленности национальной экономики.

Векторы развития и движущие силы механизма, источники изменения его целевых функций, а также контролируемые параметры субъектов и объектов, ограничены системой принципов механизма,

как целостной системой взаимосвязанных и взаимодополняющих ценностей, разделяемых субъектами механизма. А необходимые методы и инструменты, обеспечивающие реализацию целевых функций механизма под влиянием внешних и внутренних факторов, определены результатами фундаментальных экономических исследований [183 – 189, 191, 201 – 209].

Таким образом, можно отметить, что организационно-экономический механизм цифровой трансформации промышленности – это многогранная, многоаспектная система, которая содержит в себе совокупность взаимодействующих субъектов, методов, инструментов и процессов воздействия, которые в реальной практике используются для получения запланированных результатов, характеризующих стадию развития объекта в рамках национальной промышленной политики. Описание блока управления, кроме описания вышеприведенных элементов, дополнительно должно включать характеристику языка описания – логико-аналитического, графического, математического и др., а также характеристики целевых функций, для реализации которых создается механизм. Специфика приведенной выше структуры организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленности заключается в особой роли центра – интеллектуального ядра, который создает матрицу организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

ГЛАВА 2

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

2.1 Экономический анализ мирового опыта внедрения технико-технологических средств четвертой промышленной революции

Анализ особенностей предшествующих промышленных революций, их движущих сил и вызванных ими экономических и социальных последствий приводит к выявлению и осознанию признаков наступления четвертой промышленной революции, стирающей грани между природой технологий и объединяющей физическую, цифровую и технологическую реальность в новую реальность высоких скоростей, широких возможностей, системных последствий [210].

Необходимость выработки приоритетов в развитии и координации цепочек создания добавленной стоимости в интеграционной производственной системе требует оперативного пристального изучения и анализа существующего мирового опыта внедрения технико-технологических средств четвертой промышленной революции с целью поддержки государством и масштабированием в стране прорывных цифровых практик, проектов, цифровых бизнес-моделей и технологий [211].

Базисом наступающей четвертой промышленной революции в промышленности будет масштабное внедрение элементов промышленного искусственного интеллекта и когнитивных информационно-управляющих систем промышленного Интернета вещей, машинного обучения и машинного зрения, применение больших баз данных, облачных технологий, виртуальной и дополненной реальностей, 3D-технологий и др., которые обеспечат сетевую интеграцию информационных структур и элементов искусственного интеллекта, встроенных в промышленные объекты, материалы, машины и оборудование, а также производственные системы организации, координации и управления процессами и их совместное сетевое взаимодействие, которое должно быть гибким в реальном времени, адаптивным, управляемым [212].

Вместе с цифровой трансформацией промышленности, содержание и сущность которой нами рассмотрены ранее, влияние четвертой промышленной революции на экономический рост будет отмечено масштабным вовлечением максимального количества граждан в цифровые экономические и социально-общественные процессы, а также повышением эффективности внедрения цифровых технико-технологических инноваций.

Так, вероятнее всего, экономический рост будет обеспечен масштабным увеличением объемов цифровой торговли, стремительной скоростью обращения цифрового капитала, формированием общества, основанного на знаниях, а также привлечением человеческого капитала в цифровую сферу занятости при условии открытой рыночной конкуренции [147].

По результатам научного исследования PwC Strategy& (отчет 2018 г.) [148], в котором представлена статистика опроса более 1155 руководителей мировых производственных корпораций 26 стран о внедрении цифровой трансформации промышленности, эксперты PwC разработали индекс уровня внедрения на промышленных предприятиях технико-технологических средств глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции. Исследуемые предприятия были распределены по категориям: Digital Novices («цифровые начинающие»), Digital Followers («цифровые последователи»), Digital Innovators («цифровые новаторы») и Digital Champions («цифровые чемпионы»), уровни которых соответствуют уровням цифрового развития экосистемы: клиенты, операции, технологии и кадры.

Из проведенного анализа глобального исследования можно сделать следующие выводы: 10% мировых промышленных компаний находятся в ранге «цифровых чемпионов», а 66% – в категории начинающих. В рейтинге отраслей промышленности, в которых осуществляется цифровая трансформация (рисунок 2.1), лидируют промышленные предприятия автомобильной промышленности: 20% промышленных компаний отрасли находятся в ранге «цифровых чемпионов», 34% – «цифровых новаторов», 32% – «цифровых последователей», остальные 14% – «цифровые начинающие». Руководители промышленных компаний, которые осуществляют цифровую трансформацию промышленности, рассчитывают на снижение производственных издержек и повышение эффективности от внедрения технико-технологических средств

глобальных мегатрендов в ближайшие пять лет. При этом снизить производственные издержки планируют 16 % «цифровых чемпионов» и 10 % «цифровых начинающих».

Так, более 50% цифровых активов «цифровые чемпионы» получают от внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов, характерных для четвертой промышленной революции, инвестиции в которые в ближайшее пятилетие обеспечат прирост дохода на 15%.

Более 90 % «цифровых чемпионов» находятся на стадии активного внедрения Интернета вещей и робототехники, а «цифровые начинающие» освоили диагностическое техническое обслуживание (39 %) и интегрированную логистику (32%). Искусственный интеллект для автоматизации выполнения ручных и когнитивных задач внедрила одна треть «цифровых чемпионов». Вместе с тем 98% «цифровых начинающих» предприятий не нашли практического применения этой технологии.

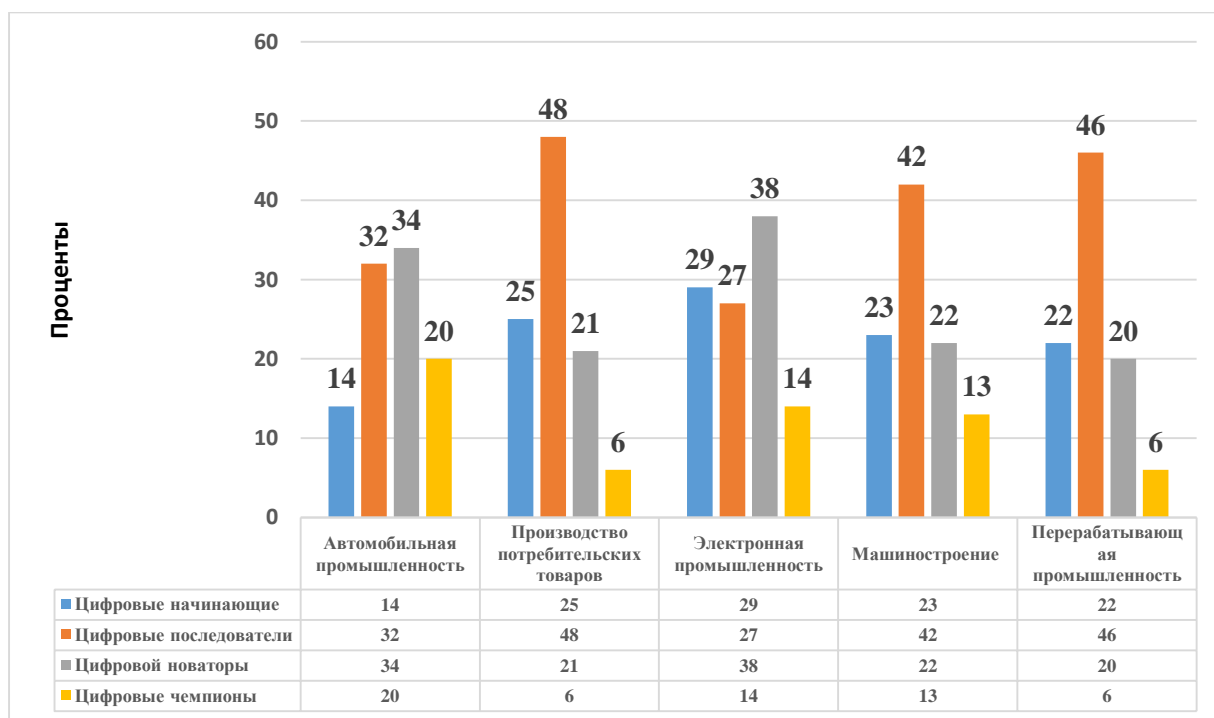


Рисунок 2.1. – Концентрация внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов мировыми производственными корпорациями по отраслям, (процентов)

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А. на основании [148]

С другой стороны, более 70% «цифровых чемпионов» отмечают четкие цифровые стратегические цели и мотивацию руководителей к внедрению цифровой трансформации, которая, в свою очередь, связана с инвестированием в развитие навыков персонала.

Вместе с тем результаты проведенного анализа глобального исследования PwC Strategy& (2018 г.) [148], свидетельствуют, что промышленные предприятия Азиатско-Тихоокеанского региона, в составе которого 21 государство: Россия, Китай, Южная Корея, Япония, Тайвань, Тайланд, Вьетнам, Филиппины, Малайзия, Сингапур, Бруней Индонезия, Новая Гвинея, Австралия, Новая Зеландия, Канада, США, Мексика Перу, Чили [149], стали лидерами цифровой трансформации промышленности и интеграции цепочек создания добавленной стоимости в 2017 году.

При этом сравнивались показатели темпов цифровой трансформации промышленных предприятий, которые превышает показатели аналогичных промышленных предприятий в странах Европы, Ближнего Востока и Африки (рисунок 2.2).

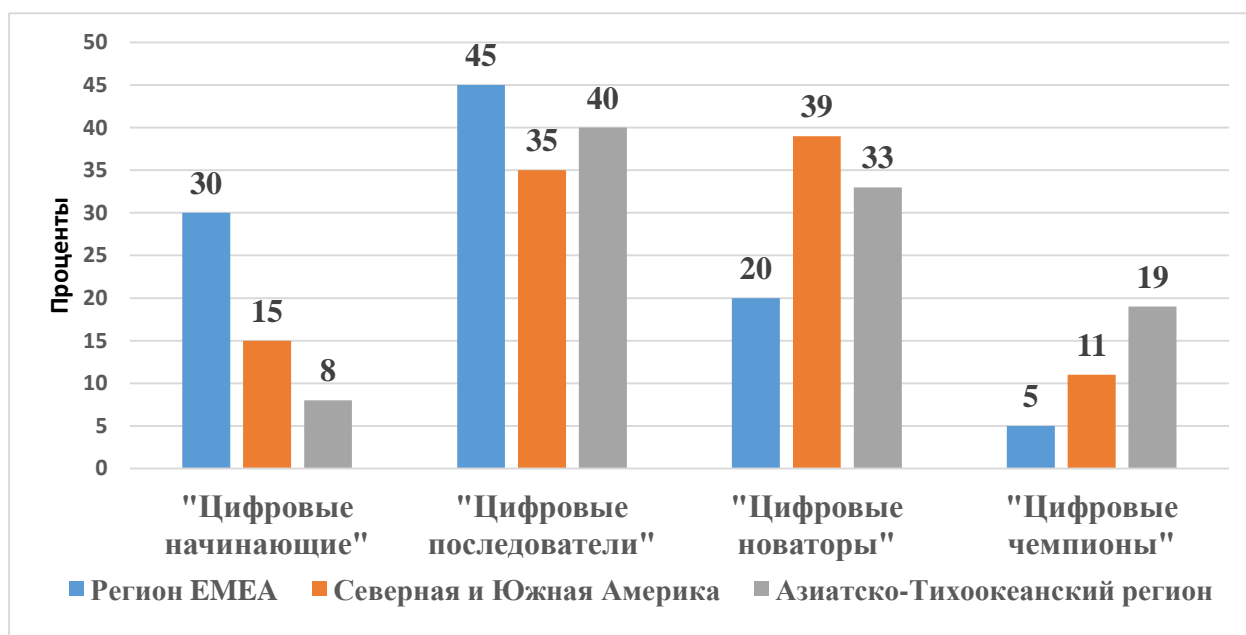


Рисунок 2.2. – Концентрация внедрения технико-технологических средств цифровой трансформации промышленности по отраслям, (процентов)

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А. на основании [148]

Так, достичь высокого технико-технологического развития в соответствии с глобальными мегатрендами планируют 32% азиатских промышленных компаний, 24% промышленных предприятий Америки и 15% – в регионе ЕМЕА (Европа, Ближний Восток и Африка). Это, в свою очередь, в течение краткосрочного периода позволит до 17% увеличить рост выручки в Азиатско-Тихоокеанском регионе, в Северной и Южной Америке, а в пределах 13% – в регионе ЕМЕА.

В последнее десятилетие все индустриальные страны мира работают в направлении развития цифровой экономики и цифровой трансформации промышленности как основного ядра экономической системы.

Вместе с тем следует отметить, что в лидирующих позициях по видам внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов при цифровой трансформации промышленности значимый масштаб освоения принадлежит промышленному Интернету вещей, искусственному интеллекту, электронной торговле, робототехнике и системам цифрового управления предприятиями. При этом лидирующими во внедрении искусственного интеллекта в промышленности отмечены азиатские промышленные предприятия (15%), напротив – ЕМЕА (5%).

Однако только 10% мировых промышленных компаний активно внедряют технико-технологические средства глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции. Следует подчеркнуть, что у оставшегося большинства компаний отсутствуют стратегии цифрового развития, необходимые для того, чтобы осуществить цифровую трансформацию промышленности и внести вклад в формирование глобальной цифровой экономики.

На основании данных исследований (2016 – 2017 гг.) была проанализирована динамика внедрения промышленными предприятиями мира технико-технологических средств глобальных мегатрендов, характерных для четвертой промышленной революции и представлены прогнозируемые показатели их использования в 2020 г. (рисунок 2.3).

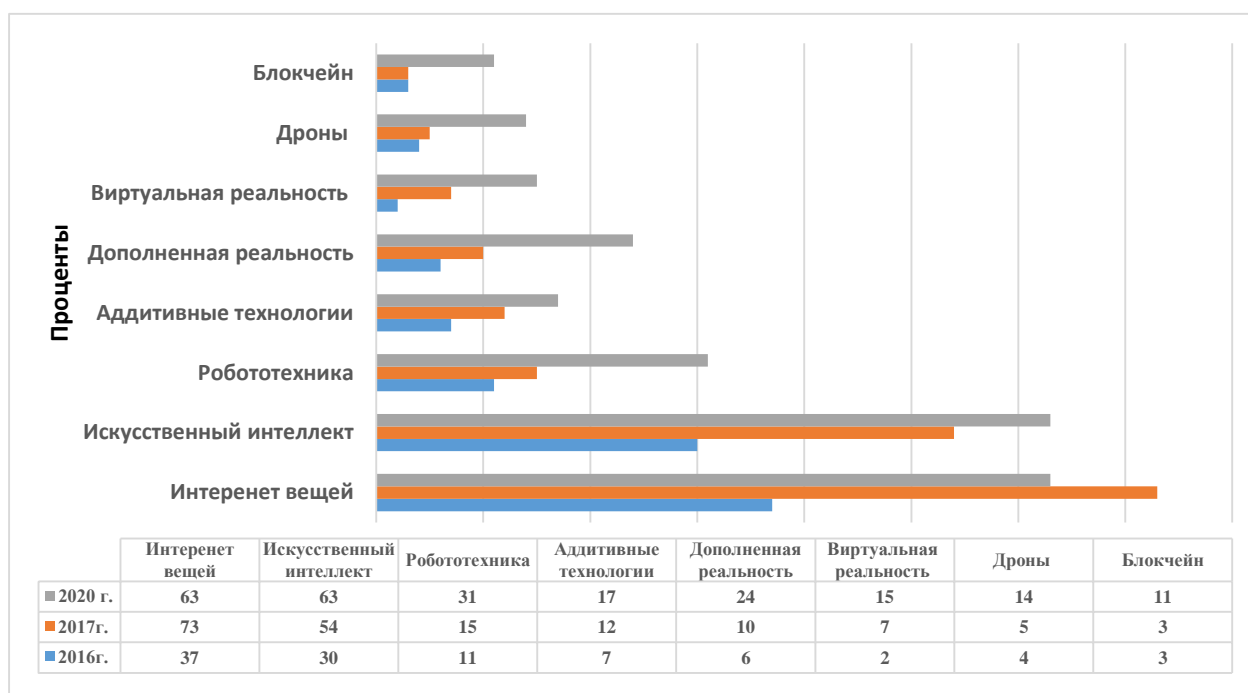


Рисунок 2.3. – Динамика внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов в промышленности (использование в мире, процентов)

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И.А. на основании [148]

Таким образом, азиатские промышленные предприятия с целью повышения конкурентоспособности достигли лидерства в осуществлении цифровой трансформации промышленности за счет проактивного подхода и технической компетенции руководителей, вследствие высокой скорости внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции в ключевые производственные процессы; резкого увеличения роста затрат на цифровую трансформацию промышленности и повышения оплаты труда квалифицированным специалистам. Напротив, низкие темпы экономического роста промышленных предприятий региона ЕМЕА связаны, в большинстве случаев, со средним уровнем интеграции цепочки создания добавленной стоимости, при этом наблюдается низкий уровень автоматизации производства и подключения информационных ресурсов к промышленной сети. Также, в отличие от своих конкурентов из Азиатско-Тихоокеанского региона, у промышленных компаний из региона ЕМЕА отсутствует налаженная связь составляющих производственной деятельности,

немногие из них применяют принципы кооперации и субконтракта-ции [114] для налаживания партнерских отношений с субъектами це-почек создания стоимости промышленных продуктов и наиболее вы-годных предложений для потребителей.

Опыт цифровой трансформации промышленных компаний, входящих в ранг «цифровых чемпионов», заслуживает анализа при-меняемых ими инновационных подходов к цифровой трансформа-ции, преследующих долгосрочные стратегические цели и выходя-щих за рамки автоматизации производства. По результатам исследо-вания факторов, общих для всех «цифровых чемпионов» и отличаю-щих их от других промышленных компаний, сделаны следующие выводы.

«Цифровые чемпионы» занимают лидирующие позиции за счет достижения высоких результатов в четырех ключевых блоках, так называемых экосистемах [150]: Цифровые технологии, Цифровые бизнес-процессы, Цифровые методы и инструменты маркетинга, Навыки и цифровые компетенции персонала. Это четыре основных блока, в которых реализуются механизмы, методы и инструменты высокоорганизованной деятельности промышленного предприятия. Они являются базисом усовершенствованной цифровой цепочки со-здания стоимости промышленного продукта и дают следующие ре-зультаты: получение более высокой выручки от инициатив и дей-ствий, направленных на повышение удовлетворенности потребно-стей промышленных потребителей в реальном времени и многока-нальном взаимодействии, а также за счет предложения индивидуа-лизированных решений; увеличение маржинальной прибыли за счет оптимального использования внутренних возможностей промыш-ленной компании и расширения партнерских отношений, объеди-ненных в партнерскую сеть; маневренность за счет управления гиб-кой партнерской сетью; «...непрерывная коннективность...» [150] (связанность во времени и пространстве) операционной деятельно-сти, повышающая эффективность промышленного предприятия за счет сокращения текущих затрат.

Кроме этого, для формирования цифровых экосистем необхо-дима институциональная среда, способствующая цифровой транс-формации промышленности, получению цифровых навыков и раз-витию цифровых компетенций персонала, процессам кооперации и

субконтрактации с целью расширения партнерских отношений в цепочках создания добавленной стоимости промышленного продукта. Так, на основании проведенного анализа институциональных аспектов цифровой трансформации промышленности и факторов, влияющих на формирование институциональной среды, способствующей масштабному внедрению технико-технологических средств глобальных мегатрендов, развитию цифровых экосистем, прослеживается тенденция принятия мировой общественностью вызовов четвертой промышленной революции и поиска стратегических решений, которые формализованы в нормативных программных документах, регламентирующих развитие цифровой экосистемы промышленности стран – мировых индустриальных лидеров.

Так, в США принята программа «National Network for Manufacturing Innovation» [152], направленная на развитие сети исследовательских институтов, сотрудничество научных обществ, промышленности и правительства, организацию совместного инвестирования, внедрение инноваций и их коммерциализацию, объединенных в консорциум на основании технологии промышленного Интернета. В Японии принята Стратегия Smart Japan IST Strategy (2015 г.) [152] и концепция научно-технического развития, основанная на Интернете вещей. В Китае (2015 г.) опубликована Госсоветом КНР Программа «Сделано в Китае 2025» [153], которая направлена на применение в промышленности технологии, основанной на интеграции информационно-коммуникационной технологии и индустриализации. Ее цель – трансформация и модернизация ключевых отраслей промышленности и основных общих потребностей в развитии новых поколений информационных технологий, умного производства, производства присадок, новых материалов и биомедицины. Под руководством Госсовета КНР был создан ряд производственных инновационных центров в области промышленных технологий с акцентом на промышленные фонды новой индустрии. Определены ключевые технологии, такие как НИОКР, индустриализация результатов НИОКР и обучение талантам и навыкам, сформулированы и улучшены стандарты и процедуры для отбора, оценки и управления производственными инновационными центрами. Выделены основные продуктовые направления: информационные технологии, высо-

копроизводительные станки с ЧПУ, робототехника, аэрокосмическое, морское инженерное оборудование и высокотехнологичные корабли [154].

В 2010 г. Европейский союз утвердил программу «Цифровая Европа 2020», заявленная цель – повышение глобальной конкурентоспособности Европейского Союза и наращивание стратегического цифрового потенциала через цифровую трансформацию промышленности [155].

Так, в июле 2018 г. Европейская Комиссия запускает программу «Цифровая Европа» на 2021– 2027 гг., бюджет которой составляет 9,2 млрд евро. Разработанная Стратегия Цифрового общего рынка положена на регуляторную основу, отвечающую технико-технологическим глобальным мегатрендам и вызовам цифровой эпохи. В европейской инициативе выделяется пять ключевых сфер, цели которых определены в масштабах всего Европейского Союза, и инвестиции в евро составят: Суперкомпьютеры (2,7 млрд); Искусственный интеллект (2,5 млрд); Кибербезопасность и доверие (2 млрд); Цифровые навыки (700 млн); Обеспечение широкого использования цифровых технологий в экономике и обществе (1,3 млрд) [156].

Кроме этого, во Франции в 2013 г. принят план промышленного развития Франции «New Industrial France», оказывающий поддержку 34 индустриальным проектам, в том числе таким как «Фабрика будущего», «Робототехника», «Суперкомпьютеры» и др., который согласован со стратегическим планом научно-технических исследований, диффузией инноваций, европейским трансфером технологий [157].

В Великобритании принят Стратегический план развития промышленности до 2050 года, в первом разделе которого поставлены стратегические цели по развитию цифровой экономики и цифровой промышленности в рамках концепции «Индустрия 4.0» [158].

С другой стороны, на основании данных Европарламента прогнозируется, что технико-технологические средства глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции, такие как облачные сервисы и аналитика больших данных, смогут к 2030 году увеличить ВВП Европейского Союза на 200 млрд евро за счет повышения эффективности отраслевых и межотраслевых

процессов. При этом уровень экономии за счет устранения институциональных барьеров цифровой трансформации может достичь 2,6 % совокупного ВВП [157].

Вместе с тем следует также отметить, что в 2017 году более 75 % добавленной стоимости совокупного промышленного продукта традиционных отраслей промышленности Европейского Союза получено вследствие повышения производительности труда, благодаря использованию Интернета [157].

В 2011 г. Германия приняла программу «Индустрия 4.0», целью которой является полный переход к 2030 г. на «интернетизированное производство», приводящее к стремительному экономическому росту [159].

При этом концепция «Индустрия 4.0» была взята за основу для формирования национальных программ цифровой трансформации промышленности во многих индустриально-развитых государствах, таких как Нидерланды (“Smart Factory”), Франция (“Alliance Industrie du Futur”), Великобритания (“High Value Manufacturing Catapult”), Италия (“Fabbrica del Futuro”), Бельгия (“Made Different”) [160]. Аналогичные программы развития промышленности приняли страны Прибалтики, государства – члены ЕАЭС [49].

Следует отметить, что результаты анализа исследования компании McKinsey о влиянии внедрения технико-технологических средств концепции «Индустрия 4.0» показали следующее: более половины респондентов США и Германии отмечают заметные улучшения от внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов, а доля цифровой экономики в ВВП составляет по странам ЕС – 8,2 %, США и Китай – 10 %, Россия – 3,9 %. Так, к 2025 году институт прогнозирует увеличение доли цифровой экономики в ВВП в пределах 50 % и доход мировой экономики от цифровизации более 30 трлн долл. США [159].

Лидерами в формировании конкурентных преимуществ с осуществлением цифровой трансформации промышленности стали ведущие индустриальные концерны Siemens, ThyssenKrup, Robert Bosch, BASF, Embedded Systems, Smart Factory, Robuste Netze, Cloud Computing и IT-Security, NV, Materialise NV (Бельгия), Limacorporate SPA (Италия), Medical Modeling, Inc. (США) и т.д.

Согласно исследованию [159] более сотни самых дорогих немецких компаний увеличили свою биржевую стоимость.

Важными процессами цифровой трансформации промышленности являются интеграционные и кооперационные. При этом США и Германия активно развивают взаимовыгодное сотрудничество, в рамках которого индустриальные лидеры ищут дополнительные перспективы для общих интеграционных цифровых повесток, созданы совместные цифровые платформы с логотипами обеих стран (2015 – 2017 гг.) Среди государств Евросоюза приоритет в интеграции процессов цифровой трансформации принадлежит экономическому партнерству Германии и Франции (2015 г.). Между Японией и Германией подписан Меморандум о взаимодействии в вопросах цифровизации экономики (2016 г.), содержащий аспекты безопасности киберфизических промышленных систем, стандартизации, использования совместных НИОКР, трансфера технологий и поддержки малых и средних предприятий. Китай, Израиль и Южная Корея также сотрудничают с Германией в рамках концепции «Индустрия 4.0» [157].

В связи с тем, что наличие, спрос и предложение технико-технологических средств изменяются во времени, производственные границы стран будут также со временем изменяться и международная кооперация в рамках единого информационного пространства позволит эффективно координировать производственные интеграционные процессы, что, вероятнее всего, приведет к экономическому росту и стабилизации глобальной производственной системы в целом [88].

В цифровой повестке ЕАЭС отмечено, что к 2025 году благодаря цифровой трансформации планируется достичь следующие экономические показатели:

- масштабное использование широкополосного интернета (4G-6G) увеличит ВВП региона на 1,7%;
- увеличения международной пропускной способности интернета на 0,66%;
- повсеместное распространение электронной торговли – 0,88% [114].

Так, увеличение использования делового широкополосного интернета на 30% в среднем по ЕАЭС может к 2025 году привести

к созданию от 2 до 4 миллионов новых рабочих мест, 1 миллион из которых будет принадлежать области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). При этом до 2025 года возможно достижение прироста производительности труда до 1,73%. Оптимизация и роботизация производства, а также повышение эффективности труда, безусловно, выведут ряд работников из экономики, но в целом воздействие развития цифровой экономики на рынок труда будет положительным.

При этом устранение существующих нормативно-правовых барьеров в отношениях между государствами – членами ЕАЭС могут привести к росту ВВП на 46,5 млрд долл. США. Эффект от цифровизации государственных закупок на региональном уровне оценивается в 16,3 млрд долл. США. Предоставление услуг «открытого правительства» может позволить сэкономить 3,6 млрд долл. США, а внедрение трансграничных электронных услуг – еще 0,5 млрд долл. США. Таким образом, на основании проведенного анализа цифровой повестки ЕАЭС можно сделать выводы о приоритетах реализации, направлениях реализации и об ожидаемом мультипликативном эффекте цифровой трансформации в глобальном масштабе. Так, трансграничные потоки цифровых данных (2005 – 2014 гг.) увеличились в 45 раз, что составило 2,8 трлн долл. США, а влияние этого цифрового процесса на прирост мирового ВВП оказалось выше, чем влияние мирового торгового оборота физическими товарами. Данная задача может быть решена только при условии углубления отраслевой интеграции в странах ЕАЭС [57], а также учета и реализации мировых тенденций в процессе инновационного преобразования промышленности и АПК, в которых цифровая трансформация является главным фактором устойчивого развития [1].

Таким образом, на основании исследования мирового опыта внедрения технико-технологических средств четвертой промышленной революции, принятых в мире, можно сделать выводы, что консолидирующей глобальной концепцией, объединяющей программы промышленного развития, мировой общественностью признана концепция «Индустрия 4.0», которая была инициирована в Германии в 2011 году. Фактически, данный концептуальный подход реализуется во многих национальных программах с

учетом исторических, политических, социально-экономических, экологических, культурных и др. существующих особенностей развития экосистемы цифровой экономики, в которой реализуется цифровая трансформация.

Необходимо также подчеркнуть, что при этом происходит интеграция цифровых пространств отдельных государств в цифровое единое мировое пространство, а влияние четвертой промышленной революции на экономический рост будет отмечено в масштабном вовлечении максимального количества граждан планеты в цифровые экономические и социально-общественные процессы, а также в повышении эффективности внедрения инновационных технико-технологических средств.

Таким образом, основные положения формирования концептуальной модели организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленных предприятий Республики Беларусь можно изложить в следующем виде. С целью повышения конкурентоспособности промышленного комплекса Республики Беларусь необходимо создать взаимодействующую систему институтов, образующих институциональную среду цифровой трансформации традиционных промышленных отраслей, способствующих строго направленным цифровым производственным преобразованиям.

С этой целью необходимо четко определить стратегические векторы цифровой трансформации традиционных отраслей промышленности Республики Беларусь, ключевые целевые показатели, а также параметры эффективности цифровой трансформации промышленности, которые должны быть установлены национальной промышленной политикой и подконтрольны единому государственному органу на уровне Министерства экономики.

Необходимо формировать национальную промышленную политику Республики Беларусь на основании гармонизации международных цифровых производственных стандартов, предложения по преодолению существующих нормативно-правовых барьеров в отношениях между государствами – членами ЕАЭС и промышленной политикой Республики Беларусь, развивать организационно-управленческий институт, представляющий собой цикли-

ческую систему «цели – технико-технологические средства – результаты», выполняющий преобразовательную функцию на основании преемственности лучших практик внедрения технико-технологических средств и разработки собственных цифровых производственных технико-технологических средств, отвечающих требованиям глобальной цифровизации.

В связи с этим необходимы эффективные инструменты формирования инвестиционного климата, наращивание объемов международной цифровой торговли, связанной со стремительной скоростью обращения цифрового капитала и за счет этого с целевым финансированием промышленных цифровых проектов, а также создание венчурной системы финансирования цифровых преобразований и привлечение в традиционные промышленные отрасли Республики Беларусь иностранных инвестиций при их оптимальном распределении. Потребуется совершенствование институциональных финансово-инвестиционных инструментов, поскольку при существующем национальном законодательстве в данном аспекте приемы и методы определения приоритетов инвестирования четко не прописаны, а критерии отбора инвестиционных проектов с точки зрения их влияния на формирование мощных цепочек создания добавленной стоимости, а также консолидации компетенций в отраслях промышленности четко не определены.

Возможные решения в области совершенствования инструментов создания и стимулирования потока приращения цифровых компетенций и генерирования новых инженерных знаний также неразрывно связаны с инструментами инвестирования. Инженерное знание, а также уникальные цифровые компетенции могут быть сформированы только в условиях и под потребности конкретного производства. Возможны альтернативные варианты решения указанной проблемы: первый – включение белорусских промышленных предприятий и исследовательских организаций в технологические цепочки создания инженерного прикладного знания в составе крупных международных корпораций с одновременной активной адаптацией этих знаний под особенности национального производства, второй – получение полного цикла компетенций – от фундаментальных исследований до инженерного воплощения – на основе имеющихся национальных возможностей

и научного потенциала. Наиболее очевидно, что в настоящее время основным сдерживающим фактором научного и научно-технического обеспечения промышленного производства является недостаточный уровень его интеграции в сквозные цепочки создания добавленной стоимости.

Кроме этого, в настоящее время принципиальное значение приобретают акценты и векторы сил, которые обращены в сторону глобального взаимовыгодного многостороннего сотрудничества, интеграции, цифровой кооперации и субконтрактации, необходимых для создания синергического эффекта в экономическом развитии общества.

2.2 Анализ уровня технико-технологического развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь

Всесторонний ситуационный анализ промышленности Республики Беларусь как основополагающей отрасли народного хозяйства страны, мощной движущей силы всей национальной экономики необходим для выяснения сильных и слабых сторон традиционной промышленной отрасли, а также внешних существующих возможностей и современных угроз.

Тенденции развития промышленности Республики Беларусь обоснованы исторически сложившейся ситуацией в Советском Союзе, связанной с концентрацией в республике сборочных производств, что обеспечило накопление и развитие промышленного, научно-технического и производственного потенциала Республики Беларусь.

И сегодня развитие белорусской промышленности в значительной степени определяет основные тенденции роста национальной экономики, обеспечивая при этом 89,64 % национального ВВП (2017 г.). В промышленности сосредоточено 37 % всех основных средств Республики Беларусь, задействовано в производстве 23,5 % от общей численности населения, занятого в экономике страны [162]. Структура национальной промышленности приведена на рисунке 2.4.

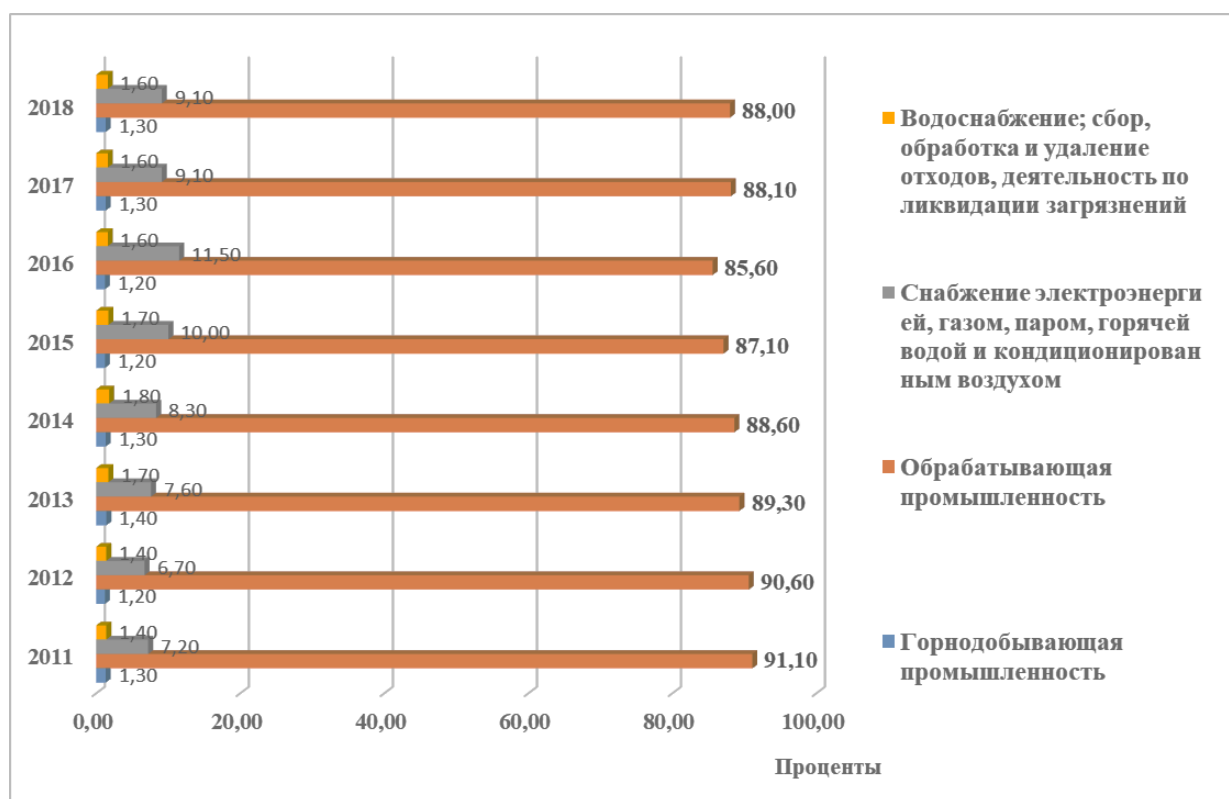


Рисунок 2.4. – Структура промышленности Республики Беларусь по промышленному выпуску в динамике объемов выпуска, процентов

Примечание – Источник: систематизация на основании [162]

На основании данных Национального статистического комитета Республики Беларусь в результате структурного анализа, с 2011 по 2018 годы можно отметить отрицательную динамику в промышленном выпуске обрабатывающей промышленности, которая составляет значительную долю от общего объема производства промышленной продукции страны. Так, в 2011 году на обрабатывающую промышленность приходится 91,1%, а в 2018 – 88%, что составляет снижение доли на 3,1% [162]. Удельный вес добавленной стоимости обрабатывающей промышленности от ВВП составляет 26,8% (2017 г.), что ниже показателя 2011 г. (29,6%). При самом низком (24,9%) в 2015 году. При этом добавленная стоимость продукции обрабатывающей промышленности в валовой ДС составляет 26,8%. Результат анализ индексов промышленного производства и объемов выпуска промышленной продукции в динамике (рисунок 2.5) показывает падение промышленного выпуска с 2011 по 2015 годы и незначительный положительный тренд с 2015 года по настоящее

время. Следует отметить, что данное падение началось с 2008 года и носит долговременный характер, что обусловлено, глобальными технико-технологическими изменениями с одной стороны и сложившимися производственными и организационно-экономическими противоречиями, которые привели к инерционности адаптационного механизма промышленности Республики Беларусь к этим происходящим изменениям – с другой. Общим следствием накопленных к настоящему времени вопросов в реализации механизмов адаптации к изменяющейся внешней среде, вероятнее всего, является инертность и стагнация промышленности Республики Беларусь, в результате потери конкурентных преимуществ на внутреннем и внешних рынках и как следствие этого – отрицательный тренд вектора развития промышленного производства до 2015 года и низкие темпы роста с 2015 по 2018 годы.



Рисунок 2.5. – Динамика выпуска промышленной продукции Республики Беларусь за период 2011-2017 гг.

Примечание – Источник: систематизация на основании [162]

В разрезе отдельных видов экономической деятельности структура обрабатывающей промышленности в динамике выглядит следующим образом (рисунок 2.6). Ведущими отраслями обрабатывающей промышленности являются: пищевая промышленность (28,2%, в объеме обрабатывающей промышленности), машиностроение (23,7%), химическое производство (10,8%), производство нефтепродуктов (17,6%). Занятость в обрабатывающей промышленности в процентах от общей занятости в экономике составляет 19,9% [162]. В структуре обрабатывающей промышленности осуществляют экономическую деятельность 16,316 тыс. организаций, что составляет 11,5% от числа всех организаций по видам экономической деятельности. Из них государственную форму собственности имеют 1,3 %, частную – 93,4%, иностранную – 4,8%, частную с государственной долей – 6,1%. По объемам промышленного производства организации частной с долей государственной формы собственности составляют 90,8% от объема промышленного производства всех организаций обрабатывающей промышленности.

Так, исключив из сравнительного анализа производство кокса и продукты нефтепереработки (в связи со спецификой производства и созданными условиями, отличными от условий для других видов деятельности), можно определить, что наиболее динамично развивается сфера производства продуктов питания, напитков и табачных изделий, далее следует машиностроение, производство химических продуктов и производство резиновых и пластмассовых изделий, прочих неметаллических минеральных продуктов. В соответствии с устоявшимися традициями в Республике Беларусь развитыми высокотехнологичными производствами считаются: производство основных фармацевтических препаратов, производство вычислительной, электронной и оптической аппаратуры, средств связи, а среднетехнологичными (высокого уровня) – производство химических продуктов, производство электрооборудования, машин, автомобилей, прицепов и полуприцепов.

Основная часть высокотехнологичных и среднетехнологичных производств сконцентрирована в машиностроительном комплексе, который занимает четвертую часть в структуре обрабатывающей промышленности Республики Беларусь [162].

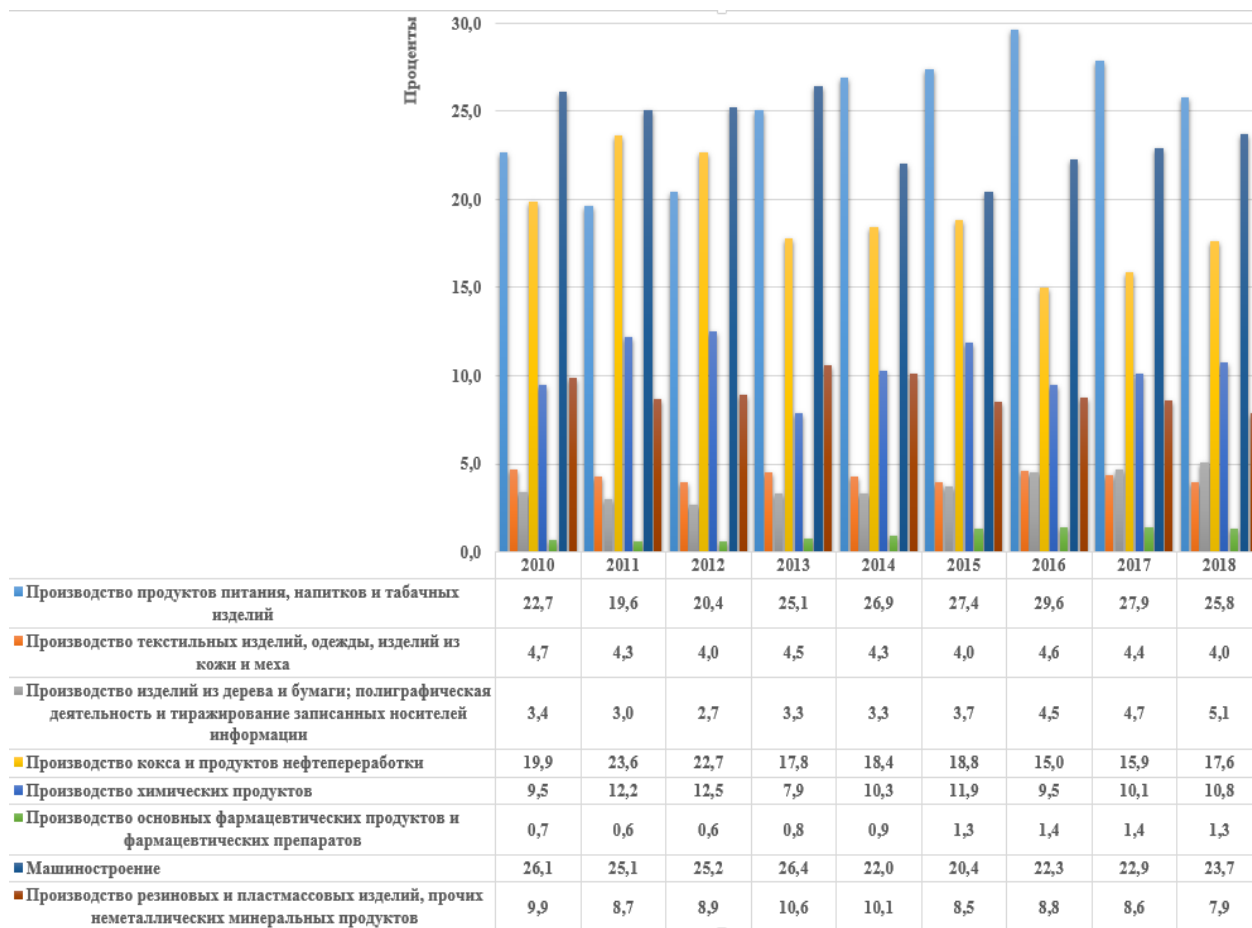


Рисунок 2.6. – Структура обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в динамике с 2010 по 2018 гг.

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А. на основании [162]

В соответствии с общегосударственным классификатором Республики Беларусь ОКРБ 005-2011 "Виды экономической деятельности", утвержденным постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 5 декабря 2011 г. N 85 "Об утверждении, введении в действие общегосударственного классификатора Республики Беларусь" (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2012 г., N 43, 8/24941), к машиностроительной отрасли относятся следующие виды экономической деятельности, разделенных по подсекциям (доля в обрабатывающей промышленности): СН «Металлургическое производство. Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования» (7,3%); СК «Производство машин и оборудования, не включенных в другие

группировки» (7,3%); СИ «Производство вычислительной, электронной и оптической аппаратуры» (1,8%); СЈ «Производство электрооборудования» (3%); СL «Производство транспортных средств и оборудования» (3,4%) [162].

В соответствии с Товарной номенклатурой внешнеэкономической деятельности (далее – ТН ВЭД) и/или Международной торговой классификацией (далее – МСТК) товары машиностроительного комплекса принадлежат группам 26 – 30.

Следует отметить, что к 2018 году в машиностроении сконцентрировано 23,7% обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, выпуск машиностроительной продукции осуществляет около 1,3 тыс. организаций (на начало 2018 г.), при этом более трети объемов производства приходится на восемь крупнейших предприятий в каждом из видов деятельности, относимых к машиностроению.

Кроме этого, деятельность машиностроительного комплекса принадлежит к видам деятельности высокого технологического уровня. Национальные производства, определенные подсекцией СИ «Производство вычислительной, электронной и оптической аппаратуры» относятся к высокотехнологичному виду экономической деятельности. А такие виды экономической деятельности машиностроительного комплекса, которые определены подсекциями СК «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки», СЈ «Производство электрооборудования», СL «Производство транспортных средств и оборудования», отнесены к среднетехнологичным (высокого уровня) видам деятельности, в группу среднетехнологичные (низкого уровня) отнесена подсекция СН «Металлургическое производство. Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования» [164].

Отечественное машиностроение – внутриотраслевая социально-экономическая система, которая образована совокупностью связанных между собой объектов и субъектов хозяйственно-экономической деятельности, а также механизмов управления ими. При этом границы данной системы, принципы, правила и механизмы ее образования, а также функционирования, развития и трансформации определяются институциональной средой, сформированной на национальном и наднациональном уровнях. Машиностроительный комплекс Республики Беларусь можно выделить как базовую отрасль для внедрения технико-технологических средств четвертой

промышленной революции и обеспечения производственным оборудованием, робототехникой, оптическими приборами и электроникой других сфер национальной экономики, поскольку белорусское машиностроение не утратило сложившейся специализации и развитого потенциала, что позволяет ему в целом успешно конкурировать на традиционных рынках.

Однако износ основных средств в машиностроении составляет в среднем 40,9%, в том числе активной части 47,8%. В связи с этим устойчивое развитие машиностроения требует больших удельных затрат по сравнению с другими отраслями обрабатывающей промышленности, целевого контроля и поддержки со стороны государства, в том числе на основе создания общенациональной системы мониторинга и технологического прогноза как условий определения приоритетов, так и достижения стратегических перспектив машиностроительной отрасли.

Кроме этого, на текущем этапе развития машиностроительного комплекса Республики Беларусь характерными слабыми сторонами отрасли являются: высокий уровень концентрации; значительная доля государства в основном капитале предприятий; низкая привлекательность предприятий для иностранных инвестиций; существенное снижение в последнее время роли и значимости машиностроения в национальной экономике.

Результат анализа индексов промышленного производства по видам экономической деятельности в соответствии с Общегосударственным классификатором «Виды экономической деятельности» ОКРБ 005-2012 [175] сгруппирован и представлен на рисунке 2.7. Диаграмма позволяет сделать некоторые выводы об отрицательной динамике производственных показателей в период 2013–2016 гг.

Причиной отрицательных трендов индексов промышленного производства послужило сокращение сегментов рынка основного заказчика (страны СНГ) промышленной продукции Республики Беларусь. Однако причины исключительно внешней, экзогенной природы источников торможения промышленного роста в отраслях машиностроения в последнее десятилетие и перехода к выраженной отрицательной динамике в период 2012–2015 гг. являются недостаточными. Безусловно, факторы конъюнктуры на основных рынках сбыта нельзя игнорировать, однако общие тренды в период 2005–2015 гг. фактически констатируют низкую адаптивность к

изменениям существующей институциональной среды как на макро-, так и на мезоуровне. В частности, высокая степень зависимости обрабатывающей промышленности от устойчивости спроса на локальных рынках сбыта стран СНГ, пусть даже и таких относительно больших по потенциальному размеру, как российский, должна быть уравновешена механизмами компенсации рисков резкого снижения конъюнктуры.



Рисунок 2.7. – Динамика индексов промышленной производства Республики Беларусь по видам экономической деятельности за 2011-2018 гг.

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А. на основании [162]

После провала 2013–2015 гг. (рисунок 2.7) драйвером развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь с 2014 года стала изменившаяся экономическая ситуация на ключевом российском рынке. Рост индексов промышленности был обусловлен изменением структуры себестоимости производимых в стране нефтепродуктов и экономическими «инструментами» Правительства Российской Федерации в отношении поставщиков продовольственных товаров из отдельных стран, что позволило белорусскому агропромышленному комплексу, хотя с определенными сложностями, занять часть освободившейся ниши. При

этом необходимо отметить, что существенных изменений в технологическом уровне производства в отраслях средне- и высокотехнологических секторов экономики страны не происходило.

В связи с этим, была проанализирована динамика уровней технологичности промышленного производства в Республике Беларусь за семилетний период. Полученные результаты представлены на рисунке 2.8. Систематизация производств по уровню технологичности произведена по видам экономической деятельности обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, в соответствии с NACE, Rev. 2.0.

В соответствии с результатом анализа данных, изображенных на диаграмме, необходимо отметить положительный тренд доли высокотехнологичного производства в общем объеме добавленной стоимости обрабатывающей промышленности. Так, в исследуемом периоде наблюдается повышение доли высокотехнологичного производства от 1,7% до 3%, что составляет примерно 71% прироста, но в тоже время доля низкотехнологичного производства также имеет положительный тренд: от 26,7% до 34,5,9%, что составляет 29% прироста за семь лет. Отрицательный тренд по показателям темпов прироста (22%) доли среднетехнологичных уровней производств, в которые входят производства химических продуктов, электрооборудования, автомобилей прицепов и прочих транспортных средств, свидетельствует о структурном сдвиге развития обрабатывающей промышленности с доминантой низкотехнологичных уровней производства. Таким образом, анализ структуры объема промышленного производства по уровню технологичности за семь лет позволил установить, что в структуре обрабатывающей промышленности Республики Беларусь преобладают и увеличиваются в доле низкотехнологичные производства, а высокотехнологичные находятся на стабильно низком уровне. В тоже время обнаружена тенденция значительного прироста высокотехнологичных производств, которые в общем объеме составляют всего 3% (2017 г.) что на порядок ниже доли низкотехнологичных производств, составляющих более третьей части производств обрабатывающей промышленности.

При этом одним из важных показателей при анализе уровня технологичности промышленного производства является валовая добавленная стоимость, которая служит источником экономического роста и формирования дохода государства. Так, Государственной программой развития машиностроительного комплекса Республики Беларусь [164] сводным целевым показателем технологического развития отрасли

определен темп роста валовой добавленной стоимости на одного среднесписочного работающего в совокупности видов экономической деятельности по подсекциям CH, CK, CI, CJ и CL [175].

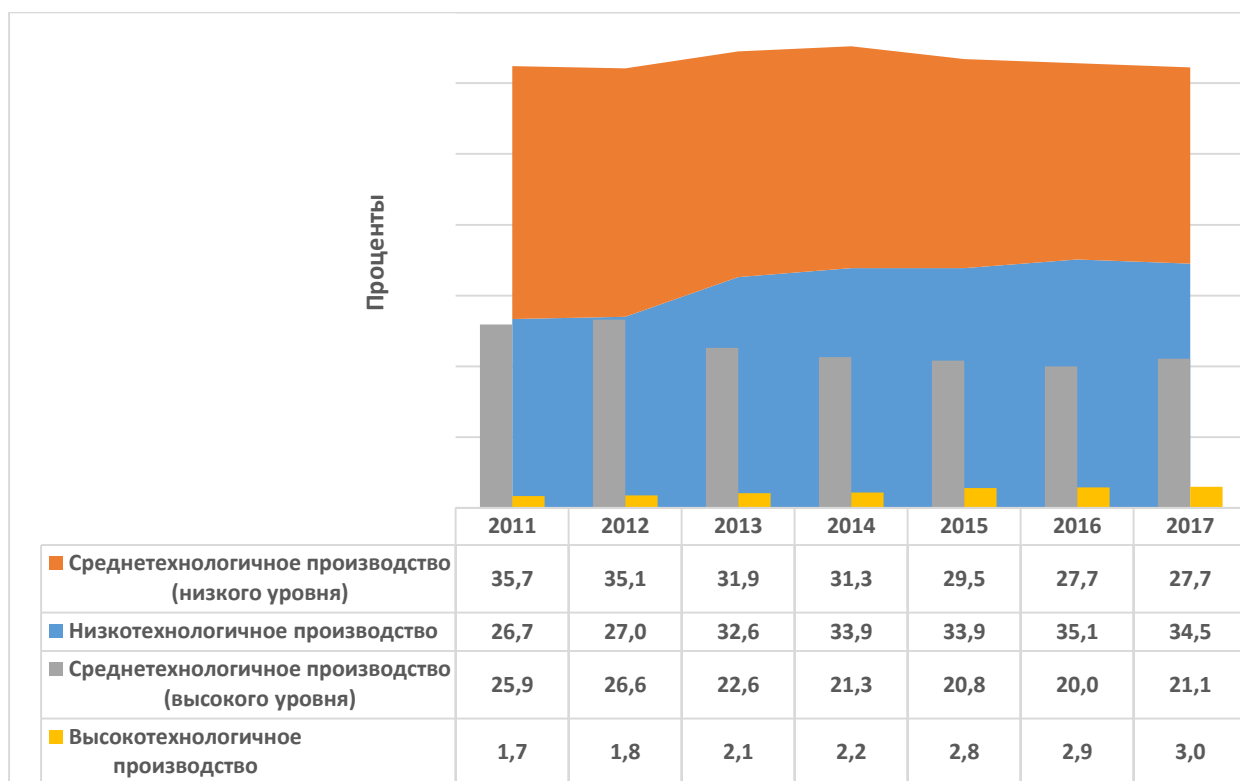


Рисунок 2.8. – Динамика структуры объема промышленного производства по уровню технологичности в Республике Беларусь

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А. на основании [162, 163]

В связи с вышеизложенным статистическим анализом можно сделать вывод, что объемы производства высокотехнологичной продукции Республики Беларусь ограничены настоящим технико-технологическим уровнем производственных мощностей и запаздыванием национальных промышленных предприятий в освоении и применении цифровых технологий в промышленном производстве. Следовательно, актуальной и вполне выполнимой задачей на сегодняшний день является расширение высокотехнологичных производств с использованием технико-технологических средств цифровой трансформации промышленности, которые, в свою очередь, позволят увеличить объемы высокотехнологичных производств.

Рассмотрим структуру добавленной стоимости обрабатывающей промышленности Республики Беларусь по уровню технологичности в

динамике за семь лет, которая приведена на рисунке 2.9. Более чем третью часть в ДС обрабатывающей промышленности составляет низкотехнологичное производство, с увеличением доли в ДС на 9,5%. Обратную тенденцию можно проследить в отношении динамики доли ДС среднетехнологичного (высокого уровня) производства, которая уменьшается на 8,8% и среднетехнологичного (низкого уровня), с уменьшением доли на 2,7% за исследуемый период. Доля ДС высокотехнологичного производства в структуре добавленной стоимости промышленного производства занимает от 3,5% (2011 г.) и до 5,5% (2017 г.), что свидетельствует о низком уровне технико-технологического развития обрабатывающей промышленности.

В целом необходимо подчеркнуть, что технологическая структура добавленной стоимости обрабатывающей промышленности Республики Беларусь при имеющемся высоком национальном уровне научно-технического потенциала имеет отрицательную тенденцию в формировании портфеля высокотехнологичной и наукоемкой продукции.

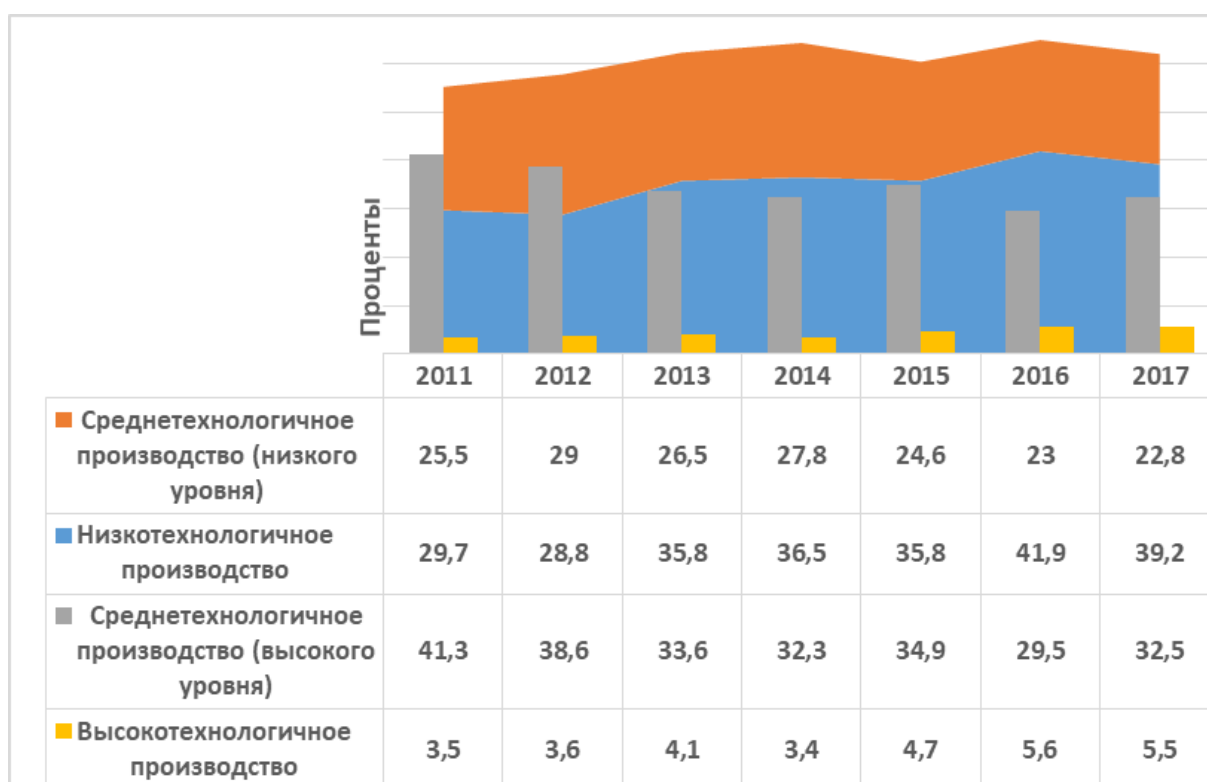


Рисунок 2.9. – Структура добавленной стоимости обрабатывающей промышленности Республики Беларусь по уровню технологичности за 2011-2017 гг.

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А. на основании [162, 163]

Выявленная тенденция подтверждается и анализом индексов высокотехнологичного и среднетехнологичного (высокого уровня) производств по видам экономической деятельности (рисунок 2.10). Практически все тренды индексов производства по видам экономической деятельности сохраняют отрицательный вектор на протяжении семи последних лет. Однако, при сравнении темпов снижения индексов промышленного производства по видам экономической деятельности определена следующая тенденция. Практически на постоянном уровне находятся индексы промышленного производства по виду экономической деятельности «Производство вычислительной электронной и оптической аппаратуры», относящейся к высокотехнологичному производству в отличие от других анализируемых видов экономической деятельности, относящихся к среднетехнологичному (высокого уровня), динамика индексов промышленного производства которых имеет значительный отрицательный вектор на протяжении анализируемого временного периода.

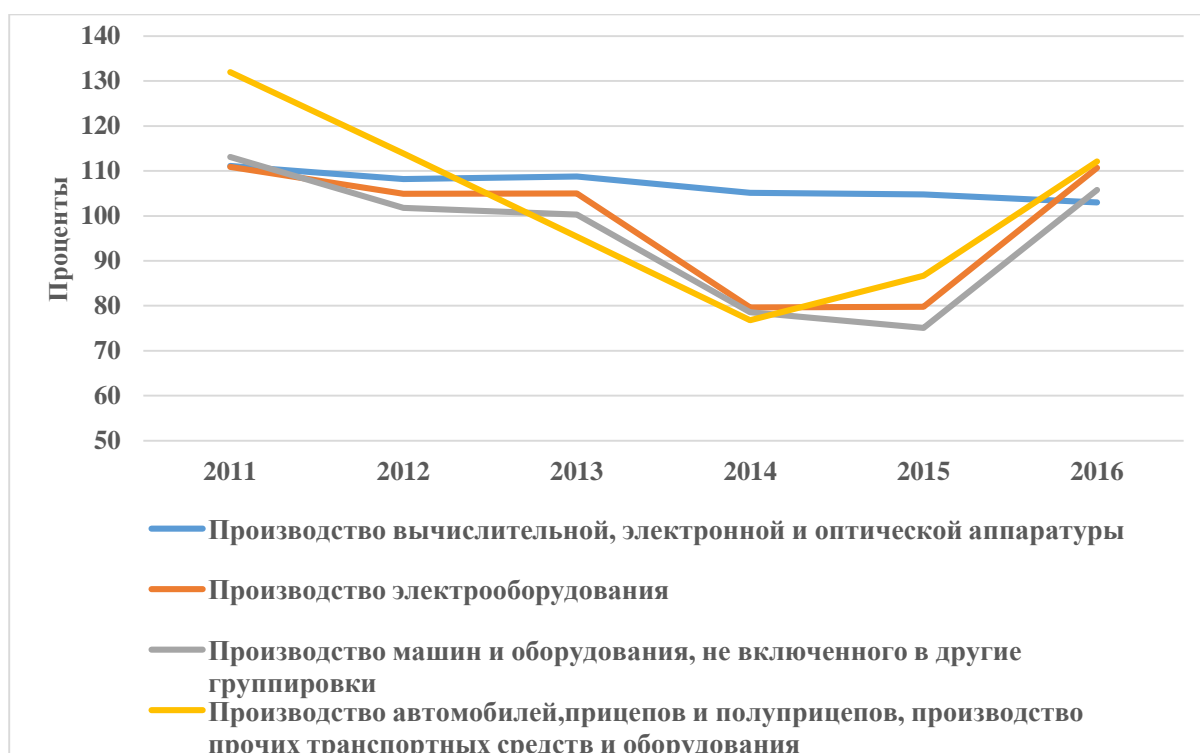


Рисунок 2.10. – Индексы промышленного производства высокотехнологичной и среднетехнологичной (высокого уровня) продукции по видам экономической деятельности

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И.А. на основании [162, 163]

Проследим динамику по годам удельного веса предприятий, которые внедряют технологические инновации (рисунок 2.11) и структуру затрат на технологические инновации (рисунок 2.12).

Отрицательный вектор тренда инновационной активности предприятий приходится на период 2013 – 2016 гг., что происходит под влиянием тенденций развития обрабатывающей промышленности. Результат анализа структуры затрат на технологические инновации по источникам финансирования показал за семь последних лет изменение структуры затрат по источникам финансирования доли в сторону снижения финансирования за счет собственных средств предприятий, кредитов и займов (в том числе иностранных) в сторону увеличения финансирования из республиканского бюджета. Вероятнее всего это связано с недостаточным развитием экономического механизма и институциональных фискальных инструментов стимулирования предприятий к увеличению объемов финансирования затрат на технологические инновации из собственных средств и поэтому в течение исследуемого периода (2011 по 2017 гг.) наблюдается снижение объемов финансирования в целом (2016 г.) и небольшим его увеличением (2017 г.), что, вероятно, в перспективе повлияет на экономические показатели деятельности обрабатывающей промышленности в целом.



Рисунок 2.11. – Удельный вес предприятий, осуществляющих технологические инновации, в общем числе организаций промышленности, (процентов)

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И.А. на основании [163]

Как видно из диаграммы, представленной на рисунке 2.12, распределение затрат на цифровую трансформацию промышленности происходит с перекосом в сторону увеличения затрат на приобретение машин и оборудования. Вместе с тем задача цифровой трансформации промышленности требует системного подхода к преобразованию традиционных отраслей белорусской промышленности как реализации организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленных предприятий Республики Беларусь [218].

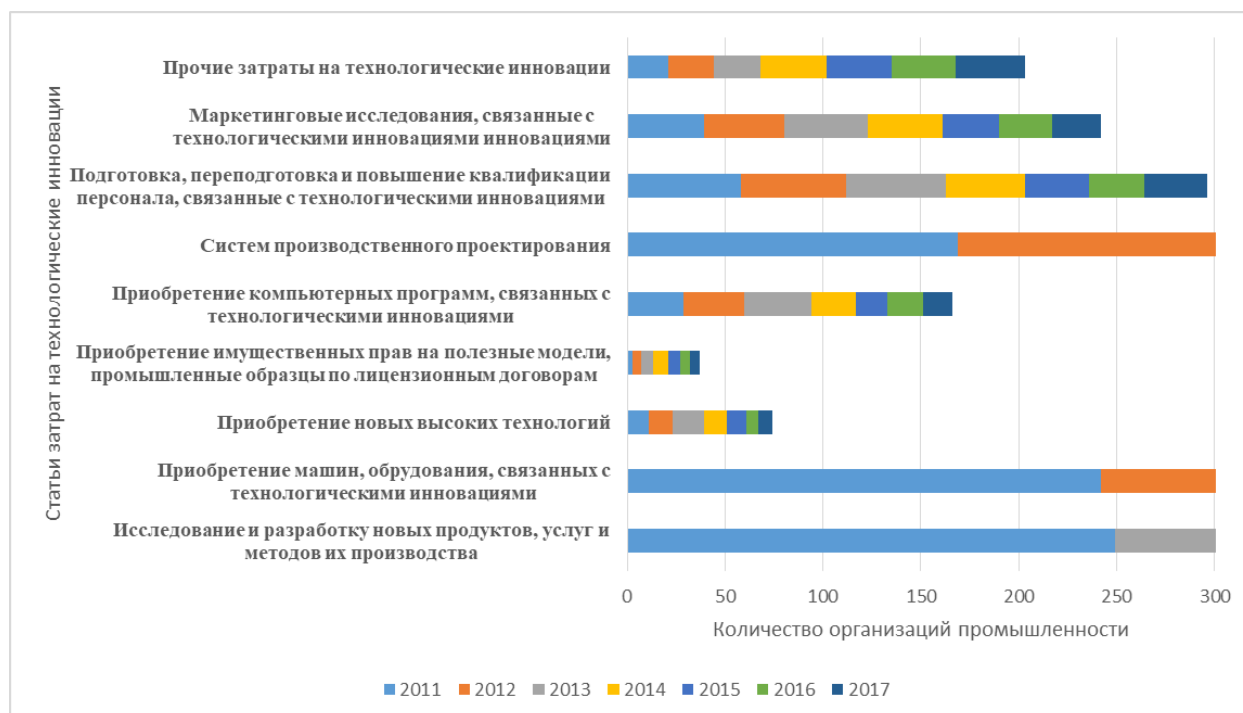


Рисунок 2.12. – Структура затрат на цифровую трансформацию промышленности

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И.А. на основании [163]

Как показывает мировой опыт передовых индустриальных лидеров, расширить высокотехнологичные и наукоемкие производства продукции можно только путем внедрения цифровой трансформации промышленности на основании концепции «Индустрия 4.0» [216], однако на предприятиях традиционных отраслей белорусской промышленности прослеживается отрицательный тренд в динамике

удельного веса предприятий, осуществляющих технологические инновации, внедряющих технико-технологические средства глобальных мегатрендов.

Только ускоренное развитие высокотехнологичного сектора путем внедрения цифровой трансформации промышленности позволит закрепить позиции страны на мировом рынке высокотехнологичной продукции и обеспечить конкурентоспособность традиционных отраслей национальной экономики [221].

Однако следует также отметить, что в современных условиях одной из ключевых задач, поставленных государством перед уполномоченными ведомствами, является поиск оптимальных путей развития высокотехнологичного сектора экономики. Так, в уточненной Директиве Президента Республики Беларусь № 3 от 26 января 2016 г. «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства» определяется необходимость развития высокотехнологичных производств как важнейшего условия обеспечения экономической безопасности Республики Беларусь. С целью стратегической поддержки общественно-политических, социально-экономических, научно-технических, производственных и других заинтересованных сторон в национальной цифровизации экономики страны в Республике Беларусь опубликован проект Стратегии «Наука и технологии 2018 – 2040» (2017 г.) [124], определяющий будущее страны в концепции модели «Беларусь Интеллектуальная». Одним из ее ключевых элементов является развитый «...неоиндустриальный комплекс с индустриальной компонентой «Индустрия 2040», которая разработана на основании концепции «Индустрия 4.0». Ключевыми технико-технологическими средствами «Индустрии 2040» в Стратегии определены: масштабное внедрение искусственного интеллекта, сенсоризация, роботизация, технологии промышленного Интернета и Интернета вещей, суперкомпьютеры, облачные вычисления, большие базы данных [124], т.е. технико-технологические средства, сопоставимые с технико-технологическими средствами глобальных мегатрендов [2] для цифровой трансформации промышленности с целью производства промышленной продукции, соответствующей требованиям современного мирового промышленного рынка.

По всей видимости, несмотря на определенные шаги в совершенствовании нормативно-правовой базы и наличие высокого

уровня национального кадрового потенциала, в Республике Беларусь слабо развиты, во-первых, финансовые условия, способствующие цифровой трансформации промышленности, в том числе инвестиционные фонды и венчурное финансирование в стране; во-вторых, правовые институты на объекты интеллектуальной собственности [210]. В этой связи наблюдается низкий процент международных патентов на изобретения, получаемых национальными разработчиками. В-третьих, отсутствуют ключевые элементы организационно-экономических механизмов цифровой трансформации промышленности, которые актуальны на сегодняшний день и требуют детальной разработки.

В проведении настоящего тематического научного исследования с целью оценки технологического уровня промышленного производства использовались показатели межстранового рейтинга конкурентоспособности промышленности стран (CIP), на основании которого ежегодно формируется мировой рейтинг стран по индексу конкурентоспособности промышленности (далее – ИКП). Необходимость использования (ИКП) в исследовании определена стремительно проходящими в настоящее время процессами глобализации и интеграции, растущей конкуренцией на традиционных мировых промышленных рынках, вследствие чего, анализ экономических показателей деятельности промышленной отрасли внутри страны, будет малоинформативным и непригодным для принятия стратегических решений в части развития промышленных отраслей страны.

С одной стороны, на наш взгляд, в современных изменяющихся условиях необходимо проводить сравнительный анализ конкурентоспособности обрабатывающей промышленности между промышленными отраслями стран, которые являются потенциальными отраслевыми конкурентами. Кроме этого, ИКП – это многоиндикаторный, информативный показатель, который «...характеризует способность страны производить промышленную продукцию, востребованную на мировом рынке...» [122, С. 7] как необходимый и достаточный инструментарий, который мы предлагаем использовать для анализа технологического развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

С другой стороны, анализ уровня технологичности промышленного производства Республики Беларусь является актуальной

комплексной задачей, решение которой необходимо для определения основных направлений, способствующих развитию промышленности, внедрению цифровой трансформации промышленных предприятий Республики Беларусь и повышению конкурентоспособности национальной промышленной отрасли в целом.

Рейтинг стран, способных конкурировать на мировом промышленном рынке, формирует и публикует как «The Industrial Competitiveness of Nations» («Конкурентоспособность промышленности стран» далее СІР) на официальном сайте Организации Объединенных наций по промышленному развитию (UNIDO). Так, с 2008 года Республика Беларусь участвует в рейтинге и в 2016 году заняла 41 позицию из 142.

Анализируя результаты рейтинга СІР, была проведена сравнительная оценка конкурентоспособности промышленности Республики Беларусь. Так, в течение последних девяти лет ближайшими в рейтинге с Республикой Беларусь находятся Украина, Российская Федерация, Казахстан, Литва, Эстония, Индия, Объединенные Арабские Эмираты, ЮАР, Вьетнам, Бахрейн, Кувейт, Чили. Лидируют в рейтинге глобальной конкурентоспособности промышленности Германия, Япония, Соединенные Штаты Америки, Республика Корея, Китай, Швейцария, Бельгия, Нидерланды, Сингапур, Италия, Франция. В мировом рейтинге стран по индексу конкурентоспособности промышленности Республика Беларусь занимает 41 позицию, с большим отрывом опережая страны СНГ, кроме Российской Федерации.

Международные сопоставления по доли экспорта средне- и высокотехнологичных товаров показывает, что на данный момент наша страна находится на уровне таких государств, как Хорватия, Турция, Португалия, Болгария, а также Литва, Латвия и Украина. Сравнение стран по доли экспорта наукоемких услуг в общем экспорте услуг показывает, что наша страна в наибольшей степени сопоставима с ближайшими соседями (Польша и Украина), а также со Словенией, Словакией и Венгрией.

В результате международных сопоставлений по доли экспорта среднетехнологичных (высокого уровня) и высокотехнологичных товаров выявлено, что на данный момент наша страна находится на уровне таких государств, как Литва, Латвия и Украина, а также Хорватия, Турция, Португалия, Болгария.

Рост экспорта и конкурентоспособности продукции на внешнем рынке является основой для устойчивого развития организаций машиностроительного комплекса. Так, Государственная программа развития машиностроительного комплекса основана на следующих ключевых приоритетах:

- увеличение объемов экспорта за счет диверсификации высокотехнологичных промышленных продуктов;
- обеспечение сбалансированности внешней торговли;
- привлечение инвестиций в целях увеличения производительности труда и формирования центров опережающего развития.

В целях выполнения данного условия планируется: увеличение объемов экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью и повышение удельного веса в экспорте инновационных товаров; расширение потенциала внутреннего рынка за счет формирования растущего спроса на инвестиционные конкурентоспособные товары, повышения их качества до уровня лучших мировых аналогов; внедрение государственных стандартов, гармонизированных с международными и европейскими стандартами; реализация интеграционного потенциала Евразийского экономического союза; расширение торгово-экономического и инвестиционного сотрудничества с Европейским союзом, США, Индией, странами Латинской Америки, Юго-Восточной Азии, Ближнего Востока и Африки; реализация системных мер, направленных на минимизацию зависимости экспорта от влияния негативных факторов внешнеэкономической конъюнктуры.

Рассмотрим динамику индексов начисленной реальной заработной платы и производительности труда (рисунок 2.13). Из рисунка, даже не прибегая к строгим статистическим оценкам, видно, что реальной заработной платы не находится в положительной, устойчивой корреляционной зависимости с производительностью труда. Учитывая тот факт, что связи на данном уровне носят сложный, нелинейный характер, а производительность труда по своей структуре является многофакторной производной величиной, можно утверждать, что простой сравнительный анализ индекса заработной платы и индекса производительности малоинформативен.

Анализ динамики занятости в среднетехнологичных (высокого уровня) и высокотехнологичных производствах обрабатывающих отраслей промышленности свидетельствует об отсутствии роста

численности занятых в этих видах экономической деятельности, что является одной из ключевых причин неразвивающейся высокотехнологичной сферы производства, главным тормозом в увеличении объемов экспорта среднетехнологичных и высокотехнологичных видов промышленной продукции, основным фактором отставания в рамках глобальной индустриализации.

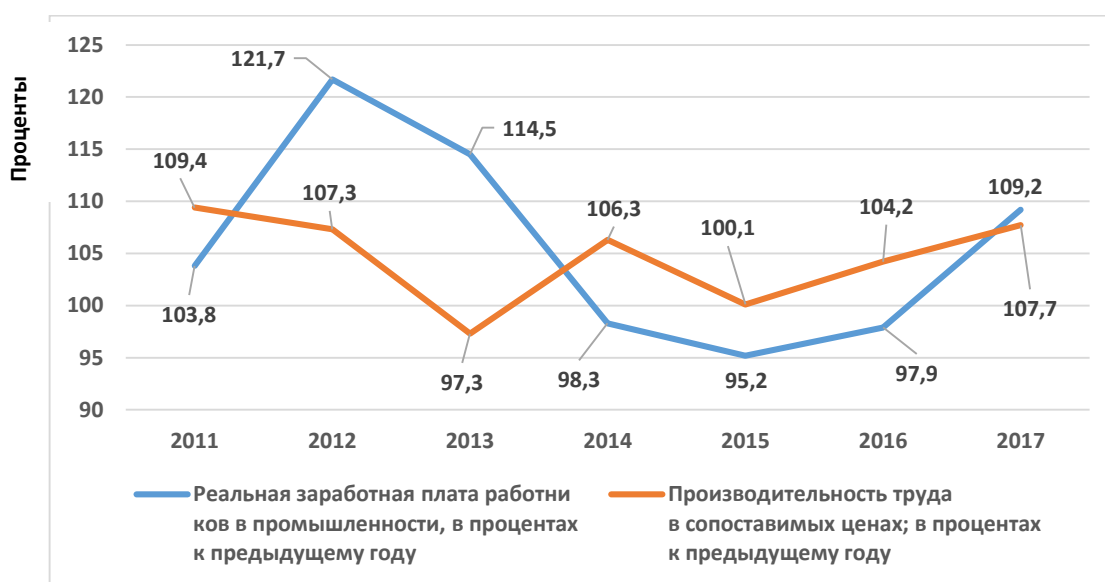


Рисунок 2.13. – Динамика факторов промышленного производства Республики Беларусь: индексов производительности труда и индексов заработной платы (проценты)

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И.А. на основании [162]

Современной белорусской экономике необходим драйвер активации трудовых ресурсов с целью роста профессиональных компетенций, а также необходима система мотивации выполнения работниками сложной наукоемкой деятельности, которая дает ожидаемый высокотехнологичный результат в различной вариабельности (рисунок 2.14).

Проведенный анализ развития обрабатывающей промышленности на примере машиностроительного комплекса, в состав которого входят высокотехнологичные и среднетехнологичные виды экономической деятельности, позволяет выделить слабые и сильные стороны, внешние возможности и угрозы технологического развития отрасли и сделать заключительные выводы. К сильным сторонам

как ускоряющим факторам технологического развития обрабатывающей промышленности, на наш взгляд, можно отнести: деловую репутацию белорусской промышленности; устойчивые кооперационные связи между предприятиями отрасли; образование территориальных инфраструктур с высоким потенциалом цифровой трансформации промышленности (свободные экономические зоны, научно-технологические парки); начальную модернизацию промышленных производств в рамках единичных инвестиционных и инновационных проектов; накопленный потенциал научных исследований и разработок в машиностроении; доступ к преференциальному финансовому механизму, в том числе по поддержке экспорта; вертикальную интеграцию крупных государственных предприятий в холдинги.

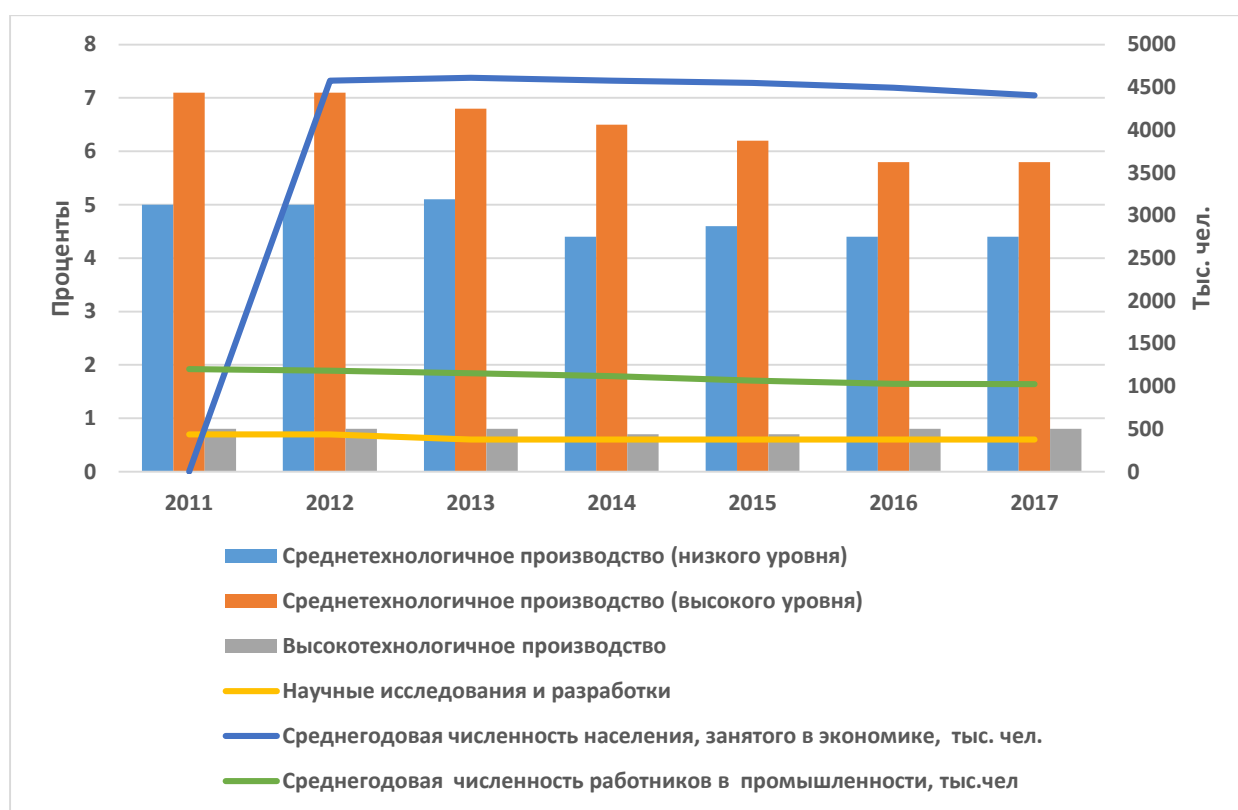


Рисунок 2.14. – Динамика занятости в высокотехнологичных и наукоемких видах экономической деятельности

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И.А. на основании [163]

К слабым сторонам и замедляющим факторам технологического развития можно отнести:

- недостаточный уровень конкурентоспособности продукции машиностроения;
- низкий уровень рентабельности деятельности промышленных предприятий, недостаток собственных средств для цифровой трансформации;
- низкую производительность труда по сравнению с лидерами мирового машиностроения, определяемую избыточной рабочей силой по причине выполнения предприятиями "социальной" функции;
- незавершенность цикла инновационного развития отрасли;
- недостаточный уровень технического обслуживания и послепродажного сервиса машиностроительной продукции;
- неразвитость институциональной среды.

Основные проблемы существующей институциональной среды следующие:

- отсутствие системного подхода к формированию и реализации промышленной политики, фрагментарность и слабые взаимодействия ее отдельных элементов (научно-технического, производственного, кредитно-финансового, маркетингового, административного);
- совмещение функций государственного регулятора и хозяйственного управления в Министерстве промышленности и Госкомвоенпроме;
- нерелевантность индикаторов, применяемых для оценки результативности работы и мотивации управленческого состава крупных государственных машиностроительных предприятий, прежде всего владельцев национальных брендов, состояния макросреды и условий современной конкуренции;
- отсутствие четко выраженных и обоснованных приоритетов продуктовой и рыночной специализации машиностроительного комплекса, требуемых компетенций и источников их формирования;
- слабая вовлеченность в цепочки создания добавленной стоимости крупных промышленных предприятий в транснациональном масштабе, обеспечивающих относительную устойчивость заказов и диффузию инженерных новых знаний.

На основании анализа сильных и слабых сторон технологического развития белорусской обрабатывающей промышленности, а также существующих технико-технологических возможностей и потенциальных угроз, можно предложить следующие мероприятия, направленные на увеличение технологического уровня промышленных предприятий:

- создать систему получения цифровых компетенций и навыков, необходимых для интенсивной и масштабной цифровой трансформации промышленности (подготовка и переподготовка кадров) с целью формирования нового ИКТ, технико-технологического и управленческого производственного трудового капитала, способного обеспечить цифровую трансформацию промышленного производства и выпуск высокотехнологичной продукции [213];

- организовать с привлечением ИКТ специалистов научно-исследовательские и опытно-конструкторские центры цифровой трансформации в виде модельных бригад, масштабно распространяющих передовой опыт цифровой трансформации промышленности [216];

- интенсивно и масштабно внедрять цифровую трансформацию промышленных производств, технико-технологические средства концепции «Индустрия 4.0», позволяющие выпускать высокотехнологичные, экологически чистые виды промышленной продукции, обеспечивающие сбережение ресурсов и снижение издержек производства [221];

- провести диверсификацию традиционных производств с перепрофилированием на высокотехнологичные, наукоемкие производства, выпускающие промышленную продукцию, востребованную международным промышленным рынком;

- создать институциональную среду для эффективности привлечения прямых инвестиций, обеспечить льготные условия для привлечения и использования венчурного капитала для цифровой трансформации обрабатывающей промышленности, в том числе машиностроительных предприятий, и обеспечить притоки частных инвестиций, увеличить долю затрат государства в исследования и разработки, предоставляя налоговые льготы при проведении НИОКР; обеспечить условия финансирования государством патентования передовых разработок цифровой трансформации промышленности ми-

рового уровня за рубежом; активизировать реализацию объектов интеллектуальной собственности в стране; активизировать открытие и развитие малых и средних высокотехнологичных промышленных цифровых производств путем создания особых зон цифровой трансформации промышленности [219].

2.3 Параметрический анализ влияния цифровой трансформации на экономическое развитие обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в краткосрочном и долгосрочном периодах

Принимая во внимание происходящие в настоящее время процессы глобальной цифровой трансформации, а также стремительный масштабный рост транснациональных корпораций, который сопровождается жесткой конкурентной борьбой и вытеснением белорусской промышленной продукции с освоенных ранее сегментов международного промышленного рынка [127], проведены исследования сильных и слабых сторон обрабатывающей промышленности Республики Беларусь. При этом в приоритете рассмотрения – индикаторы, отражающие динамику экономических показателей экономического развития обрабатывающей промышленности на макроэкономическом, национальном уровне с учетом внешних процессов глобализации и тенденций социально-экономического развития Республики Беларусь. В связи с этим, определяемые для исследования индикаторы должны соответствовать следующим критериям:

- иметь возможность применения на национальном и наднациональном (для международных сопоставлений) уровнях;
- сочетать социальные, экологические и экономические аспекты;
- иметь количественное выражение;
- обеспечивать возможность оценки динамических показателей;
- базироваться на существующей национальной статистической отчетности.

Методологической и теоретической базой параметрического анализа основных показателей экономического развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в условиях глобальной цифровой трансформации стали фундаментальные работы Р. Солоу [199],

П. Ромера [183], Д. Йоргенсона [196, 197], С. Кузнецца [198] и др., раскрывающие концепции эндогенного происхождения факторов экономического роста.

В связи с этим, представляется целесообразным использовать динамические удельные показатели производительности труда, заработной платы, фондовооруженности, инновационной активности организаций промышленности в долгосрочной перспективе.

Существующие методики выбора индикаторов для проведения анализа основных показателей экономического развития обрабатывающей промышленности подразумевают необходимость использования значительного числа детерминант, характеризующих ресурсно-инвестиционную привлекательность национальной обрабатывающей промышленности, уровень национальной научно-технической активности, состояние научно-исследовательской среды, степень научно-технических усилий и уровень накопленных отраслевых компетенций для осуществления цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, как фактора повышения конкурентоспособности национальной экономики.

Для идентификации влияния цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь на формирование *конкурентных преимуществ обрабатывающей промышленности* в качестве ключевых индикаторов предлагается использовать показатели удельного веса высокотехнологичной, среднетехнологичной (высокого уровня), среднетехнологичные (низкого уровня) видов продукции машиностроительного комплекса в общем объеме экспорта. Данные показатели являются специфическими индикаторами технологического уровня развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь. Использование показателей экспорта по уровню технологичности позволит: во-первых, определить технологическую нишу Республики Беларусь на международном промышленном рынке, а во-вторых, выявить конкурентные преимущества страны в межстрановом сопоставлении с отраслевыми конкурентами.

При этом, необходимо корректировать экспортные потоки на величину импортных, чтобы получить показатели чистого экспорта по группам экспортируемых товаров. Однако, такой прием, очевидно, не приемлем в принципе, поскольку страна, специализирующаяся на машиностроительном производстве, является крупным импортером сложно-тех-

нической продукции по тем же кодам Международной торговой классификации. Решение видится во введении дополнительного индикатора, позволяющего, с одной стороны, рассматривать специализацию экспорта через призму сравнительной эффективности данной отрасли в экономике отдельно взятой страны, а с другой – дать самостоятельную оценку сравнительным конкурентным преимуществам, обусловленным именно производственной специализацией страны. В качестве такого индикатора предлагается использовать долю добавленной стоимости (ДС) отрасли, группы отраслей или сектора экономики в общем объеме созданной добавленной стоимости за идентичный период времени. Доля ДС отрасли отражает относительную эффективность отрасли, без учета межотраслевых взаимодействий. По этой причине целесообразнее использовать для указанной цели показатель доли ДС обрабатывающей промышленности в совокупной добавленной стоимости.

Также следует отметить, что количественная оценка взаимозависимых процессов, которые сопровождают цифровую трансформацию обрабатывающей промышленности Республики Беларусь зависит от:

- определения и группировки наиболее важных индикаторов, которые позволят выявить существующие корреляционные взаимосвязи;
- определения порядка построения формализованной модели реальных процессов осуществления цифровой трансформации обрабатывающей промышленности на базе научных принципов, статистического анализа и эконометрического моделирования;
- доступности и качества информации, используемой для аналитической обработки.

При этом с целью проведения параметрического анализа основных экономических показателей развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в условиях глобальной цифровой трансформации, индикаторами оценки масштаба и тенденций осуществления цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, как фактора повышения конкурентоспособности национальной экономики, выбраны следующие группы показателей, условно разделенные на параметры входа, параметры промежуточного выхода и параметры выхода.

Параметрами входа являются показатели инвестиций, направленных на реконструкцию и модернизацию промышленных производств, в машины и оборудование, затраты на технологические инновации организаций промышленности (по источникам финансирования), затраты на научные исследования и разработки и др., которые можно соотнести с затратами на начало осуществления цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

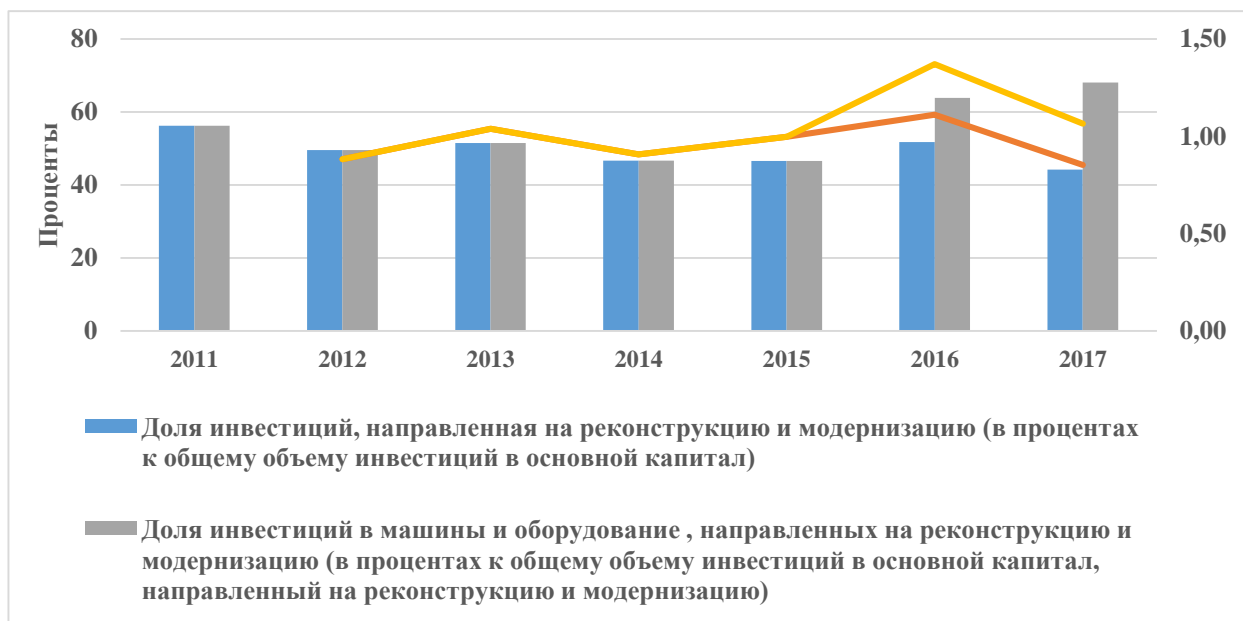


Рисунок 2.15. – Основные показатели инвестиционной активности обрабатывающей промышленности Республики Беларусь

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И.А. на основании [163]

К инвестиционной активности (рисунок 2.15) в национальной статистической отчетности относятся объемы затрат на внедрение в промышленные производства обрабатывающей промышленности Республики Беларусь инновационных технико-технологических средств (технологических инноваций) по источникам финансирования, которые структурированы в следующие группы:

- собственные средства организаций промышленности (59%);
- средства республиканского бюджета, включая инновационные фонды (14,3%);
- средства местного бюджета, включая инновационные фонды (4,8%);
- средства бюджета союзного государства (0,2%);
- внебюджетные фонды (0,1%);

- кредиты и займы (24,01%);
- средства иностранных инвесторов, включая иностранные кредиты и займы (7,7%);
- прочие (0,5%);

На диаграмме (рисунок 2.16) представлен удельный вес затрат по источникам финансирования в динамике за семь последних лет, из которого прослеживается тенденция ответственности собственно предприятий обрабатывающей промышленности за уровень технологического развития.

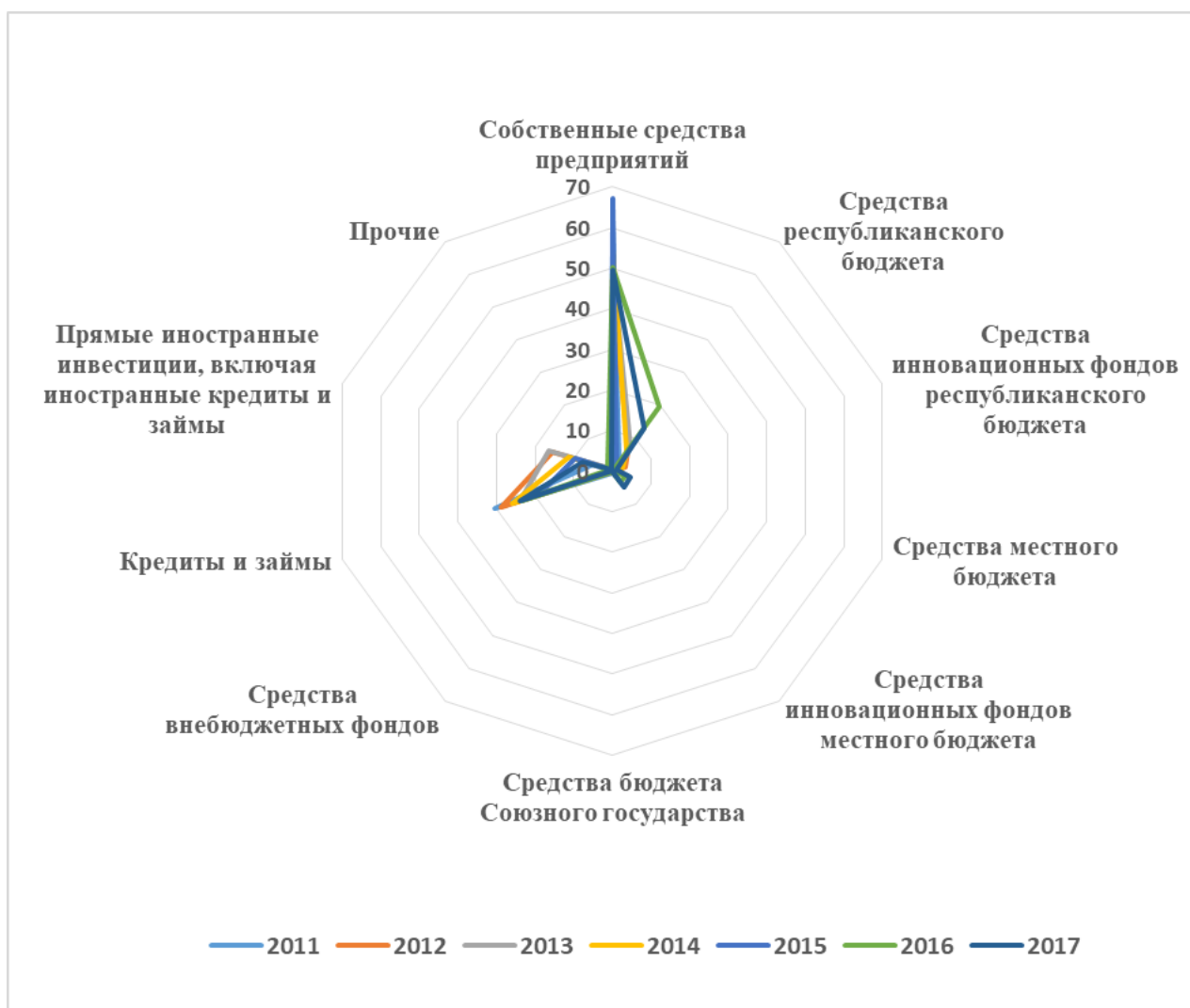


Рисунок 2.16. – Источники финансирования технико-технологического развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А. на основании [163]

В то же время влияние прямых инвестиций на динамику технологического уровня обрабатывающей промышленности Республики Беларусь будет интегрированным, поскольку прямые инвестиции на внедрение инновационных технико-технологических средств в обрабатывающую промышленность повышают конкурентоспособность всех отраслей народного хозяйства в разной степени, а конкурентоспособность национальной экономики – в целом.

Для анализа уровня научно-технической активности, состояния научно-исследовательской среды определены следующие показатели:

- валовой показатель внутренних затрат на научные исследования и разработки (среднегодовой за семь предшествующих лет);
- удельный показатель внутренних затрат на научные исследования и разработки, в процентах от ВВП (наукоемкость);
- удельный показатель внутренних затрат на научные исследования и разработки на душу населения;
- удельный показатель численности исследователей на душу населения;
- удельный показатель числа научных публикаций на душу населения.

Учитывая ключевую роль ориентации научно-технических усилий и уровень накопленных отраслевых компетенций в осуществлении цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь определены индикаторы, характеризующие уровень информационно-коммуникационных и инженерных компетенций:

- доля исследователей в области информационно-коммуникационных технологий и инжиниринга;
- число научных публикаций в области инженерных наук;
- доля публикаций по инженерным наукам в общем числе публикаций;
- совокупное число публикаций в области инженерных наук и информационно-коммуникационных технологий;
- доля публикаций в области инженерных наук и информационно-коммуникационных технологий в общем числе научных публикаций;

- численность выпускников вузов по инженерно-техническим специальностям.

Таким образом для проведения параметрического анализа определены входные параметры ресурсно-инвестиционного характера, а также параметры формирования научного потенциала и человеческого капитала для осуществления цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, как фактора повышения конкурентоспособности национальной экономики.

В качестве промежуточного выхода определены следующие индикаторы инновационной активности организаций промышленности, как отклик на влияние входных параметров:

- доля высокотехнологичных, среднетехнологичных (высокого уровня) и наукоемких отраслей в ВВП, процентов;
- доля высокотехнологичных производств в добавленной стоимости обрабатывающей промышленности, процентов;
- удельный вес промышленных организаций, осуществляющих затраты на технологические инновации;
- удельный вес отгруженной инновационной продукции (работ, услуг), в общем объеме отгруженной продукции (работ, услуг) организаций промышленности, процентов к итогу.

С целью идентификации эффекта цифровой трансформации на повышение конкурентоспособности обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и национальной экономики в целом, определены следующие параметры выхода, характеризующие эффективность использования ресурсных параметров:

- удельный показатель ВВП, приведенный к численности населения (по паритету покупательной способности);
- удельный показатель ВВП, приведенный к численности занятых в экономике (по паритету покупательной способности);
- удельный показатель валовой добавленной стоимости в отраслевом выпуске, приведенный к числу занятых в обрабатывающей промышленности;
- доля добавленной стоимости обрабатывающей промышленности в совокупной созданной добавленной стоимости страны;
- показатель доли странового экспорта продукции определенной товарной группы (соотнесенной с видами деятельности) в об-

щем объеме мирового экспорта по данной товарной группе. Предлагается определять указанную долю в разрезе группы стран, относящихся к числу наиболее вероятных конкурентов в данной отрасли [127];

- показатель доли продукции обрабатывающей промышленности в общем объеме странового экспорта;
- показатель темпа роста экспорта продукции обрабатывающей промышленности за 7 лет;
- показатели удельного веса высокотехнологической продукции обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в общем объеме экспорта;
- показатели удельного веса среднетехнологической (высокого уровня) продукции обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в общем объеме экспорта;
- показатели удельного веса среднетехнологической (низкого уровня) продукции обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в общем объеме экспорта.

Необходимо отметить, что при соотнесении экспортируемой продукции к произведенной с использованием инновационных технико-технологических средств, определены критерии высокотехнологичной, среднетехнологичной (высокого и низкого уровней) продукции, основанные на результатах анализа индексов производств, позволяющие сгруппировать продукцию обрабатывающей промышленности по видам экономической деятельности и степени технологичности:

- высокотехнологичные виды деятельности, относящиеся к подсекции СІ «Производство вычислительной, электронной и оптической аппаратуры»;
- средне-технологичные (высокого уровня) виды экономической деятельности, которые определены подсекциями СК «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки», СЈ «Производство электрооборудования», СL «Производство транспортных средств и оборудования»;
- средне-технологичные (низкого уровня) виды экономической деятельности, в том числе подсекция СН «Металлургическое производство. Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования» [163].

Так, показатель объема экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции и его доли в общем экспорте, с одной стороны, является показателем сравнительной эффективности данной отрасли в экономике страны, а с другой – позволяет оценить конкурентные преимущества, обусловленные цифровой трансформацией обрабатывающей промышленности. Кроме детерминированной оценки, необходимо оценить также и трендовую компоненту, т.е. динамику развития показателя экспортной составляющей за семь лет с нарастающим итогом.

Таким образом, параметры выхода ориентированы на оценку эффективности использования ресурсов, затраченных на инновационную активность организаций промышленности, направленную на осуществление цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, как фактора повышения конкурентоспособности национальной экономики.

Кроме этого, в процессе проведения исследования были выдвинуты и проверены следующие гипотезы.

Во-первых, о существовании связей динамических и объемных показателей экспорта высокотехнологичной и средне-технологичной (высокого уровня) продукции, объема отгруженной инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции организаций промышленности с такими индикаторами как:

- инновационная активность организаций промышленности (доля удельного веса организаций, осуществляющих затраты на технологические, организационные, маркетинговые инновации, в общем числе обследованных организаций промышленности организаций);

- инвестиционная активность организаций промышленности (инвестиции в основной капитал по видам экономической деятельности обрабатывающей промышленности и в экономику страны, также текущих прямых иностранных инвестиций);

- производительность труда в обрабатывающей промышленности;

- динамика курса валют.

Во-вторых, гипотеза о том, что обрабатывающая промышленность Республики Беларусь является ключевым потребителем инже-

нерных знаний, научных исследований и разработок, сформированных в различных отраслях народного хозяйства (научные исследования и инженерно-техническое образование, наличие научных публикаций, патентов, промышленных образцов), а показатель наукоёмкости (процент от ВВП) характеризует ресурсы на формирование научного потенциала, необходимого для осуществления цифровой трансформации обрабатывающей промышленности в условиях развития цифровой экономики Республики Беларусь.

Так как показатель наукоёмкости характеризует в большей степени формирование научного потенциала для осуществления цифровой трансформации промышленности в долгосрочной перспективе, предлагается задействовать его в параметрическом анализе в качестве внешнего ресурсного фактора с проведением исследования на национальном уровне.

Очевидно, линейная регрессионная модель является одним из наиболее простых и реализуемых инструментов оценки зависимостей между ресурсными составляющими для осуществления цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и конкурентными преимуществами национальной экономики в среднесрочном периоде.

С целью проверки выдвинутой гипотезы о наличии корреляционно-регрессионной связи в качестве зависимой переменной выбран индикатор экспорта высокотехнологичной, наукоемкой продукции обрабатывающей промышленности, а в качестве независимых переменных использовались ряды показателей, имеющиеся в статистической базе Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Так, была проверена гипотеза о связи динамических показателей экспорта высокотехнологической, среднетехнологичной (высокого уровня) продукции обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в общем объеме экспорта с такими показателями, как:

- инвестиционная активность и производительность труда по видам экономической деятельности обрабатывающей промышленности;
- прямые иностранные инвестиции (текущие и накопленные);
- объем отгруженной инновационной продукции;

– доля организаций промышленности, осуществлявших технологические, организационные и маркетинговые инновации.

Для расчета коэффициентов линейной корреляции использовались индикаторы темпов роста соответствующих показателей, что вероятно позволит снизить влияние фактора взаимозависимости переменных, а также учесть степень эластичности статистически оцениваемых связей.

Переходя к анализу связей, существующих между индикатором конкурентоспособности обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и индикаторами, характеризующими инвестиции, инструменты и механизмы трансформации, следует отметить, что это сложная задача. Сложность выявления зависимостей, а, тем более закономерностей связана с тем, что обрабатывающая промышленность Республики Беларусь, как открытая экономическая система, очень восприимчива по отношению к внешним входным параметрам, таким как, инвестиционные потоки, расходы на исследования и разработки и др.

Тем не менее, проведенный в исследовании анализ корреляционных связей позволил установить наличие значимых с точки зрения статистики зависимостей ($R=0,95$) между динамическим показателем темпов роста экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции обрабатывающей промышленности и темпами роста потока инвестиций в основной капитал в целом по экономике.

Следует отметить влияние параметра прямых иностранных инвестиций, относящегося прежде всего, к институциональным условиям функционирования отрасли. Как видно из R -значений таблицы 2.1, высокая корреляция прослеживается между абсолютной величиной объемов экспорта и потоком прямых иностранных инвестиций в экономику страны в целом ($R=0,61$), однако еще более тесная связь – с аналогичными отраслевыми показателями. Так, значение линейной корреляции, рассчитанное по абсолютным величинам, находится на уровне $R=0,87$, а по динамическим показателям – $R=0,95$. При этом максимальный уровень тесноты связи проявляется при анализе рядов данных без использования временных лагов. Следует, отметить, что гипотеза о связи между темпами роста накопленных

инвестиций в целом по экономике и экспортом высокотехнологичной, средне-технологичной (высокого уровня) продукции обрабатывающей промышленности не подтверждается.

Самая высокая степень влияния динамических значений темпа роста производительности труда в обрабатывающей промышленности обнаружена с показателями темпа роста удельного веса отгруженной инновационной продукции (работ, услуг), новой для внутреннего рынка в общем объеме отгруженной продукции (работ, услуг) организаций промышленности, значение корреляционной связи $R=0,53$. Однако, между динамическими значениями показателя темпа роста экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции в общем объеме экспорта товаров и услуг, а также значениями показателя темпа роста удельного веса экспорта высокотехнологичных товаров в общем объеме экспорта товаров и услуг и динамическими показателями производительности труда в обрабатывающей промышленности в краткосрочном периоде корреляционная связь не обнаружена. В связи с этим, представляется возможным в рамках данной работы установить параметрическую зависимость макроэкономических величин от производительности труда, применяя для исследования период 2007-2017 гг. и модель экономического роста Р.Солоу на основании эмпирических данных, накопленных в долгосрочном периоде.

Ожидаемо подтвердилась гипотеза о взаимосвязи факторов исследовательской и инновационной активности с показателем экспорта высокотехнологичной, среднетехнологичной (высокого уровня) продукции обрабатывающей промышленности как конкурентного преимущества национальной экономики.

В частности, сильная связь ($R=0,93$) определяется между величинами показателей темпа роста экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции в общем объеме экспорта товаров и услуг с величинами показателем темпов роста наукоемкости (с временным лагом в 5 лет). Причем, связь сильная как с учетом корректировки по индексу цен и темпами роста наукоемкости в целом, так и по курсу белорусского рубля к доллару США.

Таблица 2.1 – Степени связи индикаторов параметрической модели оценки влияния цифровой трансформации промышленности на темп роста экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции

Параметры выхода	Параметры входа							
	Темп роста наукоемкости (с временным лагом в 5 лет)	Темп роста ввода в действие основных средств на 1 млн. руб инвестиций по обрабатывающей промышленности (с лагом в 1 год)	Темп роста доли инвестиций, направленной на реконструкцию и модернизацию обрабатывающей промышленности (с временным лагом в 3 года)	Темп роста доли инвестиций в оборудование и машины, направленной на реконструкцию и модернизацию обрабатывающей промышленности (с временным лагом в 3 года)	Темп роста удельного веса промышленных организаций, осуществляющих затраты на технологические инновации, в общем числе обследованных организаций промышленности	Темп роста удельного веса организаций, осуществляющих затраты на технологические, организационные, маркетинговые инновации, в общем числе обследованных организаций промышленности	Темп роста производительности труда по обрабатывающей промышленности	Темп роста прямых иностранных инвестиций, включая иностранные кредиты и займы (с лагом в 3 года)
Темп роста удельного веса отгруженной инновационной продукции (работ, услуг), в общем объеме отгруженной продукции (работ, услуг) организаций промышленности	0,26	0,77	0,96	0,96	0,73	0,83	0,01	-0,22
Темп роста удельного веса отгруженной инновационной продукции (работ, услуг), новой для внутреннего рынка в общем объеме отгруженной продукции (работ, услуг) организаций промышленности	-0,30	0,57	0,76	0,76	0,53	0,39	0,53	-0,22
Темп роста удельного веса отгруженной инновационной продукции (работ, услуг), новой для мирового рынка в общем объеме отгруженной продукции (работ, услуг) организаций промышленности	-0,30	0,57	0,76	0,76	0,43	0,29	0,49	0,93
Темп роста экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции в общем объеме экспорта товаров и услуг	0,93	0,10	0,12	0,12	0,12	-0,21	0,37	0,98
Темп роста удельного веса экспорта высокотехнологичных товаров в общем объеме экспорта товаров и услуг	-0,42	0,63	0,65	0,65	-0,19	0,11	-0,65	0,89
Темп роста удельного веса экспорта среднетехнологичных товаров высокого уровня в общем объеме экспорта товаров и услуг	0,95	0,01	0,02	0,02	0,23	-0,10	0,44	-0,19

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И.А.

Слабая связь обнаружена между показателями темпа роста удельного веса экспорта высокотехнологичных товаров в общем объеме экспорта товаров и услуг и наукоемкостью, вероятнее всего, в связи с преобладанием доли высокотехнологичных экспортируемых услуг в общем высокотехнологичном и наукоемком экспорте ($R=-0,42$). При этом, между динамическими показателями удельного веса экспорта среднетехнологичных товаров (высокого уровня) в общем объеме экспорта товаров и услуг и темпом роста наукоемкости (с временным лагом в 5 лет) обнаружена сильная связь ($R=0,95$).

Высокий уровень связи показателей экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции, а также показателей удельного веса отгруженной инновационной продукции обрабатывающей промышленности обнаружен с показателем темпа роста доли инвестиций, направленных на реконструкцию и модернизацию в оборудование и машины предприятий обрабатывающей промышленности (с временным лагом в 3 года). Так, рассчитанная корреляция составляет $R=0,65$ для показателей экспорта высокотехнологичной продукции, и соответственно, $R=0,76-0,96$ для показателей темпов роста удельного веса отгруженной инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции (работ, услуг) организаций промышленности.

Высокая корреляция прослеживается также между динамическими показателями ввода в действие основных средств на 1 млн. руб. инвестиций по обрабатывающей промышленности (с лагом в 1 год) и ростом удельного веса отгруженной инновационной продукции (работ, услуг) в общем объеме отгруженной продукции (работ, услуг) организаций промышленности ($R=0,77$), ростом удельного веса отгруженной инновационной продукции (работ, услуг), новой для внутреннего рынка в общем объеме отгруженной продукции (работ, услуг) организаций промышленности ($R=0,57$), ростом удельного веса отгруженной инновационной продукции (работ, услуг), новой для мирового рынка в общем объеме отгруженной продукции (работ, услуг) организаций промышленности и экспортом высокотехнологичных товаров в общем объеме экспорта товаров и услуг ($R=0,63$).

Аналогичный вывод можно сделать и о связи величин динамического показателя удельного веса отгруженной инновационной продукции (работ, услуг) в общем объеме отгруженной продукции

(работ, услуг) организаций промышленности и динамических величин удельного веса промышленных организаций, осуществляющих затраты на технологические инновации, в общем числе обследованных организаций промышленности и удельного веса организаций, осуществляющих затраты на технологические, организационные, маркетинговые инновации в общем числе обследованных организаций промышленности, соответственно $R=0,73$, $R=0,83$.

Оценивая полученные результаты линейной связи показателей использования ресурсной и инструментальной составляющих научно-технического потенциала обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и показателей экспорта высокотехнологичной, средне-технологичной (высокого уровня) продукции, а также показателей отгруженной инновационной продукции обрабатывающей промышленности как индикаторов конкурентных преимуществ национальной экономики, можно сделать некоторые выводы.

Достаточно чувствительной является взаимосвязь темпов роста экспорта высокотехнологичной, средне-технологичной (высокого уровня) продукции с инвестиционной активностью как в целом в экономике, так и в отрасли, а также взаимосвязь темпов роста отгруженной инновационной продукции с инновационной активностью предприятий промышленности.

Как показал параметрический анализ, обрабатывающая промышленность Республики Беларусь восприимчива к потокам прямых иностранных инвестиций и к привлечению инвестиционных ресурсов на модернизацию производства, а увеличение доли инновационноактивных организаций промышленности, внедряющих технологические инновации, влияет на увеличение выпуска инновационной и высокотехнологичной продукции.

Данный фактор представляется важным с точки зрения повышения конкурентоспособности отрасли и национальной экономики в целом.

Следует отметить, что значимая связь наблюдается с индикаторами, характеризующими научно-технический потенциал: темпами роста внутренних затрат на научные исследования и разработки, (наукоемкостью) и темпом роста коэффициента изобретательской активности ($R=81$).

В целом, результат моделирования согласуется с оценками тесноты связи этих переменных с темпами роста экспорта, приведенными выше. Более того, аналогичный результат дает и регрессионная оценка связи, выполненная на основе динамических индикаторов с использованием многофакторной модели. Последняя, после процедуры логарифмической линеаризации, позволяет экспоненциально оценить эластичность связи.

Тем не менее, учитывая достаточно значительные качественные и структурные сдвиги, которые происходили во внешней среде, представляется целесообразным при построении регрессионной модели опираться на более краткосрочный ретроспективный ряд данных. Разбиение исходного временного ряда на интервалы, содержащих разные тренды, при условии обеспечения статистической значимости полученной модели, позволяет также уменьшить влияние и собственно трендовой компоненты. При этом регрессионная оценка вида связи осуществлялась на ограниченном количестве интегральных переменных, характеризующих, по возможности, качественную сторону конкурентоспособности отрасли.

К числу переменных, являющихся для модели параметрами входа, отнесены:

- темп роста наукоемкости (с временным лагом в 5 лет);
- темп роста ввода в действие основных средств на 1 млн. руб инвестиций по обрабатывающей промышленности (с лагом в 1 год);
- темп роста доли инвестиций, направленной на реконструкцию и модернизацию (в машины и оборудование) обрабатывающей промышленности (с временным лагом в 3 года);
- темп роста удельного веса промышленных организаций, осуществляющих затраты на технологические инновации, в общем числе обследованных организаций промышленности (текущие значения);
- темп роста прямых иностранных инвестиций, включая иностранные кредиты и займы (с лагом в 3 года).

Таким образом, полученная регрессионная аддитивная оценки влияния цифровой трансформации промышленности на темп роста экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции имеет следующий вид:

$$G_{\text{эксп}} = -0,841 + 0,483G_{\text{наук}} + 1,64G_{\text{инв}} + 2,344G_{\text{ти}} + 0,028G_{\text{иа}} + 0,187G_{\text{пии}} \quad (2.1)$$

где: $G_{\text{эксп}}$ – темп роста доли экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции в общем объеме экспорта товаров и услуг, измеряемый в период t ;

$G_{\text{наук}}$ – темп роста наукоемкости, измеряемый в период $t-5$;

$G_{\text{инв}}$ – темп роста ввода в действие основных средств на 1млн. инвестиций в по обрабатывающей промышленности, измеряемый в период $t-1$;

$G_{\text{пии}}$ – темп роста прямых иностранных инвестиций в период $t-3$;

$G_{\text{ти}}$ – темп роста инвестиций, направленной на реконструкцию и модернизацию (в машины и оборудование) обрабатывающей промышленности в период $t-3$;

$G_{\text{иа}}$ – темп роста удельного веса промышленных организаций, осуществляющих затраты на технологические инновации, в общем числе обследованных организаций промышленности в период t .

Регрессионная модель является одним из наиболее реализуемых эконометрических инструментов представления взаимозависимостей между ресурсными элементами конкурентоспособности и реализованными конкурентными преимуществами социально-экономических систем, в том числе на национальном уровне. Статистические коэффициенты модели оценки показывают, что в анализируемый период времени среди входных параметров, оказывающих наибольшее влияние на динамику выбранного в краткосрочной перспективе выходного параметра – экспорта высокотехнологичных товаров обрабатывающей промышленности в общем объеме экспорта – можно ранжировать параметры по степени их влияния: темп роста удельного веса промышленных организаций, осуществляющих затраты на технологические инновации, темп роста затрат на научные исследования и разработки; темп роста инвестиций в основной капитал в целом по стране; темп роста прямых иностранных инвестиций; темп роста инвестиций, направленной на реконструкцию и модернизацию (в машины и оборудование) обрабатывающей промышленности.

Проведенный анализ эмпирических данных подтверждает влияние инвестиционной и инновационной активности промышленных

предприятий Республики Беларусь на рост объема экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции как ключевого конкурентного преимущества национальной промышленности. Очевидно, что наличие основного капитала и его динамика, определяемая причинно-следственными связями для переменных экспорта будет высокой. Однако, учитывая краткосрочность периода для данного научного исследования, концепция связи доли экспорта и наличия основного капитала не учитывалась.

В результате проведенного параметрического анализа выявлено влияние индикатора роста удельного веса промышленных организаций, осуществляющих затраты на технологические инновации, в общем числе обследованных организаций промышленности, индикатора удельного веса организаций, осуществляющих затраты на технологические, организационные, маркетинговые инновации в общем числе обследованных организаций промышленности, индикатора инвестиций на реконструкцию и модернизацию, а также индикатора роста наукоемкости на показатели роста доли экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции в общем объеме экспорта, что определяет корреляцию фактора конкурентоспособности обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и динамику ее технико-технологического развития как инструментальной компоненты, посредством которой ключевая отрасль страны имеет возможность формировать глобальные конкурентные преимущества на внешнем промышленном рынке. Параметрическая модель зависимости роста экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в условиях глобализации развития цифровой экономики представляет собой регрессионную аддитивную модель формирования конкурентных преимуществ национальной обрабатывающей промышленности. При этом, с одной стороны, использование определенных показателей позволило идентифицировать зависимость экспорта от инновационной активности организаций промышленности во внедрении технологических, организационных и маркетинговых инноваций, а с другой – определить влияние модернизации обрабатывающей промышленности на формирование конкурентных преимуществ на внешнем промышленном рынке, прежде всего, в рамках

той группы стран, в которой конкуренция является наиболее вероятной в данный момент времени и при данных условиях [127].

Анализируя полученные результаты оценки линейной связи, можно сделать следующие выводы. Полученная зависимость объяснима с содержательной точки зрения, однако, как и любая регрессионная эконометрическая модель, построенная на эмпирических данных, показывает динамику показателей на краткосрочную перспективу и не учитывает влияние цифровых преобразований обрабатывающей промышленности на экономический рост в долгосрочной перспективе.

С целью параметрического анализа макроэкономических параметров развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в условиях цифровой экономики в долгосрочной перспективе используется модель экономического роста Р. Солоу, основу которой составляет неоклассическая производственная функция с индексом совокупной факторной производительности.

Так, неоклассическая производственная функция отражает максимальный выпуск промышленной продукции, который может быть произведен при заданной комбинации ресурсов и удовлетворяет следующим условиям: положительная уменьшающаяся предельная производительность ресурсов и постоянная отдача от масштаба. Кроме этого производственная функция позволяет варьировать факторами, что приводит к наглядному выявлению причинно-следственных связей между производственным капиталом, человеческим капиталом, совокупными технико-технологическими факторами и может иметь следующий вид:

$$Y_t = F(K_t, L_t, Z_t) \quad (2.2)$$

где Y_t – выпуск обрабатывающей промышленности в период времени t ;

K_t – производственный (инвестиционный) капитал;

L_t – трудовые ресурсы;

Z_t – совокупная факторная производительность (далее СФП), которая отражает влияние научно-технического прогресса на производительность труда [204].

В результате декомпозиции производственной функции на основании признака функционального назначения ее переменных уравнение 2.2 примет вид:

$$\ln Y_t = \alpha \ln K_t + (1 - \alpha) \ln L_t + \ln Z_t \quad (2.3)$$

Согласно уравнению (2.3) остаток модели Р. Солоу $\ln Z_t$ включает технико-технологические изменения в производстве, не связанные с изменениями в производственном (инвестиционном) капитале или трудовых ресурсах, а также показывает изменение эффективности производственной деятельности, не влияющее на предельную производительность капитала или трудовых ресурсов. В результате применения свойств логарифмических функций, с соблюдением следующих условий: $Y_t > 0$ – выпуск обрабатывающей промышленности в период времени t ; $K_t > 0$ – производственный (инвестиционный) капитал; $L_t > 0$ – трудовые ресурсы; $Z_t > 0$, уравнение (2.3) может быть представлено в следующем виде:

$$\begin{aligned} \ln Y_t &= \alpha \ln K_t + (1 - \alpha) \ln L_t + \ln Z_t = \\ \ln \left(K_t^\alpha L_t^{(1-\alpha)} Z_t \right) &= \ln \left(\left(\frac{K_t}{L_t} \right)^\alpha L_t Z_t \right) \end{aligned} \quad (2.4)$$

При выполнении равенства логарифмических функций их положительные аргументы также равны между собой и уравнение 2.4 примет вид:

$$Y_t = Z_t L_t \left(\frac{K_t}{L_t} \right)^\alpha \quad (2.5)$$

Темп роста ВВП, который определяется отношением текущего значения совокупного промышленного выпуска экономики за период t к предыдущему значению совокупного промышленного выпуска экономики за период $t-1$ с соблюдением следующих условий: выпуск неограниченно растет при неограниченном росте факторов с уменьшающейся предельной производительности каждого фактора производства при постоянной отдаче от масштаба [183].

На основании нормального распределения получена функция правдоподобия модели, при этом коэффициенты функции вычисляются с помощью численных методов оптимизации. В целях учета влияния трендовой составляющей, ряды индикаторов сгруппированы по длительности периодов. Так, для оценки влияния макроэкономических параметров, инвестиционных потоков, принят период на уровне десяти лет, а для оценки влияния индикаторов, характеризующих, инновационную активность организаций промышленности, активность научно-технической деятельности, то период исследования сокращен до шести последних лет.

Эмпирические данные для тестирования модели взяты за период 2005-2017гг. из статистической базы [161 – 163]. Полученное значение эластичности по капиталу, равное 0,46 согласуется с результатами эмпирических исследований [200]. По итогу оценки расширенной и AR-модели на основании эмпирических данных, получено значение эластичности ВВП по капиталу, по расширенной - 0,36, по AR-модели – 0,46, который согласуется и исследованиями [209].

Для оценки производственного капитала применяется метод непрерывной инвентаризации: запас определялся потоками инвестиций, а потребление - амортизацией [182]. Чистый запас капитала определялся по формуле:

$$K_t = K_{t-1}(1 - \varphi) + I_t \quad (2.6)$$

где K_t – чистый капитал обрабатывающей промышленности в период t ;

φ – норма амортизации (5% [203]);

I_t – поток прямых инвестиций, (валовое накопление в постоянных ценах);

K_{t-1} – капитал в прошедшем периоде [200].

Динамика СФП определяется множеством переменных. Использование эмпирических данных белорусской экономики в качестве наблюдаемых переменных в долгосрочном периоде позволило оценить ненаблюдаемую переменную Z_t (СФП). Полученная в ходе эмпирического анализа на основании белорусских статистических данных, СФП использовалась как основа для оценки влияния каждой

компоненты производственной функции на годовой прирост ВВП Республики Беларусь (рисунок 2.17). На диаграмме прослеживается положительная динамика влияния на ВВП Республики Беларусь производственного капитала, при отрицательных влияниях трудовых ресурсов (2011 – 2017гг.) и СФП (2009 – 2015гг.).

Снижение темпов экономического роста (2010 – 2015 гг.), а также отрицательный прирост ВВП (2010 – 2015 гг.), очевидно обусловлены отрицательной динамикой СФП с 2009 по 2015 годы.

Полученные результаты исследования адекватны и сопоставимы с результатами исследования, проводимыми в работе [209].

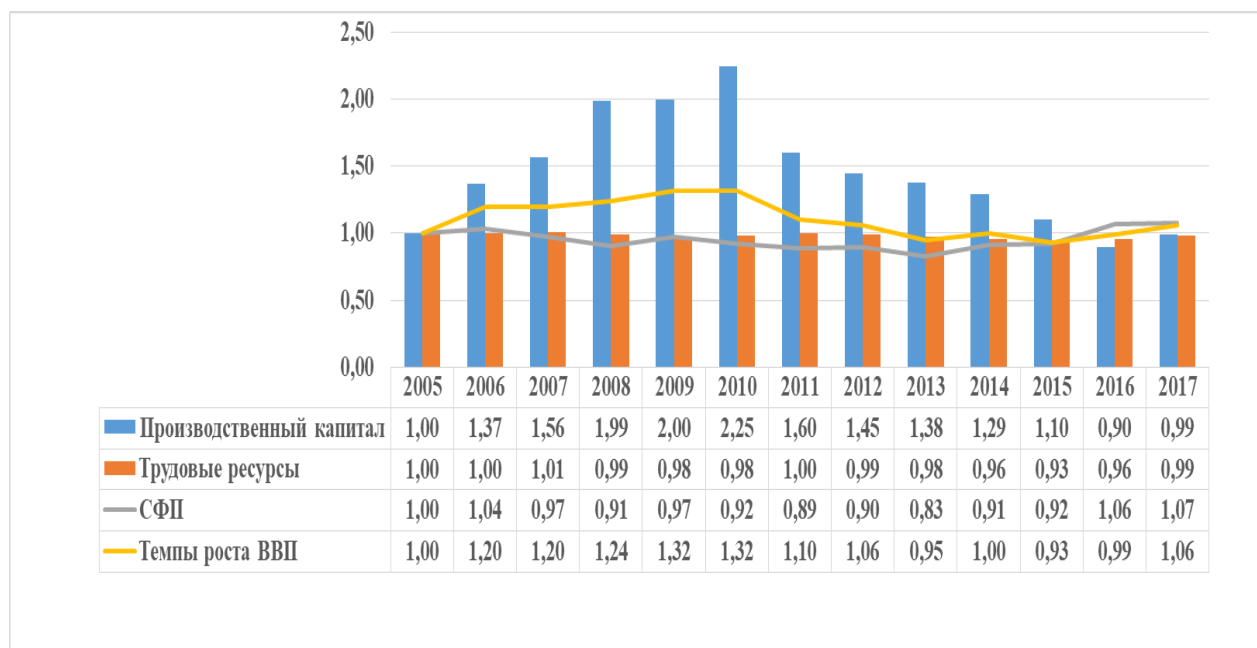


Рисунок 2.17. – Динамика факторов производственной функции

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А. на основании [162, 200 – 213].

Таким образом, на основании модели экономического роста Р.Солоу получена зависимость ВВП от уровня технологического развития обрабатывающей промышленности, научно-технического потенциала среды. Полученная в виде экспоненциальной авторегрессионной модели функция позволила оценить динамику ненаблюдаемой переменной – СФП и эластичность ВВП Республики Беларусь от входных параметров.

Выбранное в параметрическом анализе представление экономических показателей (параметров выхода) в форме удельных величин даёт возможность сравнения расчетных значений показателей в процессе межстрановых сопоставлений, которые используются в мировой статистической практике [190].

Так, проведенный параметрический анализ полученных зависимостей экономических показателей в краткосрочном и долгосрочном периодах позволил установить следующее. В краткосрочном периоде проверка гипотез о существовании и степени корреляционных связей между динамическими рядами параметров инвестиционной деятельности страны, затрат на формирование научно-технического потенциала развития обрабатывающей промышленности, инновационной активностью организаций промышленности и динамическими рядами параметров экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции в общем объеме экспорта товаров и услуг, характеризующим преимущества национальной обрабатывающей промышленности, позволила установить наличие существенной связи индикаторов объема и темпов роста экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции от инвестиционной и инновационной активности, а также от степени вовлечения научно-исследовательских разработок в высокотехнологичное промышленное производство.

С целью описания характера связи разработана линейная многофакторная эконометрическая аддитивная регрессионная модель на основе аппроксимации эмпирических данных. В качестве факторных признаков в модель вошли пять переменных: темп роста наукоемкости (временной лаг 5 лет); темп роста ввода в действие основных средств на 1 млн. инвестиций в по обрабатывающей промышленности (временной лаг 1 год); темп роста прямых иностранных инвестиций (временной лаг 3 года); темп роста инвестиций, направленных на реконструкцию и модернизацию (в машины и оборудование) обрабатывающей промышленности (временной лаг 3 года); темп роста удельного веса промышленных организаций, осуществляющих затраты на технологические инновации, в общем числе обследованных организаций промышленности в отчетный период.

Результаты оценки параметров модели свидетельствуют, что в последние несколько лет основное влияние на изменение темпов роста экспорта оказывали изменение роста удельного веса промышленных организаций, осуществляющих затраты на технологические

инновации, в общем числе обследованных организаций промышленности, изменение удельного веса организаций, осуществляющих затраты на технологические, организационные, маркетинговые инновации в общем числе обследованных организаций промышленности, инвестиции на реконструкцию и модернизацию, а также индикатор роста наукоемкости.

Результат анализа макроэкономических факторов, влияющих на рост ВВП в долгосрочном периоде на основании эмпирических данных, позволил выявить следующие закономерности: снижение темпов экономического роста (2010 – 2015 гг.), положительную динамику влияния производственного капитала на ВВП Республики Беларусь, отрицательное влияние трудовых ресурсов (2011 – 2017 гг.) и отрицательную динамику СФП (2009 – 2015 гг.). Отрицательные тренды трудовых ресурсов и СФП, вероятнее всего, являются причинами отрицательной динамики национального ВВП.

ГЛАВА 3

РЕАЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

3.1 Этапы формирования организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

Особенности формирования организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь обусловлены институциональной белорусской матрицей, интеграционными процессами, слабыми и сильными сторонами национальной традиционной обрабатывающей промышленности, а также существующими и потенциальными возможностями и угрозами для ее развития.

Сущность организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности описана в п. 1.4 первой главы настоящей работы и предложена концептуальная модель организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь. Так, организационно-экономический механизм цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь – совокупность способов управления взаимодействием субъектов обрабатывающей промышленности на основе системы институтов, определяющих правила, принципы и методы осуществления цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, в результате которой происходит целевое качественное преобразование субъектов механизма и их переход на новый более высокий уровень технико-технологического развития с учетом влияния факторов внешней и внутренней среды.

Организационно-экономический механизм цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь

состоит из субъектов, объектов, институциональной системы, формирующей институциональную среду, которая выполняет регулирующие и корректирующие функции взаимодействия субъектов, факторов внешней и внутренней среды и предназначен для адаптивного масштабного преобразования традиционных производств обрабатывающей промышленности в высокотехнологичные и наукоемкие промышленные производства Республики Беларусь, как необходимого условия обеспечения конкурентоспособности национальной экономики и устойчивого развития страны.

К субъектам организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь относятся: производственные предприятия, объединения и организации национальной обрабатывающей промышленности, уполномоченные государственные органы Республики Беларусь (Министерства и Государственные комитеты), организации цифровой экосистемы, а также организации системной интеграции.

К объектам организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь относятся высокотехнологичные и наукоемкие виды промышленной продукции, производимой и реализуемой предприятиями обрабатывающей промышленности Республики Беларусь на внутреннем и внешнем рынках.

Внешними факторами, влияющими на развитие организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, являются:

- технико-технологические средства глобальных мегатрендов;
- спрос на высокотехнологичную и наукоемкую национальную промышленную продукцию на внутреннем и внешнем рынках;
- характер политических и экономических отношений;
- приоритетные глобальные направления и стратегии развития отраслевых конкурентов на межстрановом уровне;
- киберугрозы и др.

К внутренним факторам, препятствующим развитию организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, относятся:

- противостояния цифровым преобразованиям обрабатывающей промышленности (человеческий фактор);

- потенциальные угрозы социальной безопасности;
- ограниченные ресурсы предприятий обрабатывающей промышленности;
- низкий уровень инвестиционной привлекательности отрасли и т.д. [221].

Цели и задачи организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь определены следующими принципами: целенаправленность, системность, адаптивность, комплексность, инновационность, согласование интересов субъектов организационно-экономического механизма [223].

Эффективность механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и согласование интересов субъектов цифровой инфраструктуры находятся в корреляционной зависимости друг от друга, поскольку развитие приоритетных направлений национальной экономики и эффективность используемых в процессе реализации инструментов управления не действительны без создания благоприятных институциональных условий и формирования экономических стимулов цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь [229].

В организационно-экономическом механизме цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь предметное и первоочередное внимание уделено:

- корректировке и формированию институциональной среды, способствующей цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в условиях белорусской институциональной матрицы, которая не предполагает существенной децентрализации государственного управления;
- институциональным методам и инструментам, определяющим эффективность взаимодействий субъектов экономических отношений;
- целевым функциям интенсивности и эффективности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь как фактора повышения конкурентоспособности национальной экономики.

Структура организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (рисунок 3.1) включает три уровня:

- наднациональный;
- национальный;
- корпоративный.

Институциональная среда наднационального уровня организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь формируется на основе современного нормативно-правового института цифровой трансформации промышленности Евразийского экономического союза (далее ЕАЭС) (рисунок 3.1) и базируется на нормативных документах, принятых Высшим евразийским экономическим советом, Евразийским межправительственным советом, Евразийской экономической комиссией (ЕЭК), которые основаны на следующих стратегиях создания цифрового пространства ЕАЭС:

- общее видение, стратегия и политика для цифровой повестки ЕАЭС;
- укрепление «аналоговых» основ (управление и институты, правовые вопросы, навыки и предпринимательство);
- построение цифровой инфраструктуры и общих цифровых платформ;
- внедрение цифровых решений для отраслевой, межотраслевой и правительственной трансформации.

Институциональными инструментами, корректирующими и формирующими институциональную среду организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь на наднациональном уровне, служат:

- решения Комиссии и Коллегии ЕАЭС, законодательные акты, принятые Евразийской экономической комиссией;
- проекты соглашений о членстве Республики Беларусь в ВТО, а также соглашения о членстве в ВТО государств – партнеров ЕАЭС;
- соглашения о зонах свободной торговли, заключаемые отдельными партнерами по ЕАЭС и СНГ с третьими сторонами;

– акты Совета глав государств и Совета глав правительств СНГ.

Они разрабатываются по следующим двум направлениям: цифровая трансформация отраслей экономики ЕАЭС, в частности цифровая трансформация промышленности и «цифровая» генеральная повестка ЕАЭС, направленная на создание цифрового пространства, общего для государств – членов ЕАЭС.

При этом определен порядок приоритетов: 1) развитие нормативно-правовой базы ЕАЭС и гармонизация законодательства государств – членов ЕАЭС; 2) формирование единого цифрового пространства для увеличения взаимного товарооборота с внедрением электронной торговли; 3) расширение практики использования информационно-коммуникационных технологий для повышения эффективности трансграничного взаимодействия между органами государственной власти, хозяйствующими субъектами и физическими лицами; 4) разработка и реализация совместных проектов и программ, направленных на цифровую трансформацию экономик государств – членов ЕАЭС.

Разработанная структура организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (наднациональный уровень рисунок 3.1) содержит институциональные инструменты, взаимодействующие субъекты механизма, такие как:

- системы межведомственного взаимодействия стран;
- предприятия обрабатывающей промышленности;
- организации цифровой экосистемы (интеграционная цифровая платформа, интеграционные шлюзы, интеграционная цифровая сеть);
- функциональные и обеспечивающие системы.

С целью эффективного развития организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и обеспечения информационной поддержки со стороны интеграционного объединения, считаем целесообразным расширение доступа через интеграционный шлюз к цифровой интеграционной платформе для Министерства промышленности Республики Беларусь, Парка высоких технологий, Госу-

дарственного военно-промышленного комитета Республики Беларусь как ключевых субъектов организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь для усиления межведомственного равноправного взаимодействия и гармонизации институциональных инструментов. перечень общих процессов, процессами, обеспечиваемыми А существующий перечень процессов, обеспечиваемых интеграционной цифровой платформой, дополнить процессами осуществления цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в рамках интеграционного объединения ЕАЭС:

- использование в системе межведомственного взаимодействия Республики Беларусь баз данных документов, оформляемых уполномоченными органами государств – членов Евразийского экономического союза и Евразийской экономической комиссией;
- обеспечение электронного документооборота между государствами-членами евразийского экономического союза;
- формирование и использование общих информационных ресурсов (реестров, перечней, классификаторов) для поддержки деятельности таможенных органов государств – членов Евразийского экономического союза;
- обеспечение информационного взаимодействия в целях мониторинга и контроля производственных и таможенных процессов;
- информационное обеспечение в сфере технического регулирования (поддержка ведения классификаторов товаров, единой товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза и единого таможенного тарифа Евразийского экономического союза);
- информационное обеспечение процессов регулирования и контроля производства и обращения продукции обрабатывающей промышленности;
- информационное обеспечение контроля жизненного цикла изделий обрабатывающей промышленности;
- информационное обеспечение процессов, связанных с обменом информацией по вопросам налогообложения предприятий обрабатывающей промышленности, зачисления и распределения ввозных таможенных пошлин, свободного движения капитала;

- информационное обеспечение в сфере конкурентной политики и государственных закупок продукции обрабатывающей промышленности;
- информационное обеспечение в сфере таможенного тарифного и нетарифного регулирования на продукцию обрабатывающей промышленности;
- информационное обеспечение в сфере защиты внутреннего промышленного рынка.

Предлагаемый процессный подход к обеспечению организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь на наднациональном уровне предполагает дальнейшее развитие функциональных и обеспечивающих подсистем интеграционного объединения, которые должны включать:

- интеграционную цифровую платформу, обеспечивающую информационную связность формирующихся цифровых экосистем;
- нормативно-справочную базу реестров и регистров промышленных продуктов и сопроводительных документов;
- статистику и анализ межстрановых экономических показателей;
- управление проектами и программами;
- анализ рисков;
- историю судебного делопроизводства;
- специализированный документооборот;
- информацию о таможенном тарифном и нетарифном регулировании;
- возможность технического регулирования процессов;
- гарантии обеспечения информационной безопасности;
- проведение мониторинга и управления и др.

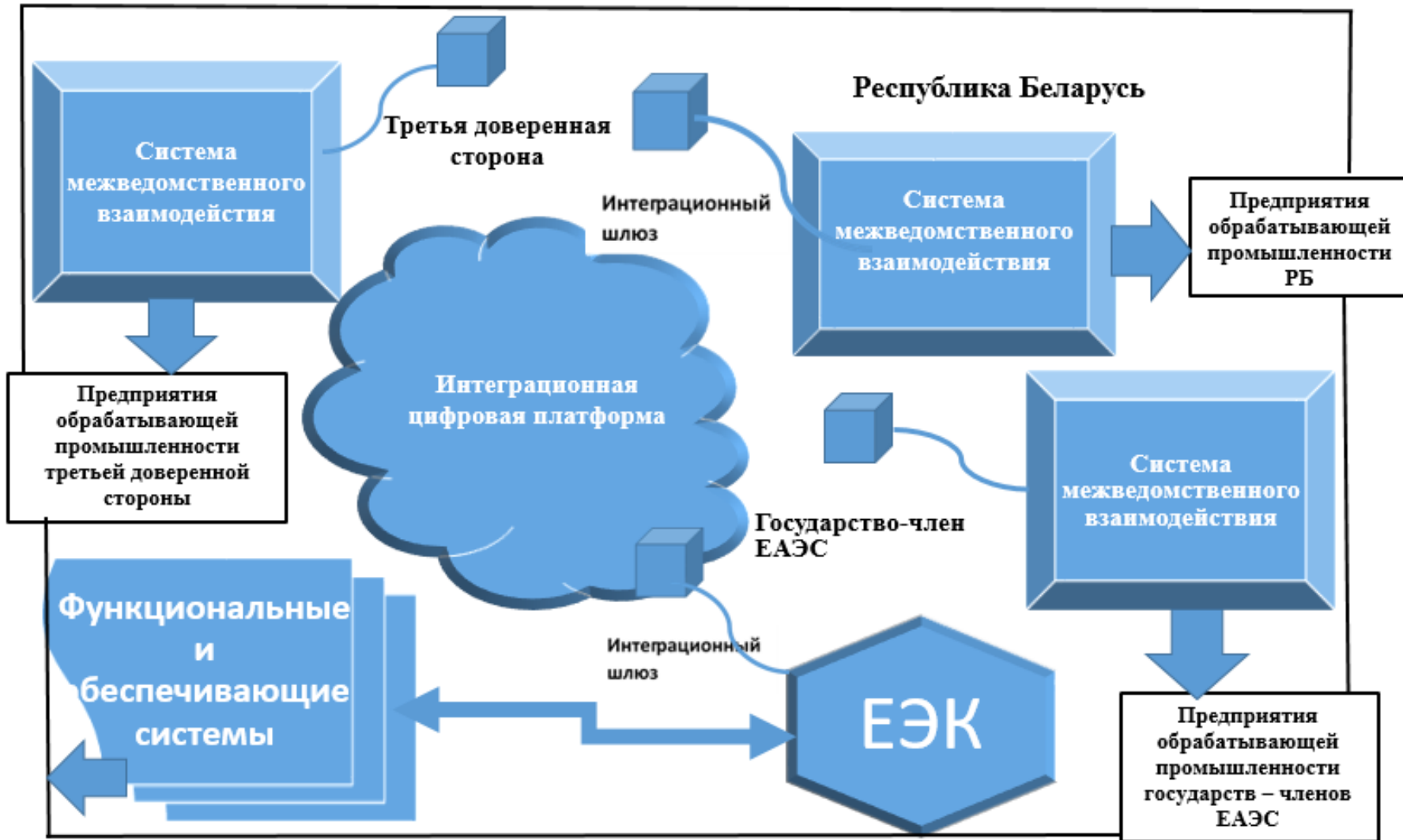


Рисунок 3.1. – Организационно-экономический механизм цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (наднациональный уровень)

Примечание – Источник: разработка И.А.Зубрицкой.

Информационное обеспечение организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и формирование институциональной среды, способствующей ее осуществлению на национальном уровне происходит путем обмена информацией с интеграционным объединением через интеграционный шлюз, который подключается к национальной системе межведомственного взаимодействия.

Институциональные инструменты организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь на национальном уровне коррелируют с институциональными инструментами наднационального уровня и распределены по группам в соответствии со спецификой их воздействия на социально-экономические отношения субъектов механизма:

- корректирующие и формирующие институциональную среду, способствующую цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь;
- утверждающие и распространяющие новые эффективные формы контрактов между субъектами;
- создающие и распространяющие новые эффективные формы взаимодействия между субъектами.

Эффективные формы взаимодействия между субъектами организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь рассматривается как сбалансированная система интересов государственных и частных предприятий, которые согласовываются с помощью институциональных инструментов государственного регулирования. В настоящее время государственное отраслевое регулирование и управление в сфере обрабатывающей промышленности Республики Беларусь разделено между Министерством промышленности и Государственным военно-промышленным комитетом. Основным фактором, препятствующим эффективному управлению на данном уровне, является совмещение в указанных структурах функций оперативного руководства отдельными субъектами отрасли обрабатывающей промышленности с функциями формирования институцио-

нальной среды и формирования национальной промышленной политики. Кроме этого в настоящее время государственные органы и организации, уполномоченные создавать цифровую экосистему в Республике Беларусь: Совет по развитию информационного общества при Президенте Республики Беларусь; Оперативно-аналитический центр при Президенте Республики Беларусь; Министерство связи и информатизации Республики Беларусь; Национальная академия наук Беларуси; Государственный военно-промышленный комитет Республики Беларусь; сеть базовых организаций по информатизации в соответствии со стратегией информатизации на 2016 – 2022 гг., нуждаются в усилении функциональных и институциональных связей.

Эффективное согласование экономических интересов государственных и частных промышленных предприятий при осуществлении цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь будет способствовать масштабному внедрению технико-технологических средств глобальных мегатрендов в производственную деятельность народного хозяйства и расширению высокотехнологического сектора промышленности за счет активизации государственно-частного партнерства посредством безвозмездной передачи государством в пользование предприятиям частной формы собственности, планирующим производство высокотехнологичной и наукоемкой продукции обобщенных модулей цифровой трансформации промышленности (софт) для малых и средних промышленных предприятий, а также путем перераспределения бюджетных ресурсов и льготного кредитования между субъектами обрабатывающей промышленности и др.

Для этого необходимо развитие существующих и формирование новых финансово-инвестиционных инструментов. К существующим основным институциональным финансово-инвестиционным инструментам Республики Беларусь можно отнести: Законы «Об инвестициях» и «О свободных экономических зонах», а также двусторонние межгосударственные договоры об избежании двойного налогообложения, двусторонние межгосударственные договоры о взаимном содействии в инвестиционной деятельности и др. Однако, следует заметить, что указанные нормативные законодательные акты гарантируют свободный вывод из страны доходов от использования

иностранного капитала и не содержат инструментов, стимулирующих приток прямых иностранных инвестиций в развитие экономики Республики Беларусь. Из ряда рассмотренных документов исключение составляет Декрет Президента Республики Беларусь «О создании дополнительных условий для осуществления инвестиций в Республике Беларусь», который конкретизирует вопросы заключения индивидуальных инвестиционных договоров в приоритетных сферах деятельности, являясь при этом, наиболее перспективным институциональным инструментом регулирования данной сферы. Тем не менее, приемы и методы определения приоритетов инвестирования четко не прописаны, а критерии отбора инвестиционных проектов с точки зрения их влияния на формирование сквозных цепочек создания добавленной стоимости высокотехнологичной и наукоемкой промышленной продукции, а также на консолидацию компетенций в отраслях национальной промышленности, четко не определены.

В настоящее время в Республике Беларусь роль институциональных инструментов генерирования профессиональных компетенций и диффузии знаний в области цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь с целью приращения добавленной стоимости высокотехнологичной и наукоемкой продукции в цепочке «НИР – НИОК(Т)Р – производство» являются Государственные программы научных исследований (ГПНИ) и Государственные научно-технические программы (ГНТП). Особое место в формировании институциональной среды, способствующей повышению эффективности национальной инновационной системы, а также осуществления цифровой трансформации отдельных отраслей промышленности принадлежит Государственным программам инновационного развития (ГПИР), стратегические сроки планирования которых совпадают с ГПНИ и ГНТП. Основное назначение ГПИР, как заявлено в законодательных документах, это создание новых и модернизация действующих производств. Таким образом, ГПИР, по сути, совмещает в себе институты инновационной и инвестиционной политики, подчиняющей республиканские и местные инновационные фонды, средства которых на конкурсной основе используются их распорядителями (отраслевыми министерствами) на финансирование проектов в рамках ГПИР. Кроме этого, часть средств отраслевых инновационных фондов распределяется между подведомственными организациями на финансирование текущих

НИОК(Т)Р, преимущественно связанных с созданием импортозамещающих технологий.

Возможные решения в области совершенствования инструментов генерирования новых профессиональных компетенций и диффузии знаний в области цифровой трансформации промышленности неразрывно связаны с инструментами инвестирования и исходят из того, что для предприятий обрабатывающих отраслей промышленности Республики Беларусь недостаточно сформулировать перечень требуемых компетенций к специалистам на той или иной позиции и предъявить их на рынок. Инженерные знания, а также уникальные цифровые компетенции должны быть сформированы под потребности высокотехнологичного и наукоемкого производства.

Наиболее очевидно, что в настоящее время основным сдерживающим фактором научного и научно-технического обеспечения производства обрабатывающей промышленности Республики Беларусь является недостаточный уровень его интеграции в сквозные цепочки создания добавленной стоимости, поэтому в структуре и взаимосвязях организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь предлагаются меры по нивелированию этого фактора за счет вовлечения предприятий обрабатывающей промышленности в интегрированные объединения (рисунок 3.1).

Так, в соответствии с результатами проведенных исследований Зубрицкой И. А. [238] в организационно-экономический механизм цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (рисунок 3.2) могут быть включены следующие институты, создающие институциональные условия для реализации цифровой трансформации:

– нормативно-правовой макроинститут экосистемы и цифровой трансформации промышленности в интеграционных объединениях: ЕАЭС, СНГ, формирующий институциональную среду макроуровня, рекомендуемый институциональные инструменты и цифровые стандарты взаимодействия государств – членов интеграционных объединений;

– национальный нормативно-правовой институт цифровой экономики Республики Беларусь государственного уровня, осу-

щественный регулятор процессов формирования институциональной национальной цифровой экосистемы, гармонизированной с нормативными документами цифровой трансформации промышленности, принятыми интеграционными объединениями и в соответствии с техническими стандартами интеграционной цифровой платформы;

– институт национальной промышленной политики, осуществляющий стратегическое планирование развития промышленности Республики Беларусь, координацию и стратегический контроль развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь;

– институт экономики цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, формирующий эффективные социально-экономические формы взаимодействия субъектов с целью обеспечения устойчивого социально-экономического развития страны;

– финансово-инвестиционный институт для обеспечения финансирования Государственной программы цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, привлечения в экономику страны иностранных инвестиций, их распределения и эффективного использования, а также для формирования благоприятного инвестиционного климата;

– организационно-управленческий институт цифровой трансформации промышленности для развития цифровой трансформации производственных процессов непосредственно на промышленных предприятиях, отраслевых организациях и формирования конкурентных преимуществ обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в долгосрочной перспективе (в частности для увеличения доли экспорта высокотехнологичных и наукоемких промышленных продуктов в общем объеме экспорта);

– институт генерирования и диффузии знаний и компетенций в области цифровой трансформации промышленности Республики Беларусь, объединяющий науку, промышленность и образование;

– платформа «Промышленные цифровые решения, обобщенные модули цифровой трансформации промышленности», объ-

единяющая научно-технические и цифровые компетенции для создания национальной базы цифровых промышленных решений и обобщенных модулей цифровой трансформации промышленности.

С целью формирования и внедрения национальных нормативных законодательных актов развития цифровой экономики Республики Беларусь в рамках институциональной интеграции в организационно-экономический механизм цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь включен Национальный нормативно-правовой институт цифровой экономики Республики Беларусь. Он обеспечивает гармонизацию наднациональных и национальных институциональных инструментов, регламентирующих развитие цифровой экосистемы, способствующей трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в условиях развития цифровой экономики, а также формирует национальную институциональные системы обеспечения экономической безопасности и противостояния киберугрозам.

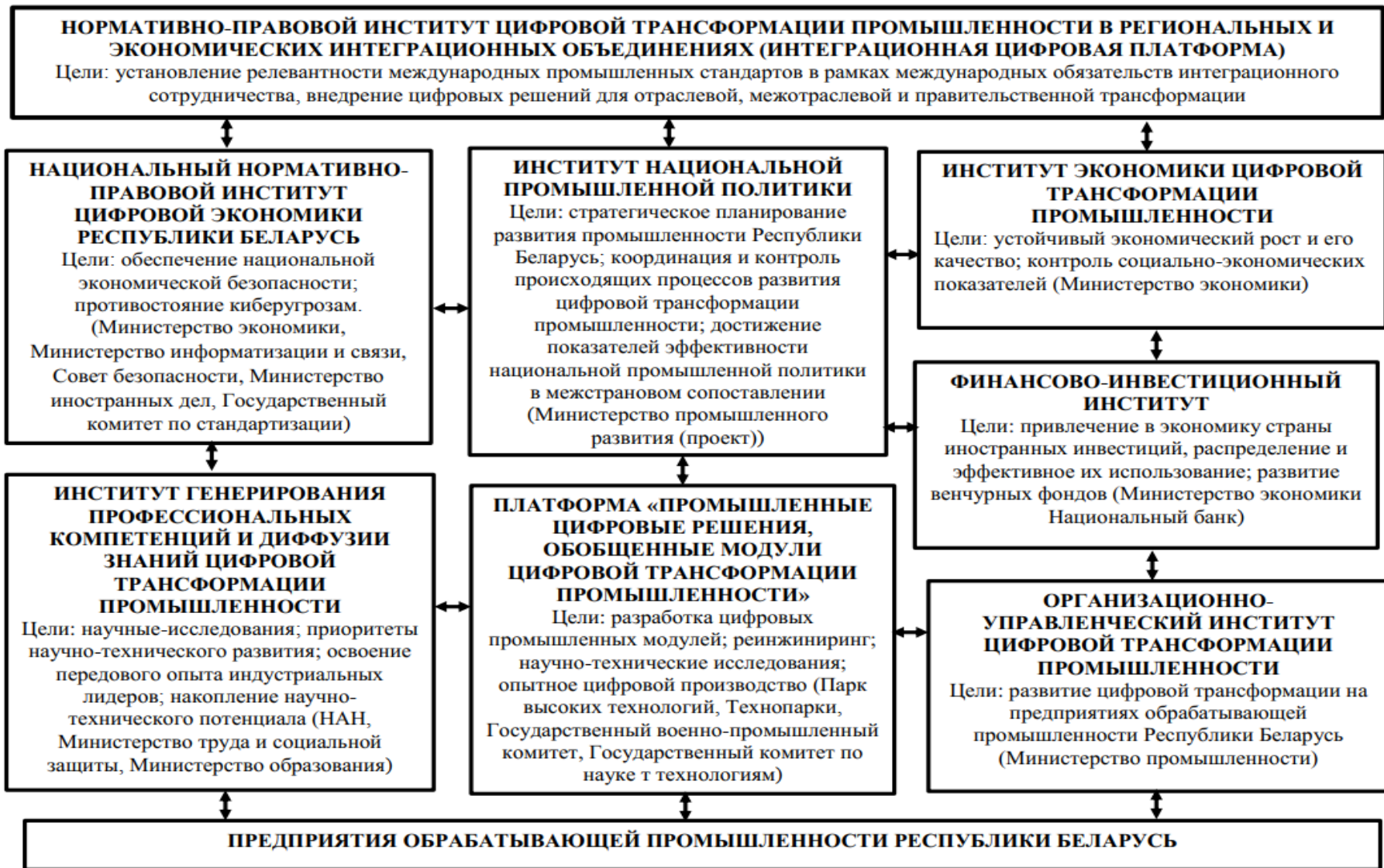


Рисунок 3.2. – Организационно-экономический механизм цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (национальный уровень)

Примечание – Источник: разработка И. А. Зубрицкой

С целью увеличения объемов экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции как фактора повышения конкурентоспособности национальной экономики, требуется расширение высокотехнологичных и наукоемких обрабатывающих производств. Более того, особую актуальность приобретает решение вопросов по преобразованию существующей институциональной среды в более адаптивную, которая должна способствовать интенсивному развитию цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь. Так, в существующей Программе развития промышленного комплекса Республики Беларусь на период до 2020 года и в перспективе в последующей программе должны быть определены стратегические цели национальной промышленной политики, приоритеты технико-технологического развития белорусской обрабатывающей промышленности, экономические показатели устойчивого роста отрасли, международные обязательства страны в рамках экономических интеграционных объединений, приоритеты национальной безопасности и взаимосвязи с цифровыми повестками Евразийского экономического союза и др. С учетом необходимости разработки национальной промышленной политики в условиях развития цифровой экономики, а также уточнения или разработки новой стратегии развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в условиях экономической интеграции, а также гармонизации национальной промышленной политики с промышленными политикой интеграционного объединения ЕАЭС, требуется формирование институционального комплексного гаранта обеспечения технико-технологического развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, который может быть определен, как национальный институт промышленной политики при условии законодательной поддержки национального нормативно-правового института

Таким образом, ключевым звеном организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, которое выполняет функции блока управления при сложной совокупности взаимосвязанных и взаимозависимых отношений между его субъектами с учетом влияния внешних и внутренних факторов и институциональной среды, является институт национальной промышленной политики, который обеспечивает стратегическое планирование, координацию и контроль цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в

условиях развития цифровой экономики. Он должен быть интегрирован в институциональную плоскость наряду с департаментом промышленной политики ЕАЭС, департаментами промышленности интеграционных объединений, включая СНГ, Министерством экономики и Министерством промышленности, Национальным банком, Министерством информатизации и связи, Министерством иностранных дел Республики Беларусь и Государственными комитетами.

На основании методов пространственного моделирования комплекс институциональных инструментов, формирующих нормативную основу национальной промышленной политики во взаимосвязях с внешней средой, можно формализовать в виде трехуровневой пирамиды, представляющей систему программно-целевых и регуляторных документов (рисунок 3.3).

Верхний уровень пирамиды образует «Стратегия развития промышленности Республики Беларусь», который является программно-целевым документом и обеспечивает интеграцию, синхронизацию и декомпозицию задач стратегического макроэкономического целеполагания на уровне национальной промышленности в целом и в разрезе ее отдельных отраслей, а также программ развития цифровой экосистемы промышленности в рамках институциональной интеграции. Основным целевым ориентиром отраслевой компоненты «Стратегии развития промышленности Республики Беларусь» является формирование в отрасли источников роста совокупной факторной производительности на основе генерирования и накопления уникальных и ключевых компетенций. Очевидно, что различия в источниках роста факторной производительности определяются ключевыми функциями, которые выполняет промышленное предприятие в сквозных цепочках создания добавленной стоимости промышленного продукта.

«Стратегия развития промышленности Республики Беларусь» содержит формулировки средне- и долгосрочных целей развития национальной промышленности, отдельных отраслей и промышленных комплексов, оценку ключевых факторов устойчивого роста и их возможное влияние на динамику отдельных промышленных отраслей и производств, оценку предполагаемого эффекта от выполнения постановлений и решений на наднациональном уровне, отраженных в нормативно-правовых документах, принятых промышленным департаментом Евразийской комиссии, а также влияние системных программных до-

кументов (Государственная программа цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, ГПНИ, ГПИР), принятых на национальном уровне.

Основные целевые индикаторы при этом формулируются с точки зрения совокупной факторной производительности, уровня научно-технических и цифровых компетенций, доли высокотехнологичной и наукоемкой продукции в добавленной стоимости и сравнительной эффективности инвестиций.

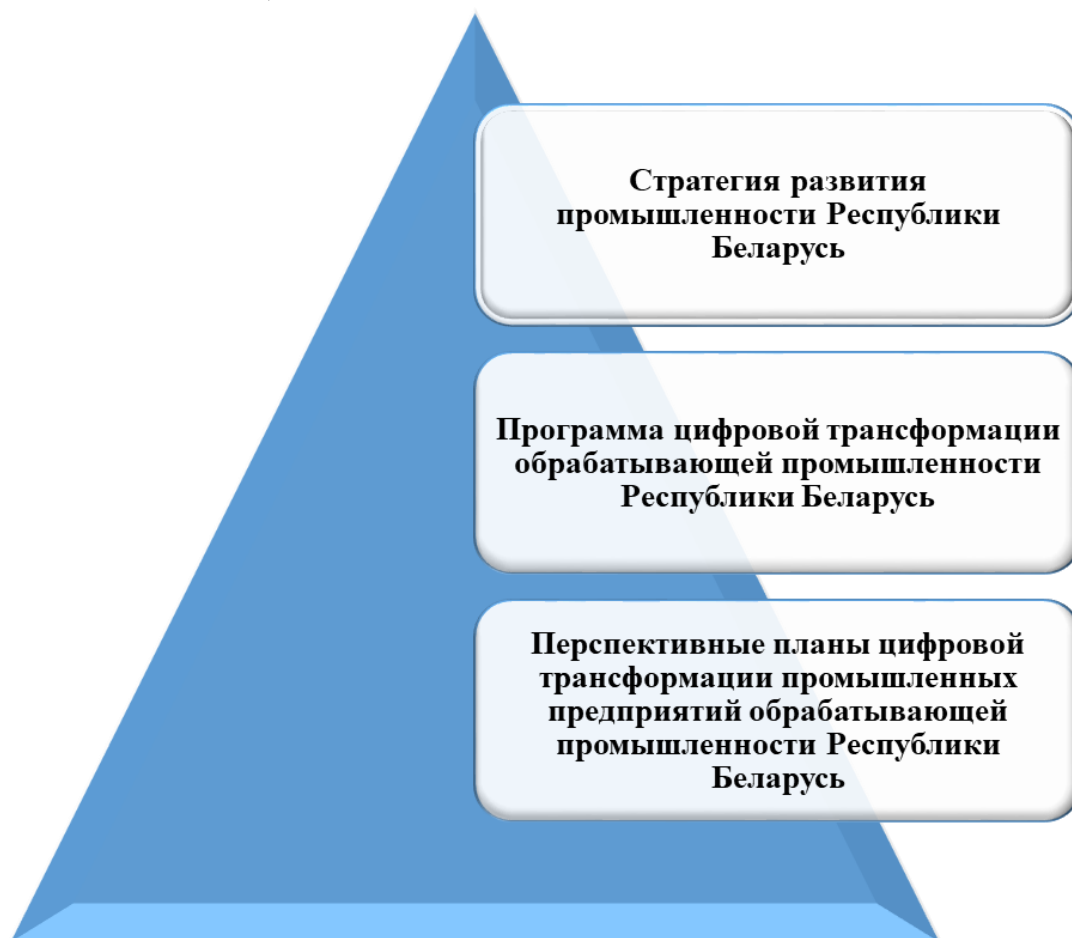


Рисунок 3.3. – Структура национальной промышленной политики

Примечание – Источник: разработка И. А. Зубрицкой

Второй уровень структуры представлен Программами цифровой трансформации промышленных отраслей, в том числе Программой цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, которые построены на международных стандартах цифровой трансформации промышленности с расстановкой приоритетов

внедрения технико-технологических средств по отраслям и на основании мониторинга мирового опыта индустриального развития. Каждая программа содержит определение основных (приоритетных) и сопутствующих целей на прогнозируемый краткосрочный период в разрезе индикаторов:

- конкурентные позиции отрасли на международном и внутреннем рынках;
- уровень накопленных научно-технических и цифровых компетенций;
- доля высокотехнологичной и наукоемкой продукции в добавленной стоимости отрасли;
- объем, структура и качество инвестиций в разрезе высокотехнологичных и наукоемких видов деятельности.

Третий уровень национальной промышленной политики предполагает разработку перспективных планов цифровой трансформации промышленных предприятий Республики Беларусь и задач для платформы «Промышленные цифровые решения и обобщенные модули цифровой трансформации промышленности», как симбиоза интерактивного взаимодействия информационно-коммуникационных, научных и научно-технических субъектов с производственными и образовательными организациями в рамках цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь по созданию готовых цифровых решений и обобщенных модулей в соответствии со стратегическими и тактическими задачами национальной промышленной политики.

Таким образом, институциональные инструменты национальной промышленной политики способствуют развитию цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, формированию Платформы «Промышленные цифровые решения, обобщенные модули цифровой трансформации промышленности» (рисунок 3.2), которая является интеллектуальным ядром организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь. На основании национальной промышленной политики, которая объединяет в решении поставленных задач ученых, программистов, промышленников и др., разрабатываются проекты промышленных цифро-

вых решений и готовых к внедрению обобщенных модулей цифровой трансформации промышленности. Цикл проекта: от постановки задачи – до внедрения бизнес-решения – достижения планируемого результата. Разработки платформы «Промышленные цифровые решения, обобщенные модули цифровой трансформации промышленности» предназначены для оперативного целенаправленного внедрения на производственных предприятиях обрабатывающей промышленности, являются стандартными и адаптивными киберфизическими архитектурами для традиционных видов промышленного производства (рисунок 3.4.). Принцип согласованной деятельности участников Платформы состоит в достижении результата, поставленного в программно-целевых документах национальной промышленной политики как разработки, внедрения обобщенных цифровых модулей и их эффективного использования в реальных производственных условиях. Руководство проектами Платформы может быть поручено Государственному военно-промышленному комитету Республики Беларусь, как ментору, имеющему опыт модернизации промышленных производств и соответствующие компетенции. С момента запуска проекта, являющегося частью Государственной программы цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, работы финансируются в рамках этой программы. Результаты проекта как промышленные цифровые решения и обобщенные модули цифровой трансформации промышленности становятся государственной интеллектуальной собственностью и могут быть коммерциализованы.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ (КОРПОРАТИВНЫЙ УРОВЕНЬ)



Рисунок 3.4. – Организационно-экономический механизм цифровой трансформации промышленного предприятия обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (обобщенный модуль цифровой трансформации)

Примечание – Источник: авторская разработка И. А. Зубрицкой

Особенностью киберфизических архитектур высокотехнологичного наукоемкого предприятия является оперативная подготовка и сопровождение процессов принятия управленческих решений на основании модулей искусственного интеллекта, интеллектуальных датчиков, адаптивного промышленного оборудования, модулей управления совокупными цифровыми инженерными знаниями, модулей всеобщего менеджмента качества и др. технико-технологических средств, представленных в таблице 1.5 первой главы и интегрированных в одну киберфизическую архитектуру промышленного предприятия, которая может быть интерактивно объединена с другими такими же, интегрированными в единую глобальную сеть, созданными на основании международных стандартов [221].

Таким образом, благодаря цифровой трансформации промышленности управление эффективностью деятельности цифрового предприятия представляет совершенно новую нетрадиционную интерактивную систему управления ресурсами предприятия на основании стандарта ERP – Enterprise Resours Planning и его аналогов, объединяющую традиционные методы управления: стратегическое планирование, оценку эффективности деятельности предприятия, финансовое и операционное планирование, аккумулярование отчетов и обратную связь от промышленного оборудования в виде отчетов о производственных процессах. Стандарт ERP за счет внедрения технико-технологических средств четвертой промышленной революции гармонизирован с инструментами искусственного интеллекта, машинообучения. Большие данные сегодня можно консолидировать и хранить в «облачном» хранилище, а промышленное оборудование и робототехника, объединенные в киберфизическую архитектуру, адаптивна. При этом первичные данные консолидируются в отчеты, которые аккумуляруются, хранятся и автоматически анализируются, время аналитики сокращается, сокращаются издержки производства вследствие тотального цифрового контроля, что способствует моделированию стратегического управления промышленным предприятием на долгосрочную перспективу. Таким образом, в отличие от автоматизированных систем управления производством, которые объединяли в сеть трудовые ресурсы, появляется возможность планирования и организации цепочки создания добавленной стоимости промышленного продукта, [224], имеющей в своем составе объединенную систему трудовых и технических ресурсов,

имеющую интеллектуальную киберфизическую компоненту, результат анализа свойств которой, позволяет сформировать модули диагностики эффективности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

В соответствии со стандартами Международной ассоциации производителей систем управления производством информационные автоматизированные MES – системы (производственно – исполнительные системы MES – Manufacturing Execution System и их аналоги), которые расширяют возможности ERP (и ее аналогов), предназначены для цифрового оперативного контролирования состояния производственных ресурсов предприятия, их планирования и хранения, а также оптимального использования, оперативного управления производством при подключении в систему станков с УЧПУ прецизионной точности, технологических 3D-принтеров и интеллектуальных датчиков на уровне цеха, участка, производственной линии. При этом исполнительная информационно-производственная система выполняет диспетчеризацию производственных задач и обеспечивает контроль выполнения текущих производственных показателей, а также осуществляет управление первичным документооборотом, хранением и передачей первичных данных.

В итоге цифровой трансформации подвергаются производительные силы и отношения при трансформации производственных систем управления документооборотом, качеством, персоналом. В свою очередь производственно-исполнительные системы MES – Manufacturing Execution System и их аналоги могут быть объединены с автоматизированными информационными системами цеховых процессов SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition и их аналогами, системами управления жизненным циклом промышленного продукта PLC – Product Life Cycle и его аналогами и т.д. В результате пошагово выстраивается высокотехнологичное, наукоемкое промышленное предприятие в целостной киберфизической архитектуре при постоянном инжиниринге ресурсов на базе использования международных стандартных цифровых протоколов.

С целью финансирования Государственной программы цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, создания гибкого механизма распределения средств из государственного бюджета, республиканского централизованного и

местных инновационных фондов в проекты цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, а также для определения порядка приоритетности инвестирования необходим финансово-инвестиционный институт, осуществляющий экономическую и финансовую поддержку цифровой трансформации промышленности в соответствии с национальной промышленной политикой.

Представляется целесообразным сформировать финансово-инвестиционный институт (проект), проводящий экспертную оценку обобщенных модулей цифровой трансформации обрабатывающей промышленности как инвестиционных проектов с участием иностранного капитала на предмет определения влияния проекта на развитие собственной научно-исследовательской и технико-технологической базы Республики Беларусь. Кроме того, проекты помимо стандартной экономической экспертизы должны проходить оценку с точки зрения реализации в них принципов устойчивого развития национальной промышленности. Результаты подобной двухступенчатой комплексной экспертизы, проводимой независимыми экспертными советами на уровне правительства, предлагается напрямую использовать при определении возможных режимов налоговых и таможенных преференций на промышленные высокотехнологичные, наукоемкие продукты, а также условия по их продвижению на международный рынок.

Таким образом, инвестиционные соглашения как основной и наиболее действенный инструмент точечного привлечения иностранного капитала должны исходить из интересов национальной экономики в сфере формирования и накопления уникальных инженерных и цифровых компетенций, прежде всего, в высокотехнологичных, наукоемких видах экономической деятельности посредством расширения и наполнения локальных звеньев сквозных цепочек создания добавленной стоимости, в также организацией диффузии в страну готового инженерного и цифрового знаний и формирования национального научно-технического потенциала.

С целью масштабного расширения сектора высокотехнологичных и наукоемких производств и увеличения объемов экспорта конкурентоспособной высокотехнологичной и наукоемкой национальной продукции ключевая роль в исполнительской части организаци-

онно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь отведена организационно-управленческому институту цифровой трансформации промышленности (рисунок 3.2.). В его распоряжении находятся институциональные инструменты третьего уровня национальной промышленной политики и отведена роль организатора внедрения разработок платформы «Промышленные цифровые решения, обобщенные модули цифровой трансформации промышленности» в промышленные традиционные производства в соответствии с разработанными проектами киберфизических архитектур.

Так, организационно-управленческий институт цифровой трансформации промышленности, руководствуясь национальной промышленной политикой, институциональными инструментами внедрения цифровых решений и обобщенных модулей цифровой трансформации промышленности, предназначен для координации процессов внедрения и поддержания системы международных цифровых стандартов взаимодействия высокотехнологичного промышленного производственного оборудования, коммуникационных систем, искусственного интеллекта, глобальных компьютерных сетей и высокопрофессионального трудового ресурса, способного управлять большими объемами данных и обеспечить новые подходы к управлению промышленным предприятием.

В соответствии с национальной промышленной политикой институциональными инструментами генерирования профессиональных компетенций и диффузии знаний в области цифровой трансформации промышленности являются программы подготовки инженерных кадров, владеющих киберфизическими навыками и цифровыми компетенциями, а также и контракты на переподготовку кадров и приобретения необходимой квалификации специалистами для работы в условиях цифрового производства за рубежом.

В процессе реализации организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь институтом экономики цифровой трансформации промышленности контролируются и анализируются входные и выходные экономические параметры, а также индикаторы идентификации интенсивности и эффективности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь. Показатели производственной деятельности предприятий обрабатывающей

промышленности Республики Беларусь, модернизированных в процессе внедрения цифровых решений и обобщенных модулей цифровой трансформации промышленности и связанных в цепочки создания добавленной стоимости, аккумулируются и обрабатываются институциональными инструментами Института экономики цифровой трансформации промышленности в рамках организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (рисунок 3.2).

На основании результата анализа Международных рекомендаций по статистике промышленности UNIDO, Статистического Комитета СНГ, Национального статистического комитета Республики Беларусь, целям устойчивого развития определены показатели, рекомендуемые и используемые в статистических сборниках. Таким образом, мониторинг влияния цифровой трансформации осуществляется по следующим контрольным срезам и соответствующим им показателям, которые приведены в таблице 3.1:

- экологическому;
- экономического и промышленного роста;
- эластичности занятости населения;
- экспортно-импортному;
- концентрации, диверсификации производства и экспорта;
- диверсификации, качества и потенциалу экспорта;
- производственно-экспортному;
- интенсивности индустриализации т.д.

Таблица 3.1 - Контрольные срезы по ключевым показателям, характеризующим эффективность производственно-экспортной деятельности предприятий обрабатывающей промышленности Республики Беларусь при развитии цифровой трансформации

№ п/п	Контрольный срез	Экономический показатель, формула (тыс. тонн / долл. США)
1	2	3
1	Экологический	1.1 Промышленные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (всего по видам выбросов) 1.2 Промышленные выбросы на единицу ВДС обрабатывающей промышленности 1.3 Промышленные выбросы в атмосферу по видам загрязняющих веществ в расчете на 1000 чел. населения, на 1000 км ² территории
2	Экономического и промышленного роста	2.1 Доля ДС обрабатывающей промышленности (по видам экономической деятельности) в ДС промышленности страны, в процентах 2.2. Темпы роста ДС (Т _{ДС}) обрабатывающей промышленности (по видам экономической деятельности), в процентных пунктах к предыдущему году
3	Эластичности занятости населения	3.1 Доля занятых в обрабатывающей промышленности (по видам экономической деятельности) в общей занятости в стране, (процентов) 3.2 Темпы роста занятости в обрабатывающей промышленности (по видам экономической деятельности), процентные пункты к предыдущему году
4	Экспортно-импортный	4.1 Структура экспорта и импорта продукции обрабатывающей промышленности (по видам экономической деятельности, процентов) 4.2. Темпы роста экспорта и импорта (по видам экономической деятельности), процентные пункты к предыдущему году
5	Производственно-экспортный	5.1 Добавленная стоимость (ДС) обрабатывающей промышленности на душу населения (удельные ед.) 5.2 Экспорт продукции обрабатывающей промышленности на душу населения (удельные ед.)
6	Диверсификации (концентрации) производства и экспорта высокотехнологичных и наукоемких отраслей	$I_{ДК} = \sum_{i=1}^N (ДС_i)^2,$ <p>где $I_{ДК}$ – индекс диверсификации и концентрации; $ДС_i$ – доля ДС (экспорта) высокотехнологичного и наукоемкого i-ого производства, (продукции i-ого производства) в общей ДС (общем экспорте) высокотехнологичной и наукоемких отраслей; N – общее число выборки высокотехнологичных и наукоемких отраслей; минимальный уровень диверсификации в исследовании $\frac{1}{N} = \frac{1}{8} = 0,125;$ индекс принимает значения от 0,125 до 1, определяет диапазон от наиболее высокой диверсификации до наибольшей концентрации ВДС и экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции.</p>

№ п/п	Контрольный срез	Экономический показатель, формула (тыс. тонн / долл. США)
1	2	3
7	Структурной диверсификации экспорта	$I_{дэ} = 1 - \left(\frac{D_{эопс} - D_{эопи}}{2} \right)$ <p>где $I_{дэ}$ – индекс структурной диверсификации экспорта продукции обрабатывающей промышленности;</p> <p>$D_{эопс}$ – доля обрабатывающей промышленности в общем стоимостном объеме экспорта промышленности страны;</p> <p>$D_{эопи}$ – доля экспорта продукции обрабатывающей промышленности страны в общем стоимостном объеме экспорта интеграционного объединения</p> <p>Индекс структурной диверсификации экспорта продукции обрабатывающей промышленности позволяет оценить структуру экспорта продукции обрабатывающей промышленности страны с учетом одновременных изменений в структуре экспорта обрабатывающей промышленности интеграционного объединения</p>
8	Технологического уровня экспорта	$I_{тэ} = \frac{D_{эвн} + D_{эопс}}{2},$ <p>где $I_{тэ}$ – индикатор технологического уровня экспорта;</p> <p>$D_{эвн}$ – доля экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции в экспорте обрабатывающей промышленности (всего, по видам экономической деятельности), процентов;</p> <p>$D_{эопс}$ – доля экспорта продукции обрабатывающей промышленности в общем экспорте страны, (всего, по видам экономической деятельности), процентов</p>
9	Потенциал экспорта	$TR_{эвн} = \left(\frac{\mathcal{E}_{внт}}{\mathcal{E}_{вн(t-n)}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1,$ <p>$TR_{эвн}$ – среднегодовые темпы роста экспорта продукции высокотехнологичной и наукоемкой продукции, процентов;</p> <p>$\mathcal{E}_{внт}$ – экспорт высокотехнологичной и наукоемкой продукции обрабатывающей промышленности на конец отчетного периода;</p> <p>$\mathcal{E}_{вн(t-n)}$ – экспорт высокотехнологичной и наукоемкой продукции обрабатывающей промышленности (всего, по видам экономической деятельности)</p> <p>n – длительность отчетного периода (число лет)</p>
10	Интенсивности индустриализации	$I_{и} = \frac{ДС_{вн} + D_{оп}}{2},$ <p>где $I_{и}$ – индикатор интенсивности индустриализации;</p> <p>$ДС_{вн}$ – доля ДС высокотехнологичной и наукоемкой продукции в ВДС, процентов;</p> <p>$D_{оп}$ – доля обрабатывающей промышленности в ВДС страны</p>
11	Технологическая структура ВДС: масштабы, интенсивность роста, вклад.	<p>Структура ВДС страны по уровням технологичности производства (низкотехнологичного, средне-, высокотехнологичного и наукоемкого), процентов;</p> <p>Структура ДС обрабатывающей промышленности по уровням технологичности производства (низкотехнологичного, средне-, высокотехнологичного и наукоемкого), процентов</p>

№ п/п	Контрольный срез	Экономический показатель, формула (тыс. тонн / долл. США)
1	2	3
12	Трудоемкости	$I_{\text{тр}} = \frac{T_{\text{ДС}t}}{T_{\text{з}t}},$ <p>где $T_{\text{з}t}$ – среднегодовой темп роста занятости в обрабатывающей промышленности (всего, по видам экономической деятельности) в период t $T_{\text{ДС}t}$ – среднегодовой темп роста ДС обрабатывающей промышленности (всего, по видам экономической деятельности) в период t</p>

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А. на основании [190]

В соответствии с целями устойчивого экономического развития производится оценка влияния цифровой трансформации на уменьшение промышленных выбросов загрязняющих веществ, занятости населения, увеличение высокотехнологичных и наукоемких видов экономической деятельности, соответствие качества промышленной продукции международным стандартам. На основании межстрановых сопоставлений уровня технологического развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, а также сравнения международных индексов конкурентоспособности обрабатывающей промышленности по доле экспорта высокотехнологичной и наукоемкой промышленной продукции формируются модули диагностики интенсивности и эффективности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь. Так, например, динамика структурной диверсификации экспорта обрабатывающей промышленности $I_{\text{дэ}}$ свидетельствует о различиях в структуре экспорта продукции страны и региональной структуре экспорта во времени. Отрицательный тренд значений $I_{\text{дк}}$ свидетельствует о снижении уровня диверсификации экспорта и удаление структуры экспорта страны от структуры регионального экспорта. А оценка трудоемкости индустриализации в стране, (в таблице 3.1 приведенная, как эластичность занятости), например, равная единице и выше, показывает доминанту в структуре валовой добавленной стоимости трудоемких производств. Отрицательные же значения эластичности занятости свидетельствуют о расширении обрабатывающей промышленности, которая сопровождается сокращением занятости, а интенсивный рост занятости одновременно со снижением ВДС, следует определять, как непродуктивный.

Обратная связь поступает в институт национальной промышленной политики, где проводится стратегический анализ эффективности промышленной политики и вносятся необходимые корректировки по целевым критериям развития организационно-экономического механизма. Предлагаемые модули диагностики эффективности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности позволяют выявить и устранить на промежуточном этапе проблемные области развития организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, а также повысить эффективность используемых методов и инструментов и, если необходимо, внести обоснованные своевременные коррективы в развитие цифровой трансформации.

Кроме этого, в организационно-экономическом механизме используется результат анализа показателей инновационной и научно-технической деятельности, применяемых в Республике Беларусь совместно с показателями цифровой трансформации промышленности международных рейтингов, вероятнее всего, приводящий к выводу о возможности оценки зависимостей этих показателей как показателей производственной функции с независимой компонентой – совокупной факторной производительностью, определяющей эффективность использования всех производственных ресурсов.

Таким образом, исходя из цели развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, а также текущих параметров ее функционирования, установлено, что приоритетная роль в формировании организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь на данном этапе отводится формированию института национальной промышленной политики. С одной стороны, он выполняет интегрирующую функцию, обеспечивая, постановку и реализацию стратегических целей развития отраслей национальной промышленности, определяемых институтами макроэкономического регулирования. С другой стороны, задачей института национальной промышленной политики является установление обратной связи между отраслевыми рынками и институтами международной торговли, которые относятся к внешней части механизма. Прежде всего, речь идет об их адаптации к изменяю-

щимся условиям внешней рыночной среды в процессе формирования и реализации конкурентных преимуществ национальной экономики.

Обратная связь в организационно-экономическом механизме цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь обеспечивается посредством модулей диагностики интенсивности и эффективности цифровой трансформации промышленности обрабатывающей, оценки уровня конкурентоспособности по отношению к конкурентам на международном промышленном рынке.

Кроме этого, институциональные преобразования в обрабатывающей промышленности Республики Беларусь должны обеспечивать организацию рационального взаимодействия крупных, средних и малых хозяйствующих субъектов отрасли различных форм собственности, достигая единую цель, объединенные институтом национальной промышленной политики, осуществляющим вышеописанные функции в части:

- координации действий субъектов, позволяющей снизить издержки развития отрасли;
- перераспределения ресурсов, издержек, прибылей;
- проведения взвешенной политики создания крупных государственных предприятий цифровой промышленности, используя при этом уже имеющиеся традиционные производственные структуры;
- взаимодействия в рамках интеграционного сотрудничества с ведущими индустриальными лидерами, применяющими технико-технологические средства четвертой промышленной революции в производстве;
- формирования экспортной направленности, чему в значительной степени способствует диффузия научно-технических и цифровых компетенций, навыков и знаний по внедрению технико-технологических средств четвертой промышленной революции

Развитие цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь требует действующих социально-экономических инструментов, целевых программ межотраслевого перераспределения человеческого капитала, программ занятости населения, а также мероприятий, формирующих систему сильного

руководства промышленными предприятиями – только оно может быть движущей силой киберфизических преобразований производственных процессов с целью увеличения экспортной компоненты в объемах реализации высокотехнологичной и наукоемкой промышленной продукции. Также потребуется четкое понимание и исполнение руководителем предприятия определенного алгоритма, а также выполнения методики пошаговой реализации организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленного предприятия, представляющего собой матрицу «Стратегические цели – технико-технологические средства – результаты» [218] для инновационного руководителя.

В качестве базиса очередности этапов реализации организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь использовались принципы и методы процессного подхода: планирование – организация – мотивация – контроль.

Для обеспечения процесса формирования постановки стратегических задач на момент составления стратегического плана цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, формализации ожидаемых результатов, необходим анализ существующего уровня технико-технологического развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, идентификация масштаба и темпов цифровой трансформации промышленных предприятий, проведение STEP – анализа и SWOT – анализа обрабатывающей промышленности.

Так, реализация организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь представляет собой цикл связанных между собой семи основных этапов.

Первый этап – планирование, в процессе которого определяются цели национальной промышленной политики, разрабатываются и утверждаются государственные программы цифровой трансформации, другие системно-целевые документы, а также конкретизируются ожидаемые результаты.

Второй этап – разработка и проектирование цифровых решений и обобщенных модулей цифровой трансформации, соответствующих институциональным и технико-технологическим требованиям,

проведение тестирования проектных решений, опытно-конструкторских, подготовительных, пуско-наладочных работ, в процессе которых происходит непосредственное цифровое преобразование промышленного предприятия (отрасли), цифровая трансформация производственных процессов.

Третий этап – подготовка и обучение персонала управлению высокотехнологичным и наукоемким производством.

Четвертый этап – внедрение промышленных цифровых решений, обобщенных модулей цифровой трансформации промышленности на предприятиях обрабатывающей промышленности, пробное производство. Этапы реализации цифровой трансформации традиционных производств обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в высокотехнологичные и наукоемкие может осуществляться в условиях непрерывной деятельности предприятия с использованием международных стандартов организации интерактивной структуры (киберфизической архитектуры предприятия). Такая структура предприятия представляет собой сетевое взаимодействие цифровых систем на базе CALS-технологий посредством информационной сети, объединяющей рабочие места, ресурсы и устройства внутри предприятия с возможностью цифрового обмена данными с экосистемой цифровой трансформации промышленности страны и интеграционных объединений и международных организаций: ЕАЭС, СНГ, ВТО и др. в целях достижения стратегических результатов предприятия и промышленной отрасли в целом.

Пятый этап – реализация цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь – массовое масштабное внедрение в производство обобщенных модулей цифровой трансформации промышленности. При этом должен осуществляться необходимый контроль и управление внедрением при помощи системы контроллинга с использованием экономико-статистических методов и разработанных карт процессов производства с экономико-статистическими показателями цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

Шестой этап – контроль выполнения поставленных целей с проведением экономического анализа и измерением полученных промежуточных результатов.

На шестом этапе проводится оценка влияния цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь на

национальную конкурентоспособность в долгосрочной перспективе. В связи с этим, выбраны макроэкономические и отраслевые показатели контроля динамики технологического уровня производства. Оценка влияния цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь на основные экономические показатели будет являться полной только в межстрановом сопоставлении. С целью мониторинга ключевых показателей производственной деятельности обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, как промежуточных результатов развития организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и оценки ее влияния на формирование конкурентных преимуществ, определен ряд экономических показателей по рекомендациям UNSTAT (таблица 3.1), которые основаны на показателях, формирующих индекс конкурентоспособности промышленности международного рейтинга UNIDO [190].

Седьмой этап – коррекция, когда на основе проверенных результатов принимаются управленческие решения в части изменения выполнения непрерывного цикла для достижения поставленных целей.

При этом стоит отметить, что значительное влияние на развитие организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь оказывают переменные факторы внешней и внутренней среды. Таким образом, построение необходимой обратной связи, которая обеспечивается посредством методики идентификации масштаба и интенсивности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и ее влияние на формирование и реализацию конкурентных преимуществ, достигается на основании данных, которые аккумулируются в модулях диагностики эффективности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности и используются при расчетах ключевых экономических показателей, предназначенных для принятия управленческих решений.

Как показал результат экономический анализа мирового опыта внедрения технико-технологических средств четвертой промышленной революции, промышленные предприятия, имеющие опыт внедрения инновационных технико-технологических средств четвертой промышленной революции – это мировые индустриальные лидеры, которые экспериментируют и получают глобальные конкурентные преимущества от цифровой трансформации. Благодаря этому организации

быстро адаптируются к изменяющимся рыночным условиям. Повышение производственной гибкости, адаптивности промышленного предприятия формирует возможность оперативного реагирования на сигналы изменения условий промышленного рынка, в том числе появляется возможность удовлетворения индивидуальных потребностей промышленного потребителя в рамках массового производства. Тем не менее в части, касающейся развития институциональных инструментов государственного экономического управления, а также для разрешения существующих в настоящее время конфликтов интересов государственного регулирования и оперативного управления государственной собственностью предлагается поэтапная трансформация отраслевых органов оперативного управления в органы секторального стратегического управления, концентрирующие в себе функции развития институциональной среды, способствующей цифровой трансформации промышленности как фактора повышения конкурентоспособности национальной экономики.

В частности, для формирования единой национальной промышленной политики подобные функции, на наш взгляд, целесообразно сосредоточить в принципиально новой структуре – Министерстве национальной политики и устойчивого промышленного развития, а оперативное управление полностью передать на уровни субъектов хозяйствования в организационно-управленческий институт.

Формирование методических рекомендаций по реализации организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и проведению оценки влияния цифровой трансформации промышленных производственных процессов на повышение национальной конкурентоспособности предполагает разработку ряда методик, которые должны обеспечить методологическую основу развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь. Формирование методических рекомендаций планируется проводить в следующем логическом порядке:

- 1) Разработка методики оценки уровня развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь;
- 2) Разработка методики по диагностике эффективности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь;

3) Разработка методики по оценке взаимодействия системы институтов цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, образующих институциональную среду и цифровую экосистему, способствующую повышению эффективности цифровых преобразований;

4) Разработка мероприятий по развитию уникальных компетенций и генерированию новых инженерных навыков и цифровых знаний для развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь;

5) Разработка мероприятий по своевременной адаптации предприятий обрабатывающей промышленности Республики Беларусь к проблемам социальной безопасности, а также изменяющимся условиям глобальной внешней среды [217, 218].

Далее предложены к рассмотрению и обсуждению разработки методик оценки уровня развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и диагностики ее эффективности.

3.2 Технико-технологическая готовность к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь: оценка и перспективы внедрения

В процессе цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь важен контроль промежуточных результатов, влияющих на принятие оперативных управленческих решений. Поэтому формирование методического обеспечения оценки экономических показателей, таких как уровень развития, интенсивность и эффективность цифровой трансформации обрабатывающей промышленности является актуальной задачей построения «магистральной» («дорожной карты») повышения конкурентоспособности белорусской обрабатывающей промышленности в условиях развития национальной цифровой экономики.

Оценка готовности к цифровой трансформации как подготовительный этап реализации организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и предназначена для определения технико-технологического уровня:

- промышленного предприятия (корпоративный уровень) в сопоставлении с уровнем прошлого отчетного периода;
- отрасли обрабатывающей промышленности (мезоуровень) в сопоставлении с прошлым отчетным периодом и в межстрановом сопоставлении с прямыми отраслевыми конкурентами;
- национальной обрабатывающей промышленности в разрезе международного масштаба (национальный уровень);
- страны в сопоставлении с индексами технико-технологического развития стран в международных рейтингах (наднациональный уровень).

Цель проведения оценки: ранжировать предприятия обрабатывающей промышленности Республики Беларусь по уровням технико-технологической готовности к цифровой трансформации в соответствии с целевыми показателями стратегии развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь по следующим критериям:

- готовность промышленных предприятий для внедрения интеллектуальных датчиков в оборудование и производственные линии;
- возможность перехода на интеллектуальное производство и массовое внедрение роботизированных технологий;
- обеспечение условий для хранения больших объемов информации (больших данных) и проведения вычислений с использованием собственных информационно-коммуникационных мощностей и облачных технологий;
- возможность осуществления сквозной автоматизации и интеграции производственных и управленческих процессов в единую информационную систему;
- потенциал для расширения возможностей использования структурированной и неструктурированной информации для формирования аналитики;
- необходимость и достаточность условий для перехода на обязательную оцифрованную техническую документацию и электронный документооборот;
- степень проведения цифрового проектирования и моделирования технологических процессов, объектов, изделий на всем жизненном цикле от идеи до эксплуатации (применение инженерного программного обеспечения);

- применение технологий наращивания материалов взамен среза («аддитивные» технологии, 3D-принтинг);
- применение цифровых сервисов по автоматическому заказу расходных материалов и сырья для производства продукции и автоматической поставке готовой продукции потребителю;
- применение беспилотных технологий в транспортных системах для доставки промышленных товаров;
- применение мобильных технологий для мониторинга, контроля и управления производственных процессов;
- переход на реализацию промышленных товаров через Интернет и т.д.

Методологической основой для разработки оценки готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь стали научные труды отечественных [176 – 179, 193, 203, 208] и зарубежных экономистов и аналитиков [183 – 189], содержащие результаты исследования существующих международных рейтингов цифрового развития и выявляющие закономерности экономического роста и глобальной конкурентоспособности [187]. Источниками эмпирических данных для проведения оценки готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь выбраны данные государственных законодательных актов, статистические отчеты Национального статистического комитета Республики Беларусь, результаты международных рейтингов [161 – 163, 165 – 171]. Проанализированы действующие белорусские методики исследования информатизации общества Республики Беларусь [172], методики оценки инновационной активности, инструкция по проведению инновационно-технологического мониторинга организаций [173].

Для определения критериев оценки и формирования перечня технико-технологических средств, использование которых в производственных процессах предприятия свидетельствуют о степени его готовности к цифровой трансформации промышленности, был использован результат анализа мирового опыта цифровой трансформации промышленности. С целью определения наиболее значимых показателей, характеризующих этапы развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности, проанализированы показатели международных рейтингов глобальной конкурентоспособности, цифровой экономики и глобального технико-технологического развития.

Выборка международных рейтингов осуществлялась по следующим критериям:

- использование технико-технологических средств четвертой промышленной революции в бизнесе и промышленности (электронный документооборот, интернет-банкинг, интернет-торговля, интернет-маркетинг, облачные вычисления и др.);
- развитие человеческого капитала и использование информационно-коммуникационных технологий;
- качество цифровой экосистемы и широкополосного интернет-доступа;
- влияние технологического уровня развития на конкурентоспособность.

В результате отобраны следующие международные рейтинги:

1) Глобальный индекс конкурентоспособности 4.0 (The Global Competitiveness Index 4.0) Всемирного экономического форума (ВЭФ), который отражает масштабы и сложность факторов производительности и конкурентоспособности и включает в себя четыре раздела: человеческий капитал, инновации, устойчивость и гибкость. Индикаторы, формирующие индекс, сгруппированы в 12 основных компонент. К ним относятся:

- Институты;
- Инфраструктура;
- Внедрение ИКТ;
- Макроэкономическая стабильность;
- Здоровоохранение;
- Квалификация;
- Товарный рынок;
- Рынок труда;
- Финансовая система;
- Размер рынка;
- Динамика бизнеса;
- Инновационный потенциал [165].

В результате проведения сравнительного анализа факторов долгосрочной конкурентоспособности в течение сорока лет, Всемирный экономический форум в 2018 году вводит новый Глобальный индекс конкурентоспособности 4.0, наполненный аналитикой о формирующихся

контурах новой экономики и общества в контексте четвертой промышленной революции. Составив подробную карту ландшафта конкурентоспособности 140 стран, новый Глобальный индекс конкурентоспособности 4.0 основан на мировом опыте и результатах глобального анализа и способствует в решении важнейших возникающих вопросов конкурентоспособности в современном экономическом, политическом, технологическом и социальном контексте.

2) Индекс промышленного развития (IDS), который определяется Организацией объединенных наций по промышленному развитию (UNIDO) и включает две группы индикаторов: индикаторы промышленных возможностей и индикаторы промышленного превосходства, которые, в свою очередь, состоят из двух субиндексов – Индекс конкурентного промышленного превосходства (Competitive Industrial Performance Index) и Промышленный индекс, включающий экономические результаты цифровой трансформации промышленности (Industrial cum Technological Advance) [166].

3) Индекс мировой цифровой конкурентоспособности WDCI 2018, принадлежащий швейцарской научной школе бизнеса IMD, в структуре которого три микроиндекса: знания, технологии, будущая готовность [167].

4) Европейский индекс цифровой экономики и общества (DESI-2018), содержащий пять субиндексов: уровень широкополосного доступа, использование населением интернета, человеческий капитал (инженерное образование, информационно-коммуникационное, физико-математическое), интеграция промышленности с цифровыми технологиями, цифровизация государственных услуг [168].

5) Индекс глобального подключения GCI HUAWEI с двумя микроиндексами: уровень развития технико-технологических средств (облачные технологии, большие данные, широкополосный доступ, интернет-вещей) и компетенции (спрос, предложение, опыт, потенциал) [169].

6) Рейтинг цифровой эволюции стран, разработанный MasterCard совместно с университетом Tufts, показатели которого отражают эволюцию технико-технологических средств в разрезе международного масштаба [170].

7) Инновационный индекс Блумберга (Bloomberg Innovation Index – 2019), который состоит из семи равновесных составляющих:

наука (интенсивность НИОКР), промышленность (добавленная стоимость в промышленном производстве, % ВВП), производительность (ВВП в пересчете на 1 работника в возрасте 15 лет и выше, ВНД в пересчете на 1 работника в возрасте 15 лет и выше), удельный вес высоких технологий (доля государственных высокотехнологичных компаний, размещенных на территории страны, в общем объеме государственных компаний, зарегистрированных в стране; доля государственных высокотехнологичных компаний, размещенных на территории страны, в общем объеме государственных компаний в мире), эффективность образования третьей степени (соотношение числа лиц, обучающихся в образовательных учреждениях третьей степени (вне зависимости от возраста), к общему количеству населения студенческого возраста; доля работников с образованием третьей степени; доля выпускников научно-естественных и инженерных специальностей в общем объеме выпускников из образовательных учреждений третьей степени; доля выпускников научно-естественных и инженерных специальностей в общем объеме занятых в стране), количество специалистов, участвующих в исследованиях (число работников, занятых в сфере НИОКР на 1 млн населения), патентная активность. В первой десятке наиболее инновационных экономик мира согласно рейтинга Bloomberg Innovation Index 2019 г. находятся страны: Южная Корея, Германия, Финляндия, Швейцария, Израиль, Сингапур, Швеция, США, Япония, Франция [171].

Таким образом оценка готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь производится на основании результатов анализа международных рейтингов [165-171] по разработанным темпериальным индикаторам, определяющим технико-технологический уровень развития белорусского промышленного производства. Методика оценки готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь согласована с методикой формирования Рейтинга глобальной конкурентоспособности Всемирного экономического форума (ВЭФ), который в рамках концепции четвертой промышленной революции (г. Давос, 2016 г.) вносит вклад в формирование глобального мышления и разработку политики, интегрируя признаки четвертой промышленной революции в определение глобальной конкурентоспособности. Так, в Отчете о Глобальной конкурентоспособности 2018 г. приводится 98 индикаторов, полученных на основе

анализа данных, предоставленных международными организациями, а также из обзора мнений руководителей Всемирного экономического форума и охватывается 140 экономик стран.

С целью согласования методики оценки технологической готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и методики международного рейтинга глобальной конкурентоспособности ВЭФ исследованы компоненты Глобального индекса конкурентоспособности 4.0 «Внедрение ИКТ» и «Инновационный потенциал».

Компонент «Внедрение ИКТ» в методике расчета Глобального индекса конкурентоспособности 4.0 ВЭФ определена пятью показателями: охват сотовой связью в расчете на 100 человек населения; охват подвижной широкополосной связью в расчете на 100 человек населения; широкополосный доступ к сети Интернет на 100 человек населения; оптоволоконный интернет на 100 человек населения; интернет-пользователи в процентах от населения страны.

Компонент «Инновационный потенциал» учитывает: разнообразие рабочей силы, состояние кластерного развития, международные заявки на совместные изобретения в расчете на млн. созданных, многостороннее сотрудничество, научные публикации, заявки на патенты на миллион созданных, расходы на НИОКР в процентах от ВВП, Индекс качества научно-исследовательских учреждений, сложность потребностей покупателя, заявки на товарные знаки на миллион населения.

Оценка готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь предполагает процессный подход с учетом существующих потребностей и потенциальных возможностей белорусской обрабатывающей промышленности. Он заключается в циклической последовательности этапов методики оценки: от разработки целевых показателей цифровой трансформации промышленности в соответствии со стратегическими целями цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и их сопоставления с результатами исследования существующего опыта внедрения в мире ключевых технико-технологических средств четвертой промышленной революции, а также анализа достигнутого уровня технико-технологического развития странами по показателям международных тематических рейтингов до анкетирования предприятий, анализа полученных результатов

оценки и принятия управленческих решений. При сопоставлении полученных результатов анкетирования с целевыми показателями стратегии цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь заполняется циклическая панель для идентификации масштаба и интенсивности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (Таблица 3.4), рассчитывается Индекс цифровой трансформации, проводится ранжирование промышленных предприятий по степени готовности к цифровой трансформации. На основании результата анализа полученных данных, принимаются управленческие решения, проводятся корректирующие мероприятия и цикл оценки повторяется каждый год (рисунок 3.6).

Методика оценки готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь включает следующие этапы:

1. Определение перечня технико-технологических средств, внедряемых в производство для развития цифровой трансформации промышленности. Ранжирование их по степени зрелости и применимости в индустриальном мире;

2. Формирование целевых показателей трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

3. Определение темпальных индикаторов, отражающих фазы внедрения технико-технологических средств на предприятиях обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в прошлом, настоящем и будущем временных периодах.

4. Определение диапазона баллов оценки уровня развития цифровой трансформации промышленности.

5. Подготовка анкет и проведение анкетирования руководителей предприятий обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

6. Обработка анкет и сопоставление полученных результатов анкетирования и целевых показателей стратегии цифровой трансформации промышленности, соответствующих национальной промышленной политике, заполнение полученными индикаторами циклической панели.

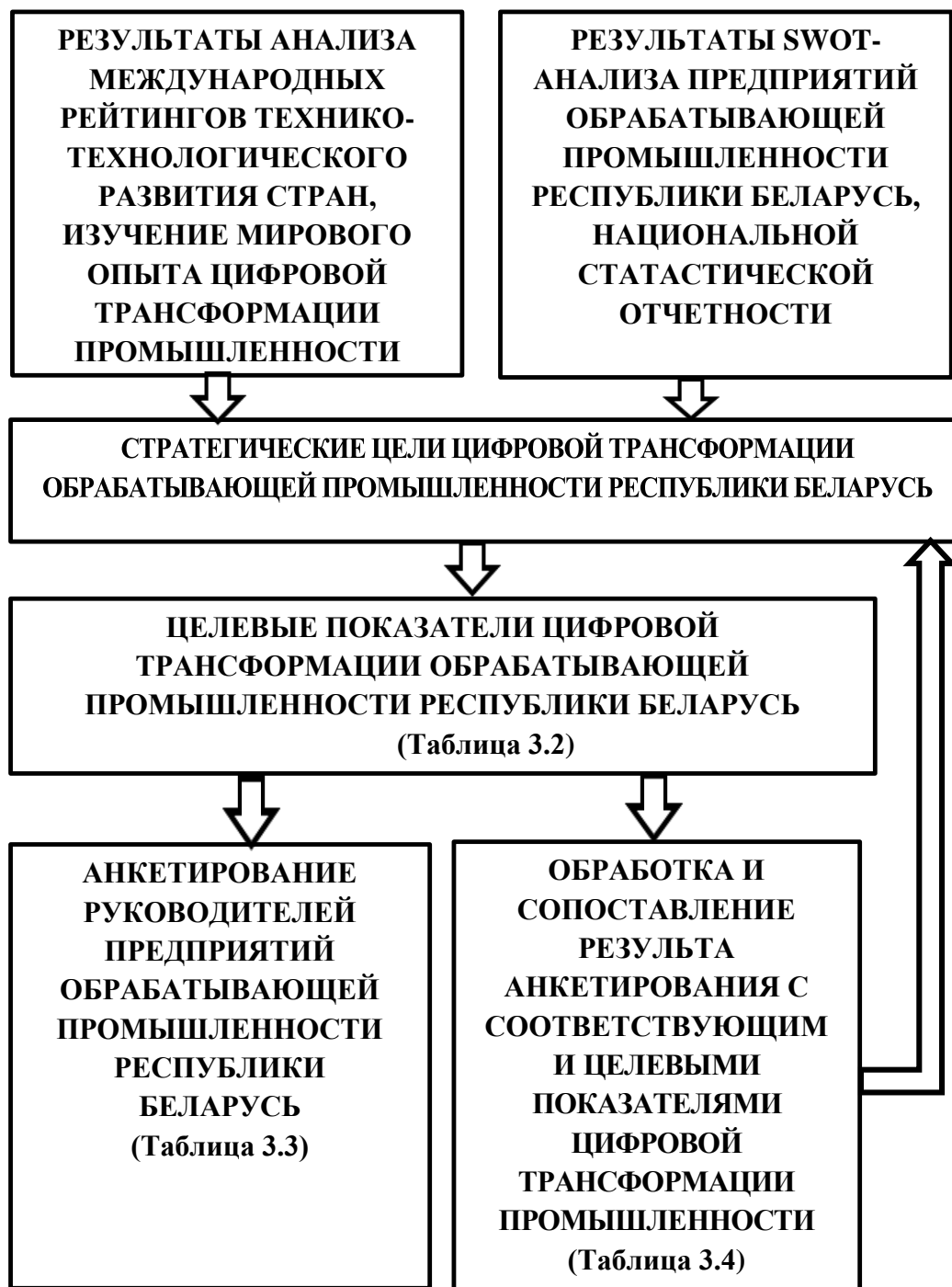


Рисунок 3.5 – Укрупненная схема оценки готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь

Примечание – Источник: разработка И. А. Зубрицкой

7. Расчет среднего балла по каждому индикатору. Расчет интегрированного Индекса цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

8. Ранжирование промышленных предприятий по степени готовности к цифровой трансформации.

9. Анализ полученных результатов и разработка мероприятий по совершенствованию процессов развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

Принимая во внимание, что в настоящее время предприятия обрабатывающей промышленности Республики Беларусь находятся на разном уровне технико-технологического развития, на первом этапе оценки в перечень технико-технологических средств сначала вносятся те, которые используются в производственных процессах предприятий обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в соответствии с существующей методикой, утвержденной Постановлением Национального статистического комитета Республики Беларусь от 26 сентября 2018 г. № 86, которое вступило в силу с 3 января 2019 г. [173]. К ним добавляются средства автоматизации промышленного производства, широко применяемые в автоматизированных системах управления производством индустриальными лидерами.

Далее перечень расширяется за счет технико-технологических средств четвертой промышленной революции, которые внедряются в производственные процессы индустриальными мировыми лидерами. Их наименования отобраны в результате анализа мирового опыта цифровой трансформации промышленности. Из применяемых отбираются только те эффективные технико-технологические средства четвертой промышленной революции, которые уже используются на предприятиях обрабатывающей промышленности в глобальном масштабе и дают прорывные экономические результаты.

На основании результата проведения анализа показателей международных рейтингов глобального развития стран [166 – 172], государственных законодательных актов [161, 165, 173], статистических данных [162-164, 183] определен адаптированный под условия Республики Беларусь перечень технико-технологических средств, которые систематизированы в порядке широты их применения. В начале перечня широко распространенные ИКТ, например, персональные компьютеры, широкополосный доступ в интернет и др., далее автоматизированные и интеллектуальные системы управления предприятием, которые должны быть внедрены и являются предпосылками внедрения технико-технологических средств четвертой промышленной революции, таких как промышленный интернет вещей, дополненная реальность и др., которые завершают перечень.

Таким образом формируется второй столбец наименований целевых показателей цифровой трансформации промышленности (Таблица 3.2), который затем используется во всей группе инструментов оценки готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (Таблица 3.3, Таблица 3.4).

На этапе формирования целевых показателей трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь применяются стратегические цели (проект) цифровой трансформации промышленности и показатели государственных программ развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (проект) в формате удельных величин (тыс. руб. на 100 работников).

На этапе определения темпальных индикаторов, отражающих количественные критерии целевых показателей цифровой трансформации промышленности во временных рамках внедрения технико-технологических средств, проводится краткосрочное и долгосрочное планирование развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (Таблица 3.2).

Существующие белорусские методики анализа процессов цифровизации общества не предусматривают ранжирование затрат по стадиям внедрения технико-технологических средств в производственные процессы, а в статистических отчетах приводятся общие затраты на нужды организации промышленности, включая капитальные и текущие, направленные на разработку, приобретение, внедрение и использование информационно-коммуникационных технологий. Данные о затратах предоставляются за отчетный период (два года), при этом не имеет значения на какой стадии находится процесс разработки и внедрения ИКТ: на завершающей стадии, когда технико-технологические средства установлены, а программное обеспечение разработано, работники обучены и стали использовать ИКТ для своих функциональных обязанностей или на промежуточной стадии, когда некоторые технические и программные средства приобретены, но не установлены, либо ведется разработка прикладных программных средств, но они еще не сданы в эксплуатацию.

Таблица 3.2 – Целевые показатели цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь

Код	Наименование целевого показателя	Отчет за год	План внедрения (на два года)		План НИОКР(Т) на пять лет
		Темперальные индикаторы (тыс. рублей на 100 работников)			
		Опыт внедрения (O _{ИТ})	Импортовых разработок (Спрос С _{ИТ})	Национальных разработок (Предложение П _{ИТ})	Потенциал (ПОТ _{ИТ})
1	2	3	4	5	6
1	Персональные компьютеры и оргтехника	80	17,36	66,87	1,1
2	Широкополосный доступ в интернет(4G-6G)	85	18,45	71,05	0,67
3	Оптоволоконный интернет	35	7,60	29,25	1,02
4	Мобильная (сотовая) связь	120	26,04	100,30	1,45
5	Мобильная широкополосная связь	25	5,43	20,90	2,1
6	Облачные технологии (распределенные высокопроизводительные вычисления)	25	5,43	20,90	4,25
7	Автоматизированные системы управления производственным предприятием (ERP – Enterprise Resours Planning и аналоги)	57	12,37	47,64	3,21
8	Машинное обучение производственных процессов	1	0,22	0,84	5,65
9	Промышленный интернет вещей (IIoT)	40	8,68	33,43	2,2
10	Искусственный интеллект (BPM – Business Perfomance Managment и аналоги)	15	3,5	25,5	5,33
11	Децентрализованная система хранения информации (система-блокчейн)	25	5,43	20,90	6,1
12	Квантовые и оптические технологии	1	0,22	0,84	3,1
13	Дополненная реальность	1	0,22	0,84	1,69
14	Системы кибербезопасности	90	19,53	75,23	6,78
15	Аддитивные технологии и системы (3D-принтеры)	1	0,22	0,84	1,1
16	Робототехника	1	0,22	0,84	7,84
17	Беспилотные летательные аппараты	1	0,22	0,84	1,2
18	Прочее адаптивное промышленной оборудование	1	0,22	0,84	0,44
Среднее по индикатору		33,56	7,29	28,76	3,07

Примечание – Источник: разработка И. А. Зубрицкой на основании [161,166 –168, 170, 171,183, 184]

Таким образом, показатели цифровизации общества Республики Беларусь получаются вероятнее всего завышенными из-за двойного учета стоимости незавершенных проектов внедрения ИКТ. Также не разделяются затраты на приобретение работ и услуг у сторонних ИКТ-организаций и затраты на оплату работ, выполненных собственными силами предприятия, что затрудняет анализ инновационной активности предприятия и развития цифровой трансформации промышленности. Напротив, в предлагаемой методике оценки готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь предусмотрено ранжирование во времени затрат на внедрение и использование технико-технологических средств, на разработку и производство и на НИОК(Т)Р.

Предлагаемые темпальные индикаторы оценки готовности к цифровой трансформации промышленности определяются стадиями внедрения технико-технологических средств в производственные процессы в порядке отдаления во времени их влияния на текущий выпуск высокотехнологичной и наукоемкой продукции, текущего увеличения объемов экспорта такой продукции, а также повышения конкурентоспособности предприятием обрабатывающей промышленности и национальной обрабатывающей промышленности в целом.

Следующим этапом оценки готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, является определение диапазона баллов оценки уровня внедрения технико-технологических цифровой трансформации промышленности. На основании стратегических целей национальной промышленной политики формируются целевые показатели, определяющие 100-процентную планку развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (цели развития). Граница (100%) соответствует целевому показателю для каждого индикатора и представляет собой цель национальной промышленной политики. Предприятие обрабатывающей промышленности должно стремиться максимизировать свой балл по каждому показателю. При достижении целевого показателя в пределах от нуля до одного процента, в панели проставляется цифра 1, от одного до 100 – доля достигнутого результата от границы цели. В сопоставлении с показателями предыдущего периода динамика баллов указывает на текущий прогресс в развитии цифровой трансформации промышленно-

сти в рамках границ целевых показателей, установленных институтом национальной промышленной политики. Это также является преимуществом предлагаемой методики оценки готовности к цифровой трансформации Республике Беларусь, отличающей ее от используемых в Республике Беларусь.

В соответствии с сформированными целевыми показателями формализуется анкета оценки готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, состоящая из нескольких разделов и находится в открытом доступе для руководителей предприятий обрабатывающей промышленности и т.д.

Предлагаемая оценка готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь предполагает проведение социологического исследования в виде анкетирования руководителей предприятий обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и подготовку анкет для его проведения.

На основании целевых показателей стратегии развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (таблица 3.2) разработана форма анкеты для проведения исследования предприятия отрасли с целью оценки готовности к цифровой трансформации промышленности (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Анкета для проведения оценки готовности предприятий обрабатывающей промышленности Республики Беларусь к цифровой трансформации

Наименование предприятия _____
Укажите форму собственности на предприятии по классификатору ОКФС

Укажите код производства Вашего предприятия по ОКЭД и напишите название отрасли _____
Адрес предприятия _____
Ф.И.О. руководителя, должность и контактный телефон _____

E-mail предприятия _____

Блок А анкеты предназначен для анализа охвата технико-технологическими средствами белорусских предприятий и дифференцирования предприятий обрабатывающей промышленности по использованию ими средств цифровой трансформации промышленности и готовности к цифровой трансформации промышленности.

Таблица 3.3.1 – Качество цифровой экосистемы. Блок А анкеты для проведения оценки готовности предприятий обрабатывающей промышленности Республики Беларусь к цифровой трансформации (данные за отчетный период – год)

Блок А Код	Технико-технологические средства	Формат ответа (Да – 1, Нет – 0)
1	2	3
1	Персональные компьютеры и оргтехника	1
2	Корпоративная вычислительная сеть	1
3	Электронная почта	1
4	Широкополосный доступ в интернет(4G-6G)	1
5	Оптоволоконный интернет	1
6	Мобильная (сотовая) связь	1
7	Мобильная широкополосная связь	1
8	Корпоративный интернет-сайт	1
9	Электронные платежи и банковские операции	1
10	Интернет-маркетинг (CRM- системы и их аналоги)	1
11	Интернет-консалтинг	1
12	Интернет-торговля	1
13	Поиск и управление персоналом в сети Интернет	1
14	Повышение квалификации персонала в сети Интернет	1
15	Поведение медиа-совещаний и конференций	1
16	Взаимодействие с электронным правительством (электронный документооборот, участие в электронных аукционах и др.)	1
17	Системы информационной безопасности	1
18	Распределенные высокопроизводительные вычисления, облачные технологии, в том числе для:	1
19	доступа к цифровым продуктам облака	0
20	размещения собственных цифровых продуктов	1
21	хранения данных	1
22	размещения баз данных	1
23	вычислений	0
24	аналитики больших данных	0
25	Автоматизированные системы управления производственным предприятием (ERP – Enterprise Resours Planning и аналоги), в том числе	1

Блок А Код	Технико-технологические средства	Формат ответа (Да – 1, Нет – 0)
1	2	3
26	Цифровое проектирование и моделирование производственных и бизнес-процессов (CAD/CAE – технологии и их аналоги)	0
27	Производственные исполнительные интеллектуальные информационные системы (MES – Manufacturing Execution System и их аналоги)	0
28	Системы автоматизации цеховых процессов (SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition и их аналоги)	0
29	Системы управления жизненным циклом промышленного продукта (PLC – Product Life Cycle и их аналоги)	0
30	Децентрализованная система хранения информации (система-блокчейн)	0
31	Системы управление знаниями и навыками на различных уровнях управления (KM-Knowledge Management и аналоги)	0
32	Модули всеобщего управления качеством (TQM – Total Quality Managment и их аналоги)	0
33	Искусственный интеллект (BPM – Business Perfomance Managment и аналоги)	0
34	Машинное обучение производственных процессов	0
35	Промышленный интернет вещей (IIoT)	0
36	Квантовые и оптические технологии	0
37	Дополненная реальность	0
38	Системы кибербезопасности	1
39	Аддитивные технологии и системы (3D-принтеры)	1
40	Робототехника	0
41	Беспилотные летательные аппараты	0
42	Прочее адаптивное промышленной оборудование	1
Итого		27

Блок Б анкеты заполняется на основании технической документации, положения об организационной структуре управления предприятием, бухгалтерских первичных документов.

Таблица 3.3.2 – Количественные характеристики цифровой экосистемы организации промышленности. Блок Б анкеты для проведения оценки готовности к цифровой трансформации предприятий обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (данные за отчетный период – год)

Блок Б Код	Наименование характеристики	Доля в расчете на 100 работников
1	2	3
1	Скорость передачи данных через сеть Интернет (Мбит/с)	0,001
2	Работники, использующие в работе персональные компьютеры	50
3	Работники, использующие в работе широкополосный Интернет	50
4	Работники, использующие в работе мобильную широкополосную связь	68
	Работники, использующие в работе дополненную реальность	5
5	ИКТ специалисты на предприятии	12
6	3D-принтеры	1
7	Робототехника	0
8	Беспилотные летательные аппараты	0
9	Другое адаптивное производственное оборудование	1

В Блоке В анкеты аккумулируются затраты отчетного периода на внедрение в производственные процессы технико-технологических средств четвертой промышленной революции. Затраты определяются первичными бухгалтерскими документами: актами выполненных работ (услуг), товарно-транспортными накладными на завершающей стадии внедрения, когда технико-технологические средства установлены, а программное обеспечение разработано, работники обучены и стали использовать технико-технологические средства для своих функциональных обязанностей.

Таблица 3.3.5 – Планируемые затраты на внедрение технико-технологических средств. Блок Д анкеты для проведения оценки готовности к цифровой трансформации предприятий обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в краткосрочной и долгосрочной перспективах

Блок Д Код	Наименование целевого показателя	План внедрения технико-технологических средств (в течение двух лет)		План НИОКР(Т) технико-технологических средств (в течение пяти лет)
		тыс. руб. на 100 работников		
		Импортных разработок (Спрос $C_{цт}$)	Национальных разработок (Предложение $П_{цт}$)	Потенциал ($ПОТ_{цт}$)
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры и оргтехника	17,36	66,87	0,28
2	Широкополосный доступ в интернет(4G-6G)	18,45	71,05	0,17
3	Оптоволоконный интернет	7,60	29,25	0,26
4	Мобильная (сотовая) связь	26,04	100,30	0,36
5	Мобильная широкополосная связь	5,43	20,90	0,53
6	Распределенные высокопроизводительные вычисления, (облачные технологии):	5,43	20,90	1,06
7	Автоматизированные системы управления производственным предприятием система (ERP – Enterprise Resours Planning и аналоги)	12,37	47,64	0,80
8	Искусственный интеллект (BPM – Business Performance Managment и аналоги)	5,38	9,99	2,45
9	Машинное обучение производственных процессов	0,22	0,84	1,41

Блок Д Код	Наименование целевого показателя	План внедрения технико-технологических средств (в течение двух лет)		План НИОКР(Т) технико-технологических средств (в течение пяти лет)
		тыс. руб. на 100 работников		
		Импортных разработок (Спрос $C_{цт}$)	Национальных разработок (Предложение $P_{цт}$)	Потенциал ($ПОТ_{цт}$)
1	2	3	4	5
10	Промышленный интернет вещей (ИоТ)	8,68	33,43	0,55
11	Децентрализованная система хранения информации (система-блокчейн)	5,43	20,90	1,53
12	Квантовые и оптические технологии	0,22	0,84	0,78
13	Дополненная реальность	0,22	0,84	0,42
14	Системы кибербезопасности	19,53	75,23	1,70
15	Аддитивные технологии и системы (3D-принтеры)	0,22	0,84	0,28
16	Робототехника	0,22	0,84	1,96
17	Беспилотные летательные аппараты	0,22	0,84	0,30
18	Прочее адаптивное промышленной оборудование	0,22	0,84	0,11
Среднее по показателю		7,40	27,91	0,83

В отличие от анкет, применяемых для исследования инновационной активности организаций промышленности в Республике Беларусь, разработанная анкета содержит наименования технико-технологических средств цифровой трансформации промышленности в соответствии с применяемыми в других странах, присутствующих в субиндексах международных рейтингов. Это позволяет проводить сопоставление полученных результатов исследования технико-технологического уровня в рамках белорусской экономики страны с индексами международных рейтингов глобального подключения GCI HUAWEI, промышленного развития IDS, мировой цифровой конкурентоспособности WDCI и др.

В результате пяти первых этапов выполнения оценки готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь обоснованы целевые показатели цифровой трансформации промышленности и проведено анкетирование.

На шестом этапе проводится обработка результатов анкетирования и полученные результаты сопоставляются с целевыми стратегическими показателями, сформированными национальной промышленной политикой, получаемые результаты вносятся в соответствующие графы циклической панели оценки готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (Таблица 3.4).

Во втором столбце циклической панели приведены технико-технологические средства, которые совпадают с аналогичными столбцами инструментария оценки, приведены автоматизированные и интеллектуальные системы управления производством, а также и технико-технологические средства глобальных мегатрендов в порядке становления их жизненного цикла и частоты применения в современном индустриальном мире, а в первой строке панели – показатели цикла развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности:

Опыт внедрения ($O_{цт}$) – показатель внедрения в производственные процессы технико-технологических средств цифровой трансформации промышленности;

Спрос ($C_{\text{ЦТ}}$) – показатель, отражающий планируемое внедрение технико-технологических средств цифровой трансформации промышленности в будущем краткосрочном периоде (в течение трех лет);

Предложение ($P_{\text{ЦТ}}$) показатель национального предложения технико-технологических средств цифровой трансформации промышленности (технико-технологические средства цифровой трансформации промышленности являются национальной разработкой);

Потенциал ($ПОТ_{\text{ЦТ}}$) цифровой трансформации промышленности – показатель текущих разработок, проведение НИОКР(Т) в сфере цифровой трансформации промышленности.

В итоге, в таблице 3.4 представлена циклическая диагностическая панель исследования показателей технико-технологических средств, характерных для концепции Индустрия 4.0 по степени их внедрения на предприятиях обрабатывающей промышленности Республики Беларусь. Более того, температурные индикаторы позволяют оценивать готовность к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в динамике прошлого, настоящего, будущего времени, что позволяет качественно и количественно оценить инновационную активность промышленных предприятий на основании эмпирических данных и сформировать критерии, по которым возможна корреляция с затратами на разработку и/или внедрение технико-технологических средств цифровой трансформации, сопоставление с уровнем затрат на научные исследования и разработки в условиях развития цифровой экономики, а также с другими экономическими показателями, например: долей отгруженной высокотехнологичной и наукоемкой продукции в общем объеме отгруженной продукции, объемом экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции и его долей в общем экспорте, а также количеством выданных патентных заявок, отношением объема отгруженной продукции к объему затрат на технико-технологические средства цифровой трансформации, отношением объема отгруженной высокотехнологичной и наукоемкой продукции к объему затрат на научные исследования и разработки, отношением объема отгруженной высокотехнологичной и наукоемкой к численности персонала, занятого исследованиями и разработками, отношением

числа выданных патентных заявок к численности персонала, занятого исследованиями и разработками и т.д.

В циклической панели предусмотрена возможность консолидации данных для исследования внутреннего рынка технико-технологических средств и информационно-коммуникационных технологий по следующим аспектам: существующее предложение цифровых технико-технологических промышленных средств, спрос на технико-технологические средства, отвечающие требованиям четвертой промышленной революции, опыт внедрения технико-технологических средств цифровой трансформации промышленности, а также формирование будущего спроса на технико-технологические средства цифровой трансформации (потенциала цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь).

При этом статьи затрат на формирование потенциала цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь могут определяться затратами на:

- обеспечение условий для формирования национального предложения цифровых технико-технологических средств;
- внедрение передовых технико-технологических средств на промышленных предприятиях;
- масштабирование опыта цифровой трансформации промышленности (создание ЦТП, а также трансфера технологий Индустрии 4.0);
- обеспечение поддержки институциональной среды цифровой трансформации обрабатывающей промышленности;
- обеспечение развития цифровой экосистемы;
- интеграцию с государствами – членами ЕАЭС в рамках принятых соглашений и цифровых протоколов Евразийской комиссии [113 – 120].

Таблица 3.4 - Циклическая панель для идентификации масштаба и интенсивности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь

Код	Наименование технико-технологических средств	Темперальные индикаторы цифровой трансформации промышленности			
		Опыт применения Оцт (внедрено и используется)	Спрос Сцт (планируется внедрение на предприятии высоко-технологич-ных индустриальных разработок)	Предложение Пцт (затраты на разработку и внедрение, собственные высокотехнологич-ных и наукоемких разработок)	Потенциал (ведутся НИК(Т)Р)
		Удельное значение от целевого показателя (процентов)			
1	2	3	4	5	6
1	Персональные компьютеры и оргтехника	76,7	82,51	51,77	5,75
2	Широкополосный доступ в интернет(4G-6G)	54	58,09	36,45	4,05
3	Оптоволоконный интернет	45	48,41	30,38	3,38
4	Мобильная (сотовая) связь	63	67,77	42,53	4,73
5	Мобильная широкополосная связь	67	72,07	45,23	5,03
6	Облачные технологии (распределенные высокопроизводительные вычисления)	1	10,76	6,75	0,75
7	Автоматизированные системы управления производственным предприятием (ERP – Enterprise Resources Planning и аналоги)	1	1	1	1
8	Машинное обучение производственных процессов	0	1	1	1

Код	Наименование технико-технологических средств	Темперальные индикаторы цифровой трансформации промышленности			
		Опыт применения ОцТ (внедрено и используется)	Спрос СцТ (планируется внедрение на предприятии высоко-технологич-ных индустриальных разработок)	Предложение ПцТ (затраты на разработку и внедрение, собственных высокотехнологич-ных и научных разработок)	Потенциал (ведутся НИК(Т)Р)
		Удельное значение от целевого показателя (процентов)			
1	2	3	4	5	6
9	Промышленный интернет вещей (IIoT)	0	1	1	1
10	Искусственный интеллект (BPM – Business Performance Managment и аналоги)	0,07	1,54	0,39	0,45
11	Децентрализованная система хранения информации (система-блокчейн)	0	1	1	1
12	Квантовые и оптические технологии	0	1	1	1
13	Дополненная реальность	0	0	1	1
14	Системы кибербезопасности	0	0	1	1
15	Аддитивные технологии и системы (3D-принтеры)	0	0	1	1
16	Робототехника	0	0	0	0
17	Беспилотные летательные аппараты	0	0	0	0
18	Прочее адаптивное промышленной оборудование	0	0	1	1
Среднее значение индикаторов		17,01	28,85	13,91	2,07

Код	Наименование технико-технологических средств	Темперальные индикаторы цифровой трансформации промышленности			
		Опыт применения Оцт (внедрено и используется)	Спрос Сцт (планируется внедрение на предприятии высоко-технологич-ных инновационных разработок)	Предложение Пцт (затраты на разработку и внедрение, собственных высокотехнологич-ных и наукоемких разработок)	Потенциал (ведутся НИК(Т)Р)
		Удельное значение от целевого показателя (процентов)			
1	2	3	4	5	6
<p>Виды программного обеспечения, используемого на предприятии, разработанное предприятием, например:</p> <p>1 <u>1С (РФ)</u></p> <p>2 <u>«Галактика» (РФ)</u></p> <p>3 <u>Chesla© QM (РФ)</u></p> <p>4. _____</p>					

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А. на основании [165-171]

Таким образом, разработанная циклическая панель оценки готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь состоит из ряда технико-технологических средств, которые структурированы в порядке эволюции жизненного цикла технологий, начиная от средств автоматизации производственных процессов, которые освоены и используются во многих организациях промышленности Республики Беларусь, заканчивая технико-технологическими средствами глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции, которые только начинают внедряться в производственные процессы предприятий обрабатывающей промышленности в качестве инструментов, повышающих конкурентоспособность. Например, завершают перечень Интернет вещей, Искусственный интеллект, Децентрализованная система хранения информации (система-блокчейн), Дополненная реальность и др.

При соблюдении порядка оценки готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь по темперальным индикаторам проверяется уровень технологичности промышленных предприятий и технико-технологический потенциал цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

Далее средние значения по показателям рейтинга используются в расчете индекса цифровой трансформации промышленности ($I_{\text{ЦТ}}$) для высокотехнологичного и наукоемкого предприятия (формула 3.1).

Кроме этого, данные аналитической панели могут быть обработаны в соответствии с методикой Рейтинга глобальной конкурентоспособности Всемирного экономического форума (ВЭФ) The Global Competitiveness Report 2017–2018 по показателям, оценивающим инновационный и технический потенциал страны. Таким образом, появляется возможность межстранового сопоставления показателей, оценивающих инновационный и технический потенциал Республики Беларусь как показателей глобальной конкурентоспособности.

Индекс цифровой трансформации промышленности ($I_{\text{ЦТ}}$), может быть формализован в виде среднего геометрического нормализованных и взвешенных темперальных индикаторов циклической панели и представлен в виде:

$$I_{\text{ЦТ}} = \sqrt[4]{O_{\text{ЦТ}} \times C_{\text{ЦТ}} \times П_{\text{ЦТ}} \times ПОТ_{\text{ЦТ}}}, \quad (3.1)$$

где $O_{\text{ЦТ}}$ – показатель опыта цифровой трансформации промышленности;

$S_{\text{ЦТ}}$ – показатель существующего спроса на технологии цифровой трансформации промышленности;

$P_{\text{ЦТ}}$ – показатель национального предложения передовых цифровых промышленных технологий;

$ПОТ_{\text{ЦТ}}$ – показатель потенциала цифровой трансформации промышленности.

Выбор метода агрегирования основан на исключении взаимозаменяемости показателей, когда низкое значение одного индикатора может быть компенсировано более высокими значениями других индикаторов. Агрегирование с использованием геометрического среднего в некоторой степени ограничивает такую компенсацию и поэтому для достижения более высокого значения при таком методе расчета Индекса цифровой трансформации промышленности необходимы более высокие значения для всех темперальных индикаторов цифровой трансформации.

По данным циклической панели значение формулы 3.1 принимает вид:

$$I_{\text{ЦТ}} = \sqrt[4]{17,01 \times 28,85 \times 13,91 \times 2,07} = 10,92 \quad (3.2)$$

В зависимости от полученного Индекса цифровой трансформации промышленности предприятия обрабатывающей промышленности Республики Беларусь ранжируются в следующем порядке:

от 1 до 15 – низкий технико-технологический уровень развития предприятия (предприятие не готово к цифровой трансформации промышленности);

от 16 до 30 – низкий средний технико-технологический уровень развития предприятия (предприятие готово к цифровой трансформации промышленности);

от 31 до 45 – средний технико-технологический уровень развития предприятия (предприятие готово к цифровой трансформации промышленности);

от 46 до 60 – высокий средний технико-технологический уровень развития предприятия (предприятие готово к цифровой трансформации промышленности);

от 61 до 100 – высокий технико-технологический уровень развития предприятия (предприятие находится в активной стадии цифровой трансформации промышленности).

Стоит отметить, что на основании проведенного анализа значений показателей международных рейтингов, формирующих индексы конкурентоспособности, становится очевидным, что величина значимого потенциала цифровой трансформации промышленности, который определен в формуле 3.1 индикатором $POT_{цт}$ во многом зависит от финансирования научных исследований и разработок по тематике цифровой трансформации промышленности в рамках национальной промышленной политики (п.2.3. главы 2).

Современные инженерные цифровые знания и уникальные компетенции не могут быть сформированы только в условиях и по потребностям конкретного производства. Развитием организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь определен третий этап реализации цифровой трансформации – генерирование профессиональных компетенций, а также диффузии инженерных и цифровых знаний в области цифровой трансформации промышленности.

Здесь наиболее очевидны два альтернативных пути решения вышеуказанной задачи. Первый наиболее магистрален и реален в рамках интеграционных систем цифровой трансформации промышленности. Это путь внедрения национальных промышленных предприятий и организаций, проводящих научные исследования и разработки по тематике цифровой трансформации промышленности, в технологические цепочки создания цифрового инженерного прикладного знания в составе крупных международных корпораций с одновременной активной адаптацией этих знаний под поставленные цели программы национальной промышленной политики. Второй путь более трудоемок и длителен. Он заключается в выстраивании системы полного цикла производства цифровых инженерных знаний на основе имеющихся возможностей и научного потенциала: начиная от фундаментальных исследований до получения цифровых инженерных компетенций и заканчивая готовностью специалиста выполнять сложные многофункциональные задачи контроля «умного производства».

В связи с этим достижение традиционными отраслями промышленности Республики Беларусь V и VI технологических укладов может

быть осуществимо двумя путями: 1) масштабным внедрением технико-технологических средств глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции на традиционных производствах на основании передового опыта индустриальных глобальных лидеров и созданием высокотехнологичных и наукоемких предприятий обрабатывающей промышленности; 2) проведением фундаментальных и прикладных научных исследований, связанных с накоплением научно-технического потенциала цифровой трансформации промышленности, который позволит создать национальные инновационные технико-технологические средства, соответствующие глобальным мегатрендам четвертой промышленной революции [220]. Их внедрение в различные отрасли промышленности позволит снизить производственные издержки, повысить конкурентоспособность национальной промышленности в долгосрочной перспективе и, тем самым, обеспечит рост экономики Республики Беларусь в целом [222]. Для создания высокотехнологичных и наукоемких производств, формирования научно-технического потенциала цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь потребуются новые инженерные, научно-технические и цифровые профессиональные компетенции, а также цифровая экосистема, способствующая национальным разработкам и внедрению технико-технологических средств четвертой промышленной революции в производственные процессы обрабатывающей промышленности Республики Беларусь с мощной институциональной государственной поддержкой.

Таким образом, оценка готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь на основе темпальных индикаторов ориентирована, прежде всего, на оценку влияния цифровой трансформации промышленности на формирование потенциальных конкурентных преимуществ. Превышение темпальных индикаторов циклической панели над соответствующими целевыми показателями, свидетельствует, во-первых, о более высоком уровне возможностей национальной промышленной отрасли, а, во-вторых, о долгосрочных конкурентных перспективах экономики страны в целом. И наоборот, более низкие относительные величины – о достаточно высоких экономических рисках в долгосрочной перспективе. В свою очередь, индекс цифровой трансформации промышленности характеризует интенсивность цифровой трансформации на основе вычис-

ления пропорциональных индикаторов, приводящих абсолютные значения к единому основанию. Оценка готовности к цифровой трансформации осуществляется на основе расчета относительных показателей динамики (индикаторов) частных показателей цифровой трансформации, характеризующих основную тенденцию скорости изменения их значений. Предлагаемые нами темпериальные индикаторы цифровой трансформации промышленности характеризуют степень преобразований в разрезе временных рамок.

При получении результата анализа данных циклической панели (таблица 3.4), возможна оценка положения Республики Беларусь в Рейтинге всемирной конкурентоспособности ВЭФ по показателям, оценивающим инновационный и технико-технологический потенциал. По результатам проведенного анкетирования можно проанализировать динамику ответов респондентов в соответствии с методикой ВЭФ за несколько лет и выявить динамику положения Республики Беларусь в ведущих международных научно-технических и инновационных рейтингах. Оценка готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь может стать инструментом для формирования методики диагностики эффективности цифровой трансформации промышленности и оценки степени развития цифровых знаний и уникальных компетенций по освоению технико-технологических средств глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции, оценки технико-технологического потенциала цифровой трансформации промышленности и др.

Таким образом, методика оценки готовности к цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь предназначена для формирования инструментов анализа и контроля результатов развития организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, принятия управленческих решений, которые необходимы для оперативного и адаптивного цифрового преобразования традиционных отраслей производства в высокотехнологичные и наукоемкие, как необходимого условия повышения национальной конкурентоспособности.

3.3 Результативность цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь: диагностика и методы измерения

При развитии цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь можно прогнозировать появление следующих новых экономических показателей:

- динамика общей доли отраслей с валовой добавленной стоимостью высокотехнологичной и наукоемкой продукции в валовой добавленной стоимости и экспорте продукции страны, в процентах;
- суммарный вклад отраслей с валовой добавленной стоимостью высокотехнологичной и наукоемкой продукции в обрабатывающей промышленности в валовой добавленной стоимости страны по годам, в процентах;
- динамика доли продукции всех высокотехнологичных и наукоемких, ориентированных на экспорт отраслей страны, в процентах.

Так, под влиянием цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь должны произойти изменения в структуре экспорта в направлении технологически интенсивного экспорта. В результате трансформируется такой традиционный показатель – доля экспорта продукции обрабатывающей промышленности в общем объеме экспорта страны – в показатель доли экспорта продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в экспорте обрабатывающей промышленности страны, соответственно появляется необходимость в изменении методики их расчета.

Вместе с тем цифровая трансформация промышленности приводит к появлению нового показателя валовой добавленной стоимости – ВДС высокотехнологичной и наукоемкой продукции. Порядок рейтинга лидирующих отраслей с показателем валовой добавленной стоимости высокотехнологичной и наукоемкой продукции основывается на предварительных эмпирических оценках посредством структурирования отраслей обрабатывающей промышленности по уровням технологичности и установления пороговых значений в структуре вкладов высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовую добавленную стоимость обрабатывающей промышленности страны, а также в национальный выпуск и экспорт.

В зависимости от скорости цифровой трансформации промышленности будут изменяться ключевые показатели конкурентной стратегии национальной промышленности: трансформация технологической структуры валовой добавленной стоимости за счет прироста ее высокотехнологичной доли, диверсификация экспорта высокотехнологичной продукции отраслей обрабатывающей промышленности, экологическая безопасность и др. Они характеризуют целевое положение производственной системы по отношению к конкурирующим системам аналогичного уровня. Разработанный организационно-экономический механизм цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, с одной стороны, включает модели и методики, обеспечивающие формирование в том числе за счет реализации возможностей всей социально-экономической системы с учетом имеющихся ограничений, а с другой – имеет механизмы обратной связи, формирующие отклик системы на изменение внешних и внутренних факторов, а также адаптационные механизмы производственной системы к изменившимся условиям.

Таким образом, отраслевая конкурентная стратегия национальной промышленной политики должна быть нацелена на средне- и долгосрочный периоды, адаптивна к внешним и внутренним изменениям, а также должна институционально координировать взаимодействия участвующих субъектов в процессе стратегического планирования и формировании целевых базовых программ цифровой трансформации промышленности. Используя теоретико-методологические подходы к цифровой трансформации промышленности, можно утверждать, что цифровая трансформация обрабатывающей промышленности Республики Беларусь при условии четко выстроенных стратегических целей на национальном уровне приведет к формированию конкурентных преимуществ и обеспечит их реализацию, в том числе за счет создания уникальной ценности промышленного продукта для заказчика.

В основе процесса создания уникальной ценности промышленного продукта заложена цепочка генерирования цифровых инженерных знаний и накопления уникальных компетенций. При этом, в результате цифровой трансформации промышленности и изменении ключевых параметров уникальности промышленных продуктов для заказчика должны трансформироваться производственные технологии и структура добавленной стоимости промышленного продукта,

в том числе и за счет привлечения прямых инвестиций в промышленную отрасль.

Национальное стратегическое планирование, направленное на изыскание и вложение финансовых ресурсов для формирования и реализации конкурентных преимуществ обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в долгосрочной перспективе, непосредственно связано с развитием и постоянным совершенствованием организационно-экономического механизма цифровой трансформацией обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, управлением добавленной стоимостью высокотехнологичной и наукоемкой продукции в цепочке создания добавленной стоимости. Таким образом, параметры конкурентоспособности (цена-качество) белорусских промышленных продуктов, трансформация производственных технологий, рост доли высокотехнологичной и наукоемкой продукции в валовой добавленной стоимости страны составляют новую цифровую качественную (интеллектуальную) компоненту отраслевых цепочек создания стоимости.

Следует отметить, что более высокая доля добавленной стоимости высокотехнологичной и наукоемкой продукции в цепочке создания стоимости сама по себе способствует повышению инвестиционной привлекательности обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

Вместе с этим, существенное влияние на принятие инвестиционных решений также оказывают качественные характеристики формирующейся цепочки создания стоимости, такие как интеллектуальная компонента, уникальность продукта, его высокая потребительская ценность. Качественные параметры промышленных продуктов и производственных технологий, полученные в результате цифровой трансформации процессов промышленного производства, формируют уникальную ценность непосредственно для конечного потребителя (заказчика). В показателе валовой добавленной стоимости высокотехнологичной и наукоемкой промышленной продукции находят отражение качественные и количественные компоненты, накопленные в цепочке создания стоимости. Данный показатель характеризуют текущий уровень сформированных конкурентных преимуществ промышленной отрасли и, соответственно, национальной экономики в целом.

Кроме этого, стратегическими целями национальной промышленной политики в контексте формирования цепочки создания стоимости могут быть поставлены цели генерирования и накопления уникальных компетенций в пределах той части технологической цепочки, которая имеет локализацию в стране. В качестве измеримых количественных индикаторов достижения таких стратегических целей необходимо использовать следующие показатели:

- доля высокотехнологичной и наукоемкой промышленной продукции в валовой добавленной стоимости;
- доля экспорта высокотехнологичной и наукоемкой промышленной продукции в общем экспорте страны;
- доля экспорта инновационной промышленной продукции, являющейся новой на внешних рынках в общем объеме экспорта;
- доля добавленной стоимости высокотехнологичной и наукоемкой промышленной продукции в стоимости конечного и промежуточного промышленного продукта (выпуска) отрасли;
- доля валовой добавленной стоимости высокотехнологичной и наукоемкой промышленной продукции, имеющей национальную локализацию в совокупной валовой добавленной стоимости экспортируемой промышленной продукции;
- доля валовой добавленной стоимости высокотехнологичной и наукоемкой промышленной продукции в национальном промышленном выпуске;
- уровень накоплений в структуре валовой добавленной стоимости высокотехнологичной и наукоемкой промышленной продукции в промышленной отрасли (стране).

Следует отметить, что отдельные фрагменты цепочки создания стоимости в белорусской обрабатывающей промышленности базируются на компетенциях, которые не являются уникальными для конкурентов и не связаны с кардинальным приращением доли интеллектуальной компоненты в цепочках создания стоимости. При этом локальные, внутристрановые фрагменты цепочек создания стоимости промышленного продукта остаются слабо интегрированными в сквозные международные цепочки создания стоимости от разработки, производства до продаж и сервиса высокотехнологичной и наукоемкой продукции. Кроме того, ряд ключевых компетенций, определяющих конкурентные преимущества отраслей на

уровне ресурсного обеспечения, передан на внешний контур цепочек создания стоимости. Так, использование, например, в машиностроении дорогостоящих ресурсов с высокими параметрами качества импортруемых комплектующих и полуфабрикатов часто приводит к созданию менее наукоемкого и более дешевого готового промышленного продукта.

Таким образом, через соизмерение стоимости объемов импортных компонентов в экспорте может быть косвенно оценено приращением национальной интеллектуальной компоненты в добавленной стоимости промышленной продукции. Так, на примере продукции предприятия точного машиностроения ОАО «КБТЭМ-ОМО» проведены исследования компонент стоимости лазерного генератора, который является высокотехнологичным и наукоемким промышленным продуктом (группа СИ 26.70.23.300 в соответствии с Общегосударственным классификатором Республики Беларусь ОКРБ 007-2012 "Классификатор продукции по видам экономической деятельности" (ОКП РБ)) [198]. На основании анализа эмпирических данных, процесс формирования стоимости высокотехнологичного и наукоемкого промышленного продукта на примере лазерного генератора, концептуально можно представить логико-структурной схемой (рисунок 3.5).

Как представлено на рисунке 3.5, основу приращения добавленной стоимости высокотехнологичного и наукоемкого продукта составляют цифровые неторгуемые активы: цифровая интеллектуальная компонента производственных и логистических процессов, тотальный контроль жизненного цикла промышленного изделия (сервисное обслуживание, ремонт, утилизация и др.); уникальные навыки и компетенции персонала; симбиоз новых возможностей за счет синергии, эффект которой определяется согласованным во времени действием составляющих компетенций в цепочке создания стоимости.

Навыки и уникальные компетенции, формируемые в результате цифровой трансформации промышленности, определяются:

- уровнем профессионального образования;
- уровнем и тематикой научных исследований и разработок;

– масштабом и интенсивностью внедрения технико-технологических средств, повышающих уровень технологичности промышленных предприятий обрабатывающей промышленности, а также и их конкурентов;

– гармонизацией цифровых стандартов, отраслевых норм, управленческих практик, индикаторов конкурентоспособности и обязательств по инвестиционным соглашениям, и др.

На основании вышеизложенного возможно определение качественного наполнения цепочки создания стоимости, например, в машиностроении как отрасли обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в следующем логическом порядке:

– генерирование идеи промышленного продукта, формализация его концепта для заказчика;

– инженерно-технико-технологические работы (НИОК(Т)Р);

– производственные цифровые технологические процессы;

– маркетинговое сопровождение жизненного цикла промышленного изделия (ЖЦПИ) до его утилизации.

Выполнение промышленным предприятием функций полного цикла создания добавленной стоимости позволяет аккумулировать результирующую добавленную стоимость высокотехнологичного и наукоемкого промышленного изделия, распределяя ее компоненты по цепочке создания стоимости между звеньями и участниками в соответствии со стадиями ЖЦПИ. Из этого следует необходимость развития кооперации, субконтрактации в рамках интегрированных структур (холдингов, объединений), что предполагает активное взаимодействие промышленных предприятий с малым и средним бизнесом, научными организациями, научно-производственными центрами, учреждениями образования, государственными регулятивными органами. Институт государственно-частного партнерства как элемент организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь является основой цепочки создания добавленной стоимости в рамках национальной промышленной политики.



Рисунок 3.5. Формирование добавленной стоимости в цепочке создания стоимости промышленного продукта в процессе цифровой трансформации обрабатывающей промышленности

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А.

Доля добавленной стоимости высокотехнологичной и наукоемкой промышленной, составляющая долю экспорта, ее структура и механизм создания характеризуют уровень развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности в стране и долгосрочные конкурентные преимущества производителей такой продукции. С одной стороны, высокотехнологичное предприятие, как единоличный участник цепочки создания стоимости, берет на себя всю ответственность за хозяйственные риски, обусловленные внешними и внутренними факторами, получая возможность аккумулирования и использования всей добавленной стоимости высокотехнологичного и наукоемкого промышленного изделия. При этом отрицательное значение интеллектуальной компоненты добавленной стоимости ведет к снижению конкурентоспособности промышленного предприятия в долгосрочной перспективе с вытекающими из этого негативными последствиями.

С другой стороны, для повышения конкурентоспособности за счет приращения интеллектуальной компоненты добавленной стоимости высокотехнологичного и наукоемкого промышленного изделия, созданной предыдущими участниками звеньев цепочки создания стоимости, производитель промышленной продукции (координатор цепочки создания стоимости) должен располагать фирменно-специфическими компетенциями институционального характера для приращения и монополизации добавленной стоимости высокотехнологичной и наукоемкой промышленной продукции (изделий) в долгосрочном периоде.

К подобным компетенциям можно отнести:

- прочное владение сегментами промышленного рынка, сохранение и увеличение доли присутствия на рынке;
- влияние на координацию и интеграцию распределительных и сбытовых сетей;
- необходимый потенциал (финансовый, интеллектуальный) для преодоления барьеров входа на внешний промышленный рынок;
- обладание приоритетным доступом к энерго- и другим видам ресурсов.

Предприятия обрабатывающей промышленности при этом должны иметь более низкие производственные издержки относительно среднерыночного уровня за счет цифровой трансформации производственных процессов. Если формирование конкурентных преимуществ основано на использовании не уникальных компетенций и в процессе создания высокотехнологичного и наукоемкого промышленного изделия не происходит приращение цифровой интеллектуальной компоненты добавленной стоимости, то это ограничивает технико-технологическое развитие и конкретного промышленного предприятия и национальной экономики в целом.

Таким образом, в оценке эффективности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь должны учитываться экономические, технико-технологические, социальные, ресурсно-сырьевые и экологические результаты в краткосрочном и долгосрочных периодах. На наш взгляд, традиционный подход к оценке эффективности как соотношению результата (эффекта) к затратам не учитывает разнообразных аспектов цифровой трансформации промышленности. Нами пред-

лагается проводить комплексную оценку общественной значимости цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь с получением обобщенного агрегированного параметра результативности цифровой трансформации промышленности. Предлагаемая оценка включает рассмотрение результатов цифровой трансформации обрабатывающей промышленности по пяти контрольным срезам: экономическому, социальному, технико-технологическому, экологическому, ресурсно-сырьевому. Так, структурно агрегированная оценка общественной значимости цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь представлена на рисунке 3.6.

Необходимость комплексной оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь обусловлена общественной значимостью цифровой трансформации промышленности страны, которая учитывает экономическую и финансовую компоненты результативности, участия в цифровой трансформации предприятий различных форм собственности. Это позволяет расширить возможности принятия альтернативных экономически обоснованных вариантов решений на разных уровнях организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

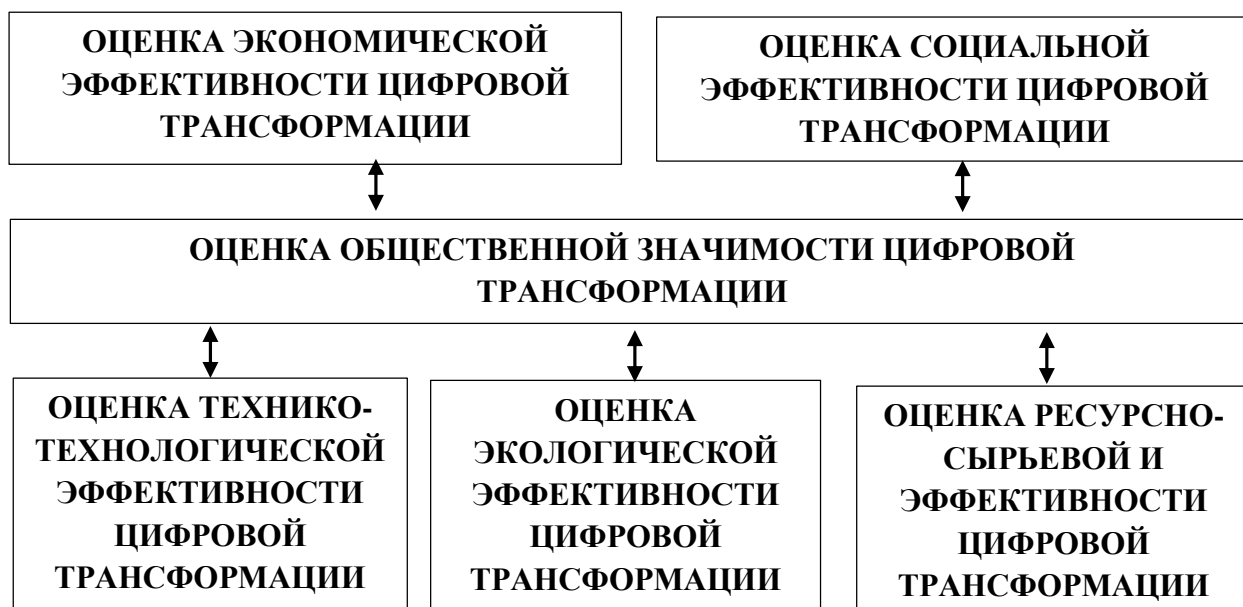


Рисунок 3.6. – Компоненты агрегированной оценки общественной значимости цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А.

Методика агрегированной оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь базируется на следующих принципах:

- долгосрочный циклический мониторинг результатов цифровой трансформации обрабатывающей промышленности: от оценки эффективности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности на стадиях разработки цифровых промышленных модулей и их внедрения в производственную деятельность предприятий обрабатывающей промышленности до выпуска высокотехнологичной и наукоемкой промышленной продукции интеллектуальным цифровым производством и ее реализации;

- темпериальное ранжирование денежных потоков с применением временных лагов и учетом временного интервала их влияния на экономический результат развития организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь;

- дисконтирование и учет инфляционного влияния (приведение используемых в процессе цифровой трансформации промышленности валют к единой валюте, дефлирование по базисному индексу инфляции, соответствующему этой валюте);

- возможность сопоставимости результатов без внедрения цифровых промышленных модулей в производственные процессы и с их внедрением в развитии организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь;

- прогнозирование рисков и предотвращение различного рода неблагоприятных существенных последствий в процессе цифровой трансформации промышленности (в количественной форме в норме дисконта);

- учет влияния оборотных средств, необходимых для развития цифровой трансформации обрабатывающей промышленности.

Кроме этого методика агрегированной оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь должна содержать социальную и производственную оценку влияния цифровой трансформации обрабатывающей промышленности на населения страны и смежные отрасли народного хозяйства:

- изменение стоимости имущества граждан, обусловленное развитием цифровой трансформации обрабатывающей промышленности;
- снижение уровня розничных цен на отдельные товары и услуги, обусловленное увеличением предложения этих товаров при развитии цифровой трансформации процессов промышленного производства;
- воздействие цифровой трансформации обрабатывающей промышленности на здоровье работников промышленных предприятий, в том числе на экологическую обстановку и здоровье населения;
- влияние цифровой трансформации обрабатывающей промышленности на объемы производства продукции (работ, услуг) смежными отраслями;
- экономию времени, обусловленную использованием высокотехнологичных промышленных продуктов, интегрированных в сети широкополосного интернета с применением высокоскоростной обработки больших объемов данных и других технико-технологических средств четвертой промышленной революции.

Методика агрегированной оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь предполагает пять последовательных этапов:

1. Выбор и группировка параметров оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности и определение содержания каждого параметра, его количественных и качественных показателей.

2. Выбор показателей условных проектов цифровой трансформации обрабатывающей промышленности для сравнения их прогнозируемой результативности, назначение целевых критериев по каждому показателю параметров оценки результативности каждого проекта.

3. Приведение значений показателей к сопоставимому виду путем линейной нормализации значений показателей и расчет значения функций желательности Харрингтона по каждому показателю.

4. Расчет обобщенного агрегированного показателя результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности по каждому альтернативному варианту условных проектов.

5. Анализ полученных альтернативных вариантов результатов проектов цифровой трансформации обрабатывающей промышленности в соответствии со шкалой желательности Харрингтона.

На первом этапе методики агрегированной оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь определены параметры, по которым представляется возможным оценить ожидаемые результаты от цифровой трансформации.

В таблице 3.5 представлены укрупненно пять групп параметров для оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь: экономические, социальные, технико-технологические, экологические, ресурсно-сырьевые. Каждая параметрическая группа содержит количественные показатели, приведены формулы для их расчета, единицы измерения.

Отбор показателей произведен на основании результата анализа существующих методик оценки эффективности инновационных проектов, имеющихся статистических данных Национального статистического комитета Республики Беларусь, а также индикаторов целей устойчивого развития ООН.

Таблица 3.5 – Параметры оценки эффективности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь

№ п/п	Наименование параметра (единицы измерения)	Содержание параметра, его показатели (формула для расчета)
1	2	3
1	ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ	
1.1	Индекс интенсивности цифровой трансформации, тыс. рублей	<p>Интегрированный показатель затрат внедрения цифровой трансформации промышленности $I_{цт}$, среднее геометрическое нормализованных и взвешенных темпальных индикаторов цифровой трансформации промышленности:</p> $I_{цт} = \sqrt[4]{O_{цт} \times C_{цт} \times П_{цт} \times ПОТ_{цт}},$ <p>где $O_{цт}$ – показатель опыта цифровой трансформации промышленности; $C_{цт}$ – показатель существующего спроса на технологии цифровой трансформации промышленности; $П_{цт}$ – показатель национального предложения передовых цифровых промышленных технологий; $ПОТ_{цт}$ – показатель потенциала цифровой трансформации промышленности.</p>
1.2.	Выпуск продукции обрабатывающей промышленности, $ВП_t$, тыс. рублей/чел.	$ВП_t = a e^{\gamma t} I_{цт_{tj}}^{\beta} K_{ti}^{\alpha}$ <p>где $ВП_t$ – выпуск продукции обрабатывающей промышленной в период времени t на одного работника, занятого в обрабатывающей промышленности; $a e^{\gamma t}$ – экспоненциальный коэффициент, учитывающий темп накопления цифровых знаний; K_{ti} – производственный капитал в обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в период t, приходящийся на i-го работника, занятого в обрабатывающей промышленности; $I_{цт_{tj}}$ – индекс интенсивности развития цифровой трансформации промышленности, учитывающий затраты на цифровую трансформацию промышленности в периоде t на j-того работника, занятого в высокотехнологичном и наукоемком производстве; α, β, γ – коэффициенты эластичности компонент функции, при этом $\alpha + \beta + \gamma = 1$</p>

№ п/п	Наименование параметра (единицы измерения)	Содержание параметра, его показатели (формула для расчета)
1	2	3
1.3	Экономическая эффективность цифровой трансформации промышленности	<p>Относительный показатель E_{DT}, характеризующий ДС высокотехнологичной и наукоемкой продукции к совокупной дисконтированной стоимости инвестиционных затрат, включая капитальные затраты на развитие и цифровую трансформацию:</p> $E_{DT} = \frac{P_{HI}}{d_i S_{t-5} + d_j I_{I(t-3)} + d_n I_{M(t-3)} + P_{Pt}}$ <p>где E_{DT} – экономическая эффективность цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь;</p> <p>P_{HI} – валовая добавленная стоимость высокотехнологичной и наукоемкой продукции обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, измеряемая в период t;</p> <p>S_{t-5} – затраты на научные исследования и разработки, измеряемый в период $t-5$;</p> <p>$I_{I(t-3)}$ – прямые иностранные инвестиции в период $t-3$;</p> <p>$I_{M(t-3)}$ – инвестиции, направленные на реконструкцию и модернизацию (в машины и оборудование) обрабатывающей промышленности в период $t-3$;</p> <p>P_{Pt} – затраты промышленных предприятий на технико-технологические инновации, в период t.</p> <p>d_{ti-n} – коэффициенты дисконтирования в отчетном периоде, который t вычисляется по формуле</p> $d_{ti} = \frac{1}{(Di + 1)^t}$ <p>где D – ставка дисконтирования, принятая на уровне фактической ставки процента по долгосрочным валютным кредитам банка при проведении расчетов в свободноконвертируемой валюте или принятая на уровне ставки рефинансирования при расчетах в национальной валюте</p>
1.4	Собственные затраты предприятия на цифровую трансформацию, тыс. рублей	Показатель P_P совокупных затрат предприятия на НИОКР(Т) и производство высокотехнологичной и наукоемкой продукции

№ п/п	Наименование параметра (единицы измерения)	Содержание параметра, его показатели (формула для расчета)
1	2	3
1.5	Затраты на научные исследования и разработки, тыс. рублей	Показатель наукоемкости, процентов от ВВП
1.6	Инвестиции, включая иностранные кредиты и займы, тыс. рублей	Показатель I инвестиционных поступлений, приведенный к единой валюте, тыс. рублей (включая иностранные кредиты и займы)
1.7	Чистая текущая стоимость цифровой трансформации промышленности (по проекту), тыс. рублей	Показатель NPV определяет совокупную величину дисконтированных доходов $NPV = \sum_{t=1}^k \frac{P_t}{(1+d)^t} - I$ где P_t – поступление средств от реализации высокотехнологичной и наукоемкой продукции в период t ; d – коэффициент дисконтирования; I – величина инвестиции в начале периода
1.8	Внутренняя норма доходности цифровой трансформации производства (по проекту), процентов	Показатель IRR представляет собой ставку дисконтирования при равенстве доходов от цифровой трансформации промышленности к величине инвестиций (затрат) $IRR = d_1 \frac{f(d_1)}{f(d_1) - f(d_2)} (d_1 - d_2)$ где d_1, d_2 – ставки дисконтирования, в интервале которых функция NPV меняет значение знака
1.9	Дисконтированный срок окупаемости цифровой трансформации (проекта)	Показатель T дисконтированного срока окупаемости показывает минимальное количество лет k при котором $\sum_{t=1}^k \frac{P_t}{(1+d)^t} \geq I$
1.10	Фондоотдача	Относительный показатель использования активов для увеличения объема продаж высокотехнологичной и наукоемкой продукции $F = \frac{V_p}{A}$ где V_p – объем реализации высокотехнологичной и наукоемкой продукции; A – активы
2	СОЦИАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ	

№ п/п	Наименование параметра (единицы измерения)	Содержание параметра, его показатели (формула для расчета)
1	2	3
2.1.	Доля занятых в наукоемком и высокотехнологичном производствах в общем числе занятых в промышленном производстве	Относительный показатель эластичности занятости в высокотехнологичном и наукоемком производстве (сопоставляется с целевым показателем, установленным по стране) $k_{HI} = \frac{N_{HI}}{N}$ N_{HI} – количество вновь созданных рабочих мест в сфере цифровой трансформации промышленности; N – численность занятых на промышленном предприятии
2.2	Производственный травматизм	Относительный показатель доли производственных площадей, занимаемых робототехникой, автоматизированным и интеллектуальным оборудованием $k_{ИП} = \frac{S_{ИП}}{S_{ПП}}$ где $S_{ИП}$ – производственные площади, занимаемые робототехникой, автоматизированным и интеллектуальным оборудованием; $S_{ПП}$ – производственные площади предприятия.
2.3	Профессиональные заболевания	Показатель $k_{тр}$ количественной оценки охраны труда технологического процесса: $k_{тр} = k_o k_{отр}$ где k_o – коэффициент охраны труда (зависит от выполняемой технологической операции); $k_{отр}$ – коэффициент охраны труда работающих
3	ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ	
3.1	Технико-технологическая безопасность	Относительный показатель T_t доли импортозамещающих цифровых промышленных систем и модулей $N_{рб}$ от общего числа внедряемых промышленных цифровых систем и модулей $N_{цм}$ в периоде t , процентов (сопоставляется с целевым показателем, установленным по отрасли) $T_t = \frac{N_{рб}}{N_{цм}}$
3.2	Патентоспособность	Относительный показатель числа $N_{рб}$ запатентованных цифровых технико-технологических средств к общему количеству патентов $N_{п}$ $k_p = \frac{N_{рб}}{N_{п}}$

№ п/п	Наименование параметра (единицы измерения)	Содержание параметра, его показатели (формула для расчета)
1	2	3
3.3	Техническое обеспечение цифровой трансформации промышленности	Относительный показатель $k_{то}$ автоматизированных и оборудованных интеллектуальными производственными системами рабочих мест к числу занятых в производстве $Nз$ $k_{то} = \frac{N_{цт}}{Nз}$
4	ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ	
4.1	Концентрация выбросов, тонн в год	Количественный показатель выбросов диоксида углерода CO_2
4.2	Производственные выбросы (тыс. тонн/тыс. рублей)	Промышленные выбросы на единицу добавленной стоимости $ДС$ промышленной продукции
4.3	Снижение загрязнения окружающей среды (земельных, водных ресурсов, уменьшение шума)	Относительный показатель снижения промышленных выбросов загрязняющих веществ (всего по видам выбросов)
4.4	Вторичная переработка отходов промышленного производства, воды или материалов	Относительный показатель переработанных отходов к производственным отходам предприятия
5	РЕСУРСНО-СЫРЬЕВЫЕ ПАРАМЕТРЫ	
5.1	Ресурсная безопасность, M_d	Относительный показатель доли собственных ресурсов предприятия P_{Pt} в объеме необходимых инвестиций I для проекта цифровой трансформации промышленности $M_d = \frac{P_{Pt}}{I}$
5.2	Сокращение материальных затрат, тыс. рублей	Интегральный показатель приведенных совокупных затрат $E_{pc} = PC_t - PC_{t+1} = [(C_t + d_i I_t) - (C_{t+1} + d_i I_{t+1})] V_{t+1}$, где PC_t – приведенные затраты до проекта; PC_{t+1} – приведенные затраты при реализации проекта; C_t – себестоимость продукции до проекта; C_{t+1} – себестоимость продукции при реализации проекта; I_t – инвестиции проектные;

№ п/п	Наименование параметра (единицы измерения)	Содержание параметра, его показатели (формула для расчета)
1	2	3
		I_{t+1} —инвестиции в ходе проекта; V_{t+1} —объем выпуска при реализации проекта; d_i, d_i коэффициенты дисконтирования
5.3	Сокращение энергозатрат, кВт.ч в год	Интегральный показатель энергозатрат PW_i , до проекта и при реализации проекта
5.4	Сокращение затрат на заработную плату, тыс. рублей	Интегральный показатель экономии заработной платы W_g до проекта и при реализации проекта

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А. на основании [162 – 171, 185 – 209]

На втором этапе методики агрегированной оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь предлагается выбрать для сравнения пять условных альтернативных вариантов внедрения модулей цифровой трансформации и на основании результатов анализа имеющихся статистических данных определить для каждого показателя его возможные значения.

В таблице 3.6 приведены соответствующие значения показателей оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности, а также значения целевых показателей по пяти возможным вариантам цифровых промышленных модулей на стадии проектирования. Из таблицы видно, что оценка вариантов проектов цифровых промышленных модулей производится по одинаковому количеству показателей. Макроэкономические показатели оценки эффективности цифровой трансформации, такие как совокупный выпуск промышленного продукта, затраты на научные исследования и разработки (наукоемкость) исключены, поскольку оказывают одинаковое влияние на альтернативные варианты проектов. Оценка результативности цифровой трансформации проводится по 22 показателям, сгруппированных в пять параметрических групп. Значения целевых показателей коррелируются с целевыми показателями государственных программ, действующих нормативно-законодательных актов Республики Беларусь.

Таблица 3.6 – Исходные данные для диагностики результативности альтернативных вариантов проектов цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь с учетом нормативных значений целевых показателей

№ п/п	Показатель параметрической группы	Проекты цифровой трансформации промышленности					Значение целевого показателя
		1	2	3	4	5	
1	2	3					4
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ							
1	Добавленная стоимость P_{HI} высокотехнологичной и наукоемкой продукции, измеряемая в период t , тыс. рублей	16500	14100	13500	12 630	11700	18360
2	Собственные затраты предприятия на цифровую трансформацию промышленности P_P , тыс. рублей	5500	4500	3700	7000	2500	7000
3	Инвестиции I , включая иностранные кредиты и займы, тыс. рублей	5500	6100	8900	4000	7700	4000
4	Экономическая эффективность цифровой трансформации промышленности E_{DT}	0,65	0,45	0,75	0,44	0,67	0,97
5	Чистая текущая стоимость цифровой трансформации промышленности (по проекту) NPV , тыс. рублей	1300	1756	1800	2200	3650	1500
6	Внутренняя норма доходности IRR цифровой трансформации производства (по проекту), процентов	36	32	34	24	24	25
7	Дисконтированный срок T окупаемости проекта цифровой трансформации k , лет	3	2	3	4	5	5
8	Фондоотдача F	3	2	2	4	5	5

№ п/п	Показатель параметрической группы	Проекты цифровой трансформации промышленности					Значение целевого показателя
		1	2	3	4	5	
1	2	3					4
СОЦИАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ							
9	Доля занятых в наукоемком и высокотехнологичном производствах в общем числе занятых в промышленном производстве k_{HI}	0,45	0,5	0,3	0,5	0,4	0,6
10	Производственный травматизм $k_{ИП}$	40	30	50	55	45	40
11	Профессиональные заболевания $k_{тр}$	0,23	0,38	0,35	0,47	0,48	0,4
ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ							
12	Технико-технологическая безопасность T_t	0,43	0,76	0,5	0,71	0,64	0,6
13	Доля запатентованных цифровых промышленных модулей k_p	0,25	0,4	0,63	0,23	0,81	0,8
14	Техническое обеспечение цифровой трансформации промышленности $k_{ТО}$	0,56	0,66	0,7	0,35	0,87	0,8
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ							
15	Концентрация выбросов CO_2 , тыс. тонн в год	20	25	40	45	50	20
16	Производственные выбросы на единицу $ДС$, (кг/рубль)	0,12	0,17	0,25	0,11	0,23	0,11
17	Относительный показатель снижения промышленных выбросов загрязняющих веществ (всего по видам выбросов), процентов	0,16	0,12	0,11	0,08	0,06	0,15
18	Относительный показатель переработанных отходов к производственным отходам предприятия, процентов	0,11	0,35	0,45	0,14	0,8	0,5

№ п/п	Показатель параметрической группы	Проекты цифровой трансформации промышленности					Значение целевого показателя
		1	2	3	4	5	
1	2	3					4
РЕСУРСНО-СЫРЬЕВЫЕ ПАРАМЕТРЫ							
19	Ресурсная безопасность, M_d	0,8	0,74	0,42	0,57	0,32	0,7
20	Сокращение материальных затрат E_{pc} , тыс. рублей в год	1,2	1,1	1,3	1,0	0,89	1,45
21	Сокращение энергозатрат, PW , кВт.ч в год	330	236	267	215	156	350
22	Сокращение затрат на заработную плату W_g , тыс. рублей в год	2450	1350	3220	2440	2900	2500

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А. на основании [163 – 170, 185– 198]

На третьем этапе методики агрегированной оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь производится линейная нормализация значений показателей из таблицы 3.6, имеющих различные единицы измерения. В результате линейной нормализации показатели по формулам 3.2 и 3.3 переводятся в форму индексов в числовом интервале от 0 до 1 ($I_{pi1} \in [0; 1], I_{pi2} \in [0; 1]$). Такой подход позволяет получить сравнимые числовые значения показателей и облегчает процесс их сопоставления.

$$I_{pi1} = \frac{P_{in} - P_{minn}}{P_{maxn} - P_{minn}} \quad 3.2$$

$$I_{pi2} = \frac{P_{in} - P_{maxn}}{P_{minn} - P_{maxn}} \quad 3.3$$

где I_{pi1} – значения индексов линейной нормализации, при условии чем выше значение показателя, тем выше предполагаемая результативность цифровой трансформации промышленности;

I_{pi2} – значения индексов линейной нормализации, при условии чем ниже значение показателя, тем выше предполагаемая результативность цифровой трансформации промышленности;

P_{in} – значение i -того показателя по n -ому проекту цифровой трансформации промышленности;

P_{maxn} – максимальное значение показателя по n-ому проекту цифровой трансформации промышленности;

P_{minn} – минимальное значение показателя по n-ому проекту цифровой трансформации промышленности.

Результаты линейной нормализации по каждому показателю приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Значения индексов линейной нормализации показателей результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь

№ п/п	Показатель параметрической группы	Проекты цифровой трансформации промышленности				
		1	2	3	4	5
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ						
1	Добавленная стоимость P_{HI} высокотехнологичной и наукоемкой продукции, измеряемая в период t , тыс. рублей	1	0,5	0,38	0,19	0
2	Собственные затраты предприятия на цифровую трансформацию промышленности P_P , тыс. рублей	0,67	0,44	0,27	1	0
3	Инвестиции I , включая иностранные кредиты и займы, тыс. рублей	0,69	0,57	0	1	0,25
4	Экономическая эффективность цифровой трансформации промышленности E_{DT}	0,68	0,03	1	0	0,74
5	Чистая текущая стоимость цифровой трансформации промышленности (по проекту) NPV , тыс. рублей	1	0,81	0,79	0,62	0
6	Внутренняя норма доходности IRR цифровой трансформации производства (по проекту), процентов	1	0,67	0,83	0	0
7	Дисконтированный срок T окупаемости проекта цифровой трансформации, k лет	0,67	1	0,67	0,33	0
8	Фондоотдача F	0	0,25	0,5	0,75	1
СОЦИАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ						
9	Доля занятых в наукоемком и высокотехнологичном производствах в общем числе занятых в промышленном производстве k_{HI}	0,75	1	0	1	0,5
10	Производственный травматизм $k_{ИП}$	0,6	1	0,2	0	0,4
11	Профессиональные заболевания $k_{тр}$	1	0,4	0,52	0,04	0

№ п/п	Показатель параметрической группы	Проекты цифровой трансформации промышленности				
ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ						
12	Технико-технологическая безопасность T_t	0	1	0,21	0,85	0,64
		1	2	3	4	5
14	Техническое обеспечение цифровой трансформации промышленности $k_{то}$	0,4	0,14	0,67	0	1
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ						
15	Концентрация выбросов CO_2 , тыс. тонн в год	1	0,83	0,33	0,17	0
16	Производственные выбросы на единицу $ДС$, (кг/рубль)	0,93	0,57	0	1	0,14
17	Относительный показатель снижения промышленных выбросов загрязняющих веществ (всего по видам выбросов), процентов	1	0,61	0,5	0,2	0
18	Относительный показатель переработанных отходов к производственным отходам предприятия, процентов	0	0,35	0,49	0,06	1
РЕСУРСНО-СЫРЬЕВЫЕ ПАРАМЕТРЫ						
19	Ресурсная безопасность M_d	1	0,86	0,21	0,52	0
20	Сокращение материальных затрат E_{pc} , тыс. рублей в год	0,76	0,51	1	0,26	0
21	Сокращение энгергозатрат PW , кВт.ч в год	1	0,46	0,06	0,34	0
22	Сокращение затрат на заробную плату W_g , тыс. рублей в год	0,59	0	1	0,58	0,83

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А.

На четвертом этапе методики агрегированной оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь производится пересчет индексов линейной нормализации показателей результативности цифровой трансформации промышленности. За основу пересчета в числовую шкалу желательности Харрингтона полученных индексов использована следующая экспоненциальная функция:

$$d_{in} = \exp(-\exp(-I_{pin})) \quad (3.4)$$

В соответствии с формулой 3.4 рассчитанные значения индексов d_{in} принадлежат линейному числовому промежутку от 0 до 1 с применением следующей шкалы ранжирования:

- от 0,1 до 0,2 – «очень плохо»;
- от 0,2 до 0,37 – «плохо»;
- от 0,37 до 0,63 – «удовлетворительно»;
- от 0,63 до 0,8 – «хорошо»;
- от 0,8 до 1 – «очень хорошо».

Значения, возвращенные экспоненциальной функцией желательности Харрингтона по каждому показателю оценки результативности цифровой трансформации промышленности, приводятся в таблице 3.8. Индекс каждого показателя может быть сопоставлен со шкалой и оценен в рамках «от очень плохого» прогнозируемого результата до «очень хорошего».

Таблица 3.8 – Значения показателей оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь по шкале желательности Харрингтона

№ п/п	Показатель параметрической группы	Проекты цифровой трансформации промышленности				
		1	2	3	4	5
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ						
1	Добавленная стоимость P_{HI} высокотехнологичной и наукоемкой продукции, измеряемая в период t , тыс. рублей	0,692	0,545	0,505	0,437	0,368
2	Собственные затраты предприятия на цифровую трансформацию промышленности P_P , тыс. рублей	0,599	0,525	0,466	0,692	0,368

№ п/п	Показатель параметрической группы	Проекты цифровой трансформации промышленности				
		1	2	3	4	5
3	Инвестиции I , включая иностранные кредиты и займы, тыс. рублей	0,606	0,568	0,368	0,692	0,459
4	Экономическая эффективность цифровой трансформации промышленности E_{DT}	0,603	0,379	0,692	0,368	0,621
5	Чистая текущая стоимость цифровой трансформации промышленности (по проекту) NPV , тыс. рублей	0,692	0,641	0,635	0,584	0,368
6	Внутренняя норма доходности IRR цифровой трансформации производства (по проекту), процентов	0,692	0,599	0,647	0,368	0,368
7	Дисконтированный срок T окупаемости проекта цифровой трансформации k , лет	0,599	0,692	0,599	0,487	0,368
8	Фондоотдача F	0,368	0,459	0,545	0,624	0,692
СОЦИАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ						
9	Доля занятых в наукоемком и высокотехнологичном производствах в общем числе занятых в промышленном производстве k_{HI}	0,624	0,692	0,368	0,692	0,545
10	Производственный травматизм $k_{ип}$	0,578	0,692	0,441	0,368	0,512
11	Профессиональные заболевания $k_{тр}$	0,692	0,512	0,552	0,383	0,368
ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ						
12	Технико-технологическая безопасность T_t	0,368	0,692	0,445	0,652	0,590
13	Доля запатентованных цифровых промышленных модулей k_p	0,380	0,473	0,606	0,368	0,692
14	Техническое обеспечение цифровой трансформации промышленности $k_{то}$	0,512	0,419	0,599	0,368	0,692
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ						
15	Концентрация выбросов CO_2 , тыс. тонн в год	0,692	0,647	0,487	0,430	0,368
16	Производственные выбросы на единицу $ДС$, (кг/рубль)	0,674	0,568	0,368	0,692	0,419
17	Относительный показатель снижения промышленных выбросов загрязняющих веществ (всего по видам выбросов), процентов	0,692	0,581	0,545	0,441	0,368
18	Относительный показатель переработанных отходов к производственным отходам предприятия, процентов	0,368	0,494	0,542	0,390	0,692
19	Ресурсная безопасность M_d	0,692	0,659	0,445	0,552	0,368

№ п/п	Показатель параметрической группы	Проекты цифровой трансформации промышленности				
		1	2	3	4	5
РЕСУРСНО-СЫРЬЕВЫЕ ПАРАМЕТРЫ						
20	Сокращение материальных затрат, E_{pc} тыс. рублей в год	0,626	0,549	0,692	0,463	0,368
21	Сокращение энергозатрат PW , кВт.ч в год	0,692	0,532	0,390	0,491	0,368
22	Сокращение затрат на заработную плату W_g , тыс. рублей в год	0,574	0,368	0,692	0,571	0,647
Обобщенный агрегированный параметр результативности D_{in}		0,567	0,540	0,510	0,485	0,460

Примечание – Источник: разработка Зубрицкой И. А.

На пятом этапе методики агрегированной оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь рассчитываются значения агрегированного параметра результативности по каждому альтернативному варианту условного проекта цифрового промышленного модуля как среднего геометрического индексов желательности Харрингтона по следующей формуле:

$$D_{in} = \sqrt[n]{d_{11}d_{12} \dots d_{in}} \quad (3.5)$$

где n – количество показателей параметрических групп оценки результативности цифровой трансформации промышленности.

Результаты расчета приводятся в последней строке таблице 3.8. На основании значений агрегированного параметра результативности D_{in} , с применением шкалы ранжирования проекты цифровых промышленных модулей могут рассматриваться в порядке убывания прогнозируемого результата от первого со сравнительно высоким удовлетворительным результатом до пятого – с самым низким.

Таким образом, предлагаемая методика агрегированной оценки результативности цифровой трансформации также может быть использована в комплексной диагностике и оценке результатов цифровой трансформации промышленного предприятия, промышленных объединений, отраслей народного хозяйства и национальной экономики в целом.

Методика агрегированной оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь может стать альтернативной комплексной методикой существующим методикам расчета эффективности инновационных проектов, а также может быть использована для комплексной оценки инвестиционных проектов в краткосрочном периоде диагностики результативности, которые базируются на финансовой составляющей как основы ожидаемого результата.

Разработанная методика агрегированной оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь может быть использована для диагностики разнообразных результатов и определения характера ее влияния на конкурентоспособность национальной экономики и может производиться с использованием агрегированной оценки разноаспектных количественных и качественных эффектов с использованием традиционных методик расчета дисконтированных и совокупных приведенных затрат. Это отличает предлагаемую методику агрегированной оценки результативности цифровой трансформации обрабатывающей промышленности от существующих методик оценки эффективности инновационных проектов, которые базируются на стоимостной концепции оценки и на методах сравнительной экономической эффективности, а также методах оценки финансовых потоков в течение жизненного цикла инновационного проекта.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно сделать два главных вывода. Во-первых, результативность цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь зависит от интенсивности и масштаба технико-технологических преобразований в обрабатывающей промышленности, обеспечивающих оперативную адаптацию требованиям международного промышленного рынка высокотехнологичной и наукоемкой продукции. Во-вторых, объектами конкурентоспособности обрабатывающей промышленности Республики Беларусь становятся ключевые параметры высокотехнологичных и наукоемких промышленных продуктов с высокой цифровой и интеллектуальной компонентой, которые формируются в процессе цифровой трансформации обрабатывающей промышленности и создаются на всех стадиях производства высокотехнологичной и наукоемкой промышленной продукции. Это в свою очередь будет содействовать повышению технико-технологического

уровня обрабатывающей промышленности и создаст предпосылки для привлечения в промышленность дополнительных отечественных и иностранных инвестиций.

В заключении отметим, что для объективного учета влияния цифровой трансформации промышленности на макроэкономические параметры в долгосрочной перспективе, необходимо исследовать компоненты удельного промышленного выпуска, который может быть формализован в следующем виде:

$$ВП_t = a e^{\gamma t} Ицт_{tj}^{\beta} K_{ti}^{\alpha} \quad (3.6)$$

где $ВП_t$ – выпуск продукции обрабатывающей промышленной в период времени t на одного работника, занятого в обрабатывающей промышленности;

$a e^{\gamma t}$ – экспоненциальный коэффициент, учитывающий темп накопления цифровой трансформации;

K_{ti} – производственный капитал в обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в период t , приходящийся на i -го работника, занятого в обрабатывающей промышленности;

$Ицт_{tj}$ – индекс интенсивности развития цифровой трансформации промышленности, учитывающий затраты на цифровую трансформацию промышленности в периоде t на j -того работника, занятого в высокотехнологичном и наукоемком производстве;

α, β, γ – коэффициенты эластичности компонент функции, при этом $\alpha + \beta + \gamma = 1$

Предлагаемая модель отличается от существующих моделей экономического роста применением в ней ранее не используемого индекса интенсивности развития цифровой трансформации промышленности, который учитывает совокупные затраты на развитие цифровой трансформации в долгосрочном периоде на каждого работника, занятого в высокотехнологичном и наукоемком производстве. Использование индекса цифровой трансформации в составе модели (уравнение 3.6) позволит приблизительно точно спрогнозировать экономический рост в долгосрочной перспективе.

Ввиду недостаточности эмпирических данных для проведения экспертизы предлагаемой модели оценки влияния цифровой трансформации промышленности на экономический рост страны, можно выделить некоторые макроэкономические последствия влияния

цифровой трансформации в виде гипотез, основанных на декомпозиции производственных и логистических функций:

- цифровая трансформация промышленности вызовет экономический рост при достижении масштабной диффузии и высокой интенсивности внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов в промышленное производство, что приведет к росту производительности труда и соответственно экономическому росту;

- существует значительная задержка во времени (временной лаг) от момента поступления инвестиций в проекты цифровой трансформации промышленности до получения результата;

- страны, обладающие высокоразвитой цифровой экосистемой, методами и инструментами внедрения цифровой трансформации промышленности демонстрируют положительный тренд экономического роста.

Более того, залогом достижения поставленных стратегических целей в развитии цифровой трансформации промышленности является формирование согласованной национальной промышленной политики в рамках интеграционных экономических объединений, прежде всего ЕАЭС.

Наряду с финансово-инвестиционным и административным объединением национальных промышленных предприятий с основными потребителями продукции в странах ЕАЭС, стратегически важным является создание и интеграция их в производственно-технологические цепочки с целью национального предложения уникальных, ключевых компетенций, не передаваемых в другие звенья сквозной интегрированной цепочки создания стоимости. Наличие национальных уникальных компетенций является гарантией включения промышленных предприятий Республики Беларусь в сквозные международные цепочки создания стоимости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года [Электронный ресурс] : одобр. Президиумом Совета Министров Респ. Беларусь, 2 мая 2017 г., № 10 // Министерство экономики Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://economy.gov.by/uploads/files/NSUR2030/Natsionalnaja-strategija-ustojchivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-Respubliki-Belarus-na-period-do-2030-goda.pdf>. – Дата доступа: 12.03.2019.
2. Нехорошева, Л. Н. Глобальные вызовы в контексте четвертой промышленной революции: новые требования к национальной экономике и угроза возникновения «технологической пропасти» / Л. Н. Нехорошева // Стратегия развития экономики Беларуси: вызовы, инструменты реализации и перспективы : сб. науч. ст. : в 4 ч. / НАН Беларуси, Ин-т экономики НАН Беларуси ; редкол.: В. И. Бельский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Ч. 1. – С. 95–109.
3. Шваб, К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб. – М. : Эксмо, 2016. – 209 с.
4. Бланки, Ж. А. История политической экономии в Европе с древнейшего до настоящего времени : в 2 т. / Ж. А. Бланки ; пер. с 4-го фр. изд. П. А. Бибикова. – Изд. 2-е. – М. : URSS : Либроком, 2012. – Т. 2 : От XVIII до первой трети XIX века. – 428 с.
5. Энгельс, Ф. Положение рабочего класса в Англии / Ф. Энгельс. – СПб. : Молот, 1905. – 240 с.
6. Маркс, К. Капитал: критика политической экономии : в 3 кн. / К. Маркс ; предисл. Ф. Энгельса. – М. : Политиздат, 1973–1978. – 3 кн.
7. Маркс, К. Машины. Применение природных сил и науки (пар, электричество, механические и химические факторы) / К. Маркс // Сочинения : в 50 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – Изд. 2-е. – М., 1973. – Т. 47. – С. 351–583.
8. Ленин, В. И. Полное собрание сочинений : в 55 т. / В. И. Ленин. – 5-е изд. – М. : Политиздат, 1975–1983. – Т. 3 : Развитие капитализма в России. – 1975. – 791 с.
9. Ленин, В. И. Развитие капитализма в России / В. И. Ленин // Полн. собр. соч. в 55 т. – 5 изд. – М., 1975. – Т. 2. – 591 с.
10. Маркс, К. Манифест Коммунистической партии / К. Маркс, Ф. Энгельс. – М. : Политиздат, 1989. – 62 с.
11. Тойнби, А. Промышленный переворот в Англии в XVIII столетии : пер. с англ. / А. Тойнби ; предисл. А. И. Чупрова. – Изд. стер. – М. : URSS : Либроком, 2015. – XIX, 329 с.
12. Манту, П. Промышленная революция XVIII столетия в Англии / П. Манту ; пер. с фр. М. Е. Ландау. – М. ; Л. : Гос. изд-во, 1925. – XIV, [2], 359 с.
13. Бродель, Ф. Материальная цивилизация, экономика и капитализм, XV–XVIII вв. : пер. с фр. : в 3 т. / Ф. Бродель ; вступ. ст. и ред. Ю. Н. Афанасьева. – М. : Весь мир, 2006–2007. – Т. 3 : Время мира. – 2007. – 731 с.

14. Хобсбаум, Э. Дж. Век капитала, 1848–1875 / Э. Дж. Хобсбаум ; пер. с англ. Т. Горяиновой, В. Белоножко. – Ростов н/Д : Феникс, 1999. – 476 с.
15. Хикс, Д. Теория экономической истории : пер. с англ. / Д. Хикс ; под общ. ред. и с вступ. ст. Р. М. Нуреева. – М. : Журн. «Вопр. экономики», 2005. – 223 с.
16. Валлерстайн, И. Анализ мировых систем и ситуация в современном мире : сборник / И. Валлерстайн ; пер. с англ. П. М. Кудюкина ; под ред. Б. Ю. Кагарлицкого. – СПб. : Унив. кн., 2001. – 414 с.
17. Transforming the revolution: social movements and the world-system / S. Amin [et al.]. – New York : Monthly Rev. Press, 1990. – 187 p.
18. Аллен, Р. Глобальная экономическая история : крат. введ. / Р. Аллен ; пер. с англ. Ю. Каптуревского. – М. : Изд-во Ин-та Гайдара, 2013. – 221 с.
19. Аллен, Р. Британская промышленная революция в глобальной картине мира / Р. Аллен ; пер. с англ. Н. В. Автономовой ; под ред. В. С. Автомова. – М. : Изд-во Ин-та Гайдара, 2014. – 441 с.
20. Розенберг, Н. Как Запад стал богатым: экономическое преобразование индустриального мира / Н. Розенберг, Л. Е. Бирдцелл (мл.) ; пер. с англ. под ред. Б. Пинскера. – Новосибирск : Экор, 1995. – 351 с.
21. Энтов, Р. М. Промышленный переворот / Р. М. Энтов // Экономическая энциклопедия: политическая экономия : в 4 т. / Отд-ние экономики Акад. наук СССР ; гл. ред. А. М. Румянцев. – М., 1979. – Т. 3. – С. 384–387.
22. Ефимов, А. Н. Промышленность / А. Н. Ефимов // Экономическая энциклопедия. Промышленность и строительство : в 3 т. / редкол.: А. Н. Ефимов (гл. ред.) [и др.]. – М., 1964. – Т. 2. – Стб. 716–735.
23. Промышленная революция // Большая энциклопедия : в 62 т. / гл. ред. С. А. Кондратов. – М., 2006. – Т. 39. – С. 313.
24. Промышленная революция // Мир в XIX веке / М. Айзенштат [и др.] ; науч.-ред. совет: А. О. Чубарьян (пред.) [и др.]. – М., 2009. – С. 317–327.
25. Чураков, Д. Промышленный переворот в России / Д. Чураков // Российская империя / Л. Багрова [и др.] ; науч.-ред. совет: А. О. Чубарьян (пред.) [и др.]. – М., 2009. – С. 485–487.
26. Промышленная революция [Электронный ресурс] // Академик : слов. и энцикл. на Академике. – Режим доступа: https://dic.academic.ru/dic.nsf/fin_enc/27939/. – Дата доступа: 12.03.2019.
27. Глазьев, С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / С. Ю. Глазьев. – М. : ВладДар, 1993. – 310 с.
28. Глазьев, С. Ю. Стратегия опережающего развития и интеграции на основе становления шестого технологического уклада / С. Ю. Глазьев // Партнерство цивилизаций. – 2013. – № 1/2. – С. 195–232.
29. Байнев, В. Ф. «Четвертая промышленная революция» как технико-технологический и политико-экономический феномен / В. Ф. Байнев, Чжан Бинь // Новая экономика. – 2017. – № 1. – С. 4–10.

30. Байнев, В. Ф. Техничко-технологические и политико-экономические основы четвертой промышленной революции / В. Ф. Байнев // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых, социальных и инженерных подходов : сб. материалов X Междунар. науч.-практ. конф., 30 марта 2017 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: С. Ю. Солодовников (пред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 27–29.
31. Байнев, В. Ф. Четвертая промышленная революция как глобальный инновационный проект / В. Ф. Байнев // Наука и инновации. – 2017. – № 3. – С. 38–41.
32. Рифкин, Д. Третья промышленная революция: как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом / Д. Рифкин ; пер. с англ. В. Ионов. – М. : Альпина нон-фикшн, 2014. – 409 с.
33. Тоффлер, Э. Третья волна / Э. Тоффлер. – М. : АСТ, 2010. – 795 с.
34. Тоффлер, Э. Шок будущего / Э. Тоффлер ; пер. с англ.: Е. Руднева [и др.]. – М. : АСТ, 2008. – 557 с.
35. Тоффлер, Э. Война и антивоина: что такое война и как с ней бороться, как выжить на рассвете XXI века : пер. с англ. / Э. Тоффлер, Х. Тоффлер. – М. : АСТ : Транзиткнига, 2005. – 412 с.
36. Тоффлер, Э. Революционное богатство: как оно будет создано и как оно изменит нашу жизнь : пер. с англ. / Э. Тоффлер, Х. Тоффлер. – М. : АСТ [и др.], 2008. – 569 с.
37. Мокир, Д. Рычаг богатства: технологическая креативность и экономический прогресс / Д. Мокир ; пер. с англ. Н. Эдельмана ; под науч. ред. Т. Дробышевского, А. Смирнова. – М. : Изд-во Ин-та Гайдара, 2014. – 502 с.
38. Друкер, П. Ф. Эпоха разрыва: ориентиры для нашего меняющегося общества / П. Ф. Друкер. – М. [и др.] : Вильямс, 2007. – 322 с.
39. Лукас, Р. Э. Лекции по экономическому росту / Р. Э. Лукас ; пер. с англ. Д. Шестакова. – М. : Изд-во Ин-та Гайдара, 2013. – 281 с.
40. Голдстоун, Д. А. Почему Европа?: возвышение Запада в мировой истории, 1500–1850 / Д. А. Голдстоун ; пер. с англ.: М. Рудаков, И. Кушнарера. – М. : Изд-во Ин-та Гайдара, 2014. – 299 с.
41. История мировой культуры : учеб. пособие : в 4 ч. / У. Д. Розенфельд [и др.]. – Гродно : Гродн. гос. ун-т, 1996–1998. – Ч. 1. – 1996. – 130 с.
42. Гусейнов, Р. М. Экономическая история. История экономических учений : учебник / Р. М. Гусейнов, В. А. Семенихина. – 3-е изд., стер. – М. : Омега-Л, 2009. – 383 с.
43. Погребинская, В. А. Социально-экономическая модернизация России и мира в период второй промышленной революции (последняя треть XIX – начало XX в.) : учеб. пособие / В. А. Погребинская. – М. : Инфра-М, 2012. – 223 с.
44. Конотопов, М. В. История экономики России : учебник / М. В. Конотопов, С. И. Сметанин. – 8-е изд., стер. – М. : КноРус, 2015. – 351 с.
45. Меерсон, Б. Лекции по истории западной цивилизации XX века. Лекция 1. Введение в XX век. Что такое модернизация? / Б. Меерсон, Д. Прокудин // Знание – сила. – 1994. – № 7. – С. 91–97.

46. Байнев, В. Ф. Индустриальная революция в «постиндустриальном пространстве» / В. Ф. Байнев // Беларус. думка. – 2017. – № 5. – С. 58–63.

47. Байнев, В. Ф. О системных ограничениях экономического развития в условиях четвертой индустриальной революции / В. Ф. Байнев, В. Т. Винник // Стратегия развития экономики Беларуси: вызовы, инструменты реализации и перспективы : сб. науч. ст. : в 4 ч. / НАН Беларуси, Ин-т экономики НАН Беларуси ; редкол.: В. И. Бельский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Ч. 1. – С. 3–6.

48. Vajnev, V. F. Belarus on the background of global industrial development trends / V. F. Vajnev, O. S. Bliznyuck // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экономика. – 2017. – № 2. – С. 111–119.

49. Анализ мирового опыта развития промышленности и подходов к цифровой трансформации промышленности государств – членов Евразийского экономического союза [Электронный ресурс] : информ.-аналит. отчет, Москва, янв. 2017 г. // Евразийская экономическая комиссия. – Режим доступа: <https://tinyurl.com/y4olu52r>. – Дата доступа: 14.03.2019.

50. Нехорошева, Л. Н. Современные глобальные вызовы и угрозы: «новая нормальность» и «турбулентность экономики» / Л. Н. Нехорошева // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19–20 мая 2016 г. : в 2 т. / Белорус. гос. экон. ун-т ; редкол.: В. Н. Шимов (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 1. – С. 207–210.

51. Нехорошева, Л. Н. Возможности использования качественных факторов развития в условиях турбулентности экономики / Л. Н. Нехорошева // Модели хозяйственного развития: теория и практика : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. юбилею проф. Л. Ц. Бадмахалгаева / Калм. ун-т ; редкол.: Б. К. Салаев [и др.]. – Элиста, 2015. – С. 144–152.

52. Нехорошева, Л. Н. Инновационная безопасность в условиях новых глобальных вызовов и угроз / Л. Н. Нехорошева // Актуальные проблемы социально-гуманитарного знания в контексте обеспечения национальной безопасности : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–15 апр. 2016 г. : в 3 ч. / Воен. акад. Респ. Беларусь [и др.] ; редкол.: В. А. Ксенофонов (пред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Ч. 2. – С. 123–127.

53. Нехорошева, Л. Н. Изменение инновационного ландшафта в контексте формирования Индустрии 4.0: новые угрозы и первоочередные задачи / Л. Н. Нехорошева // Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы / А. А. Алетдинова [и др.] ; под ред. А. В. Бабкина. – СПб., 2017. – С. 29–50.

54. Нехорошева, Л. Модели коммерциализации результатов научно-технической деятельности / Л. Нехорошева, Е. Милоста // Наука и инновации. – 2017. – № 2. – С. 52–56.

55. Об утверждении Государственной программы развития цифровой экономики и информационного общества на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 23 марта 2016 г.,

№ 235 : в ред. постановления Совета Министров Респ. Беларусь от 09.11.2018 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

56. Об Основных направлениях реализации цифровой повестки Евразийского экономического союза до 2025 года [Электронный ресурс] : решение Высш. Евраз. экон. совета, 11 окт. 2017 г., № 12 // Евразийская экономическая комиссия. – Режим доступа: <https://tinyurl.com/y5wwpv2z>. – Дата доступа: 14.03.2019.

57. Данильченко, А. В. Перспективы развития интеграционных процессов в ЕАЭС / А. В. Данильченко, Е. А. Семак // Стратегия развития экономики Беларуси: вызовы, инструменты реализации и перспективы : сб. науч. ст. : в 4 ч. / НАН Беларуси, Ин-т экономики НАН Беларуси ; редкол.: В. И. Бельский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Ч. 1. – С. 57–62.

58. Трансформация // Большой экономический словарь : 26500 терминов / под ред. А. Н. Азрилияна. – Изд. 7-е, доп. – М., 2008. – С. 1265.

59. Райзберг, Б. А. Трансформация / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева // Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева ; под общ. ред. Б. А. Райзберга. – 6-е изд., перераб. и доп. – М., 2013. – С. 435.

60. Трансформация мировой экономики // Экономическая энциклопедия / Ин-т экономики Рос. акад. наук ; редкол.: Л. И. Абалкин (гл. ред.) [и др.]. – М., 1999. – С. 851–852.

61. Королев, М. И. Трансформация / М. И. Королев // Экономика. Риски. Защита : словарь-справочник / М. И. Королев. – М., 2008. – С. 703.

62. Трансформация // Большая экономическая энциклопедия : более 7000 экон. терминов и понятий / Т. П. Варламова [и др.]. – М., 2007. – С. 681.

63. Райзберг, Б. А. Промышленность / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева // Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева ; под общ. ред. Б. А. Райзберга. – 6-е изд., перераб. и доп. – М., 2015. – С. 334.

64. Промышленность // Большая экономическая энциклопедия : более 7000 экон. терминов и понятий / Т. П. Варламова [и др.]. – М., 2007. – С. 516.

65. Гавриленко, В. Г. Промышленность / В. Г. Гавриленко // Экономика : энцикл. слов. / В. Г. Гавриленко. – Минск, 2009. – С. 474.

66. Глоссарий [Электронный ресурс] // Евразийская экономическая комиссия. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/dmi/workgroup/Pages/glossary.aspx>. – Дата доступа: 14.03.2019.

67. Цифровая трансформация промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf. – Дата доступа: 09.10.2018.

68. Решение ЕМС №4 от 25.10.2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01415257/icd_09112017_4. – Дата доступа: 09.10.2018.

69. Об утверждении Государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 21 апр. 2016 г., № 327 : в ред. постановления Совета Министров Респ. Беларусь от 14.12.2018 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.
70. Гэлбрейт, Д. К. Великий крах 1929 года / Д. К. Гэлбрейт ; пер. с англ. С. Э. Борич. – Минск : Попурри, 2009. – 255 с.
71. Гэлбрейт, Д. К. Новое индустриальное общество ; Избранное / Д. К. Гэлбрейт. – М. : Эксмо, 2008. – 1197 с.
72. Гэлбрейт, Д. К. Экономика невинного обмана: правда нашего времени / Д. К. Гэлбрейт. – М. : Европа, 2009. – 86 с.
73. Романова, Е. С. Реструктуризация РУП «Белпочта»: предпосылки и направления реализации / Е. С. Романова // Современные средства связи : материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 7–9 окт. 2008 г. / Вышш. гос. колледж связи [и др.] ; редкол.: М. А. Баркун [и др.]. – Минск, 2008. – С. 72–73.
74. Угарина, Т. А. Государственное регулирование инвестиционных процессов в промышленности Республики Беларусь / Т. А. Угарина // Экон. бюл. Науч.-исслед. экон. ин-та М-ва экономики Респ. Беларусь. – 2015. – № 1. – С. 10–17.
75. Шаралдаева, И. А. Теоретические основы реструктуризации : учеб. пособие / И. А. Шаралдаева. – Улан-Удэ : Вост.-Сиб. гос. технол. ун-т, 2005. – 162 с.
76. Реструктуризация // Большой экономический словарь : 26500 терминов / под ред. А. Н. Азрилияна. – 7-е изд. доп. – М., 2008. – С. 1021.
77. Сорвилов, Б. В. Информационная экономика : учеб. пособие / Б. В. Сорвилов, Р. М. Нижегородцев, А. М. Баранов. – М. : Интеграция, 2015. – 373 с.
78. Раппопорт, А. Н. Реструктуризация российской электроэнергетики: методология, практика, инвестирование / А. Н. Раппопорт. – М. : Экономика, 2005. – 213 с.
79. Глобальное исследование цифровых операций в 2018 г. «Цифровые чемпионы» [Электронный ресурс] // PwC. – Режим доступа: <https://www.pwc.ru/ru/iot/digital-champions.pdf>. – Дата доступа: 14.03.2019.
80. Садовский, Г. Л. Анализ современных тенденций цифровой трансформации промышленности [Электронный ресурс] / Г. Л. Садовский // Молодой ученый. – 2017. – № 14. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/148/41804/>. – Дата доступа: 14.03.2019.
81. Гританс, Я. М. Организационное проектирование и реструктуризация (реинжиниринг) предприятий и холдингов: экономические, управленческие и правовые аспекты : практ. пособие / Я. М. Гританс. – 2-е изд., доп. – М. : ВолтерсКлувер, 2008. – 213 с.

82. «Индустрия 4.0»: создание цифрового предприятия [Электронный ресурс] : Всемир. обзор реализации концепции «Индустрия 4.0» за 2016 г. // PwC. – Режим доступа: https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf/. – Дата доступа: 14.03.2019.
83. Равал, С. Децентрализованные приложения: технология Blockchain в действии / С. Равал ; пер. с англ. А. Киселев. – СПб. [и др.] : Питер : Питер Пресс, 2017. – 190 с.
84. Ковалев, М. М. Цифровая экономика – шанс для Беларуси / М. М. Ковалев, Г. Г. Головенчик. – Минск : Издат. центр Белорус. гос. ун-та, 2018. – 327 с.
85. Трансформация промышленности в цифровой экономике – проектирование и производство / В. П. Куприяновский [и др.] // Intern. J. of Open Inform. Technologies. – 2017. – Vol. 5, № 1. – P. 50–62.
86. Брусакова, И. А. Инжиниринг инноваций при модернизации наукоемких производств / И. А. Брусакова // Инновации. – 2016. – № 6. – С. 124–127.
87. Марш, П. Новая промышленная революция: потребители, глобализация и конец массового производства / П. Марш ; пер. с англ. А. Шоломицкой. – М. : Изд-во Ин-та Гайдара, 2015. – 419 с.
88. Якушенко, К. В. Формирование единого информационного пространства международных экономических объединений: опыт ЕАЭС / К. В. Якушенко // Женщины-ученые Беларуси и Казахстана : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., Минск, 1–2 марта 2018 г. / Белорус. гос. ун-т [и др.] ; редкол.: И. В. Казакова [и др.]. – Минск, 2018. – С. 367–370.
89. Сидорский, С. С. Инновации как фактор устойчивого развития реального сектора государств – членов ЕАЭС / С. С. Сидорский // Стратегия развития экономики Беларуси: вызовы, инструменты реализации и перспективы : сб. науч. ст. : в 4 ч. / НАН Беларуси, Ин-т экономики НАН Беларуси ; редкол.: В. И. Бельский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Ч. 1. – С. 145–150.
90. Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] : Указ Президента Респ. Беларусь, 15 дек. 2016 г., № 466 : в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 30.11.2017 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.
91. О Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] : Указ Президента Респ. Беларусь, 31 янв. 2017 г., № 31 : в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 13.06.2018 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.
92. Система экономических институтов Республики Беларусь / А. Е. Дайнеко [и др.] ; под общ. ред. А. Е. Дайнеко. – Минск : Беларус. навука, 2015. – 277 с.
93. Норт, Д. Институты и экономический рост: историческое введение / Д. Норт // THESIS. – 1993. – Вып. 2. – С. 69–91.

94. Норт, Д. С. Институты, идеология и эффективность экономики / Д. С. Норт // От плана к рынку: будущее посткоммунистических республик / под ред. Л. И. Пияшевой, Д. А. Дорна. – М., 1993. – С. 307–319.
95. Норт, Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики / Д. Норт ; пер. с англ. А. Н. Нестеренко ; науч. ред. Б. З. Мильнера. – М. : Фонд экон. кн. «Начала», 1997. – 180 с.
96. Норт, Д. Институциональные изменения: рамки анализа / Д. Норт // Вопр. экономики. – 1997. – № 3. – С. 7–12.
97. Коуз, Р. Г. Фирма, рынок и право : сб. ст. / Р. Г. Коуз. – М. : Фонд «Либер. миссия» : Новое изд-во, 2007. – 221 с.
98. Вильямсон, О. И. Экономические институты капитализма: фирмы, рынки, «отношенческая» контрактация / О. И. Вильямсон ; пер. с англ.: Ю. Е. Благова [и др.] ; науч. ред. и вступ. ст. В. С. Катькало. – СПб. : Лениздат : CEV Press, 1996. – 702 с.
99. Эггертссон, Т. Экономическое поведение и институты / Т. Эггертссон ; пер. с англ. М. Я. Каждана. – М. : Дело, 2001. – 407 с.
100. Denzau, A. Shared mental models: ideologies and institutions / A. Denzau, D. North // Kykios. – 1994. – Vol. 47, № 1. – P. 3–31.
101. Бруннер, К. Представление о человеке и концепция социума: два подхода к пониманию общества / К. Бруннер // THESIS. – 1993. – Вып. 3. – С. 51–72.
102. Олейник, А. Н. Институциональная экономика : учеб. пособие / А. Н. Олейник. – М. : Инфра-М, 2012. – 414 с.
103. Сухарев, О. С. Институциональная экономика: теория и политика / О. С. Сухарев. – М. : Наука, 2008. – 862 с.
104. Лемещенко, П. С. Институциональная экономика: теория, политика, практика : учеб. пособие / П. С. Лемещенко. – Минск : Мисанта, 2015. – 699 с.
105. Лученок, А. И. Институты правят экономикой / А. И. Лученок. – Минск : Беларус. навука, 2018. – 279 с.
106. Баранов, А. М. Разработка институционально-правовой регламентации создания информационных кластеров Беларуси: опыт ЕС и ЕАЭС / А. М. Баранов, Е. А. Западнюк // Изв. Гомел. гос. ун-та. – 2016. – № 5. – С. 95–100.
107. Норт, Д. Понимание процесса экономических изменений / Д. Норт ; пер. с англ.: К. Мартынов, Н. Эдельман. – М. : Изд. дом Гос. ун-та – Высш. шк. экономики, 2010. – 253 с.
108. Институт // Большой экономический словарь : 26500 терминов / под ред. А. Н. Азрилияна. – 7-е изд., доп. – М., 2008. – С. 375.
109. Райзберг, Б. А. Институт / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева // Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева ; под общ. ред. Б. А. Райзберга. – 6-е изд., перераб. и доп. – М., 2015. – С. 165.
110. Румянцева, Е. Е. Институционализм / Е. Е. Румянцева // Новая экономическая энциклопедия / Е. Е. Румянцева. – 2-е изд. – М., 2006. – С. 180.

111. Дерябина, М. А. Институт / М. А. Дерябина // Популярная экономическая энциклопедия / редкол.: А. Д. Некипелов (гл. ред.) [и др.]. – М., 2003. – С. 96–97.

112. Вечканов, Г. С. Институционализм / Г. С. Вечканов, Г. Р. Вечканова // Современная экономическая энциклопедия / Г. С. Вечканов, Г. Р. Вечканова. – СПб., 2002. – С. 212–213.

113. Договор о Евразийском экономическом союзе [Электронный ресурс] : подписан в г. Астане 29.05.2014 г. // Таможенные органы Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.customs.gov.by/uploads/gtk/files/document/uchastnikam-VED/klassifikatsija-tovara/razdel-9-Dogovora-o-Evrazijskom-ekonomicheskom-sojuze.pdf>. – Дата доступа: 20.03.2019.

114. Цифровая повестка Евразийского экономического союза до 2025 года: перспективы и рекомендации [Электронный ресурс] : обзор // Евразийская экономическая комиссия. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/dmi/SiteAssets/Обзор%20ВБ.pdf>. – Дата доступа: 15.03.2019.

115. Об основных направлениях промышленного сотрудничества в рамках Евразийского экономического союза [Электронный ресурс] : решение Евраз. межправительств. совета, 8 сент. 2015 г., № 9 // Евразийский экономический союз. – Режим доступа: https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/0148482/icd_10092015_9. – Дата доступа: 15.03.2019.

116. Об утверждении плана разработки актов и мероприятий по реализации Основных направлений промышленного сотрудничества в рамках Евразийского экономического союза [Электронный ресурс] : решение Совета Евраз. экон. комис., 17 марта 2016 г., № 17 // ЭТАЛОН. Международные договоры / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

117. О Концепции создания евразийской сети промышленной кооперации и субконтрактации [Электронный ресурс] : решение Совета Евраз. экон. комис., 21 дек. 2016 г., № 143 // Евразийская экономическая комиссия. – Режим доступа: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_prom/SiteAssets/Reshenie-o-sozdanii-ESPKS.pdf. – Дата доступа: 15.03.2019.

118. О распространении наилучших практик создания и обеспечения функционирования объектов индустриально-инновационной инфраструктуры государств – членов Евразийского экономического союза (ЕАЭС) [Электронный ресурс] : рекомендация Коллегии Евраз. экон. комис., 27 дек. 2016 г., № 37 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by/document/?guid=3871&p0=F01600415>. – Дата доступа: 15.03.2019.

119. Об утверждении Положения о формировании и функционировании евразийских технологических платформ [Электронный ресурс] : решение Евраз. межправительств. совета, 13 апр. 2016 г., № 2 // ЭТАЛОН. Международные договоры / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

120. О Концепции создания и функционирования евразийской сети трансфера технологий [Электронный ресурс] : решение Совета Евраз. экон. комис., 30 марта 2018 г., № 23 // ЭТАЛОН. Международные договоры / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

121. Об утверждении перечня государственных программ научных исследований на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 июня 2015 г., № 483 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

122. О развитии цифровой экономики [Электронный ресурс] : Декрет Президента Респ. Беларусь, 21 дек. 2017 г., № 8 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

123. О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства [Электронный ресурс] : Директива Президента Респ. Беларусь, 14 июня 2007 г., № 3 : в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 26.01.2016 г. // Президент Республики Беларусь : офиц. Интернет-портал Президента Респ. Беларусь. – Режим доступа: http://president.gov.by/ru/official_documents_ru/view/direktiva-3-ot-14-ijunja-2007-g-1399. – Дата доступа: 15.03.2019.

124. Стратегия «Наука и технологии 2018–2040» [Электронный ресурс] : решение Пятого Всебелорусского народного собрания. – Режим доступа: http://president.gov.by/ru/news_ru/view/uchastie-v-pjatom-vsebelorusskom-narodnom-sobranii-1386. – Дата доступа: 25.03.2018.

125. Об утверждении Программы развития промышленного комплекса Республики Беларусь на период до 2020 года [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 5 июля 2012 г., № 622 : в ред. постановления Совета Министров Респ. Беларусь от 30.12.2015 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

126. Об утверждении Государственной программы развития машиностроительного комплекса Республики Беларусь на 2017–2020 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 7 авг. 2017 г., № 588 // Министерство промышленности Республики Беларусь. – Режим доступа: http://minprom.gov.by/govern_progr. – Дата доступа: 15.03.2019.

127. Шутилин, В. Ю. Конкурентный потенциал машиностроительного комплекса Республики Беларусь: теория, методология, инструменты измерения, механизм формирования : автореф. дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05 / В. Ю. Шутилин ; Белорус. гос. экон. ун-т. – Минск, 2017. – 42 с.

128. Дайнеко, А. Е. Информационное пространство интеграционной модели ЕАЭС : науч. докл. / А. Е. Дайнеко, В. Ф. Медведев, И. А. Толстик. – Минск : Право и экономика, 2016. – 40 с.

129. Модернизация белорусской экономики: фундаментальные и прикладные аспекты / С. Ю. Солодовников [и др.] ; под ред. Ю. В. Чеплянского. – Минск : Экоперспектива, 2013. – 323 с.
130. Гегель, Г. В. Ф. Энциклопедия философских наук : в 3 т. / Г. В. Ф. Гегель. – М. : Мысль, 1974–1977. – Т. 1 : Наука логики. – 1974. – 452 с.
131. Файоль, А. Общее и промышленное управление / А. Файоль ; пер. Б. В. Бабина-Кореня ; предисл. А. К. Гастева. – Л. ; М. : Книга, 1924. – 160 с.
132. Кульман, А. Экономические механизмы = Les mecanismes economiques / А. Кульман ; пер. с фр. Е. П. Островской ; под общ. ред. Н. И. Хрусталевой. – М. : Прогресс : Универс, 1993. – 189 с.
133. Зорина, Т. Г. Организационно-экономические условия развития электроэнергетики в Беларуси / Т. Г. Зорина // Наука и инновации. – 2016. – № 6. – С. 41–46.
134. Хозяйственный механизм общественных формаций / Л. И. Абалкин [и др.] ; под общ. ред. Л. И. Абалкина. – М. : Мысль, 1986. – 268 с.
135. Абалкин, Л. И. Что такое хозяйственный механизм? / Л. И. Абалкин. – М. : Мысль, 1980. – 79 с.
136. Неодирижизм и модернизация российской экономики / Ю. М. Осипов [и др.] ; под ред. Ю. М. Осипова, С. Ю. Синельникова, Е. С. Зотовой. – М. : Проспект, 2016. – 172 с.
137. Антология современной философии хозяйства : в 2 т. / Моск. гос. ун-т [и др.] ; под ред. Ю. М. Осипова. – М. : Магистр, 2010. – 2 т.
138. Основы научного управления социалистической экономикой : цикл лекций : в 2 ч. / Акад. обществ. наук при ЦК КПСС ; ред.: Р. А. Белоусов [и др.]. – М. : Мысль, 1974. – Ч. 1 / подгот.: А. Г. Куликов [и др.]. – 381 с.
139. Градов, А. П. Национальная экономика : учеб. пособие / А. П. Градов. – 2-е изд. – СПб. [и др.] : Питер : Питер пресс, 2007. – 233 с.
140. Райзберг, Б. А. Курс экономики : учебник / Б. А. Райзберг, Е. Б. Стародубцева. – 5-е изд. – М. : Инфра-М, 2017. – 684 с.
141. Механизм экономический // Современный социоэкономический словарь / [сост.] Б. А. Райзберг. – М., 2009. – С. 278.
142. Авкопашвили, П. Т. Формирование организационно-экономического механизма системы корпоративного управления в промышленности / П. Т. Авкопашвили // Экон. науки. – 2011. – № 10. – С. 94–96.
143. Удальцова, Н. Л. Организационно-экономический механизм функционирования отрасли национальной экономики / Н. Л. Удальцова // Экон. науки. – 2012. – № 6. – С. 94–98.
144. Бородин, А. И. Состав и структура организационно-экономического механизма стратегического развития предприятия / А. И. Бородин // Изв. Том. политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. – 2003. – Т. 306, № 4. – С. 124–126.
145. Бычкова, А. Н. Экономический механизм: определение, классификация и применение / А. Н. Бычкова // Вестн. Ом. ун-та. Сер.: Экономика. – 2010. – № 4. – С. 37–43.

146. Измалков, С. Н. Теория экономических механизмов. (Нобелевская премия по экономике 2007 г.) / С. Н. Измалков, К. Сонин, М. Юдкевич // Вопр. экономики. – 2008. – № 1. – С. 4–26.

147. Годовой отчет 2018: Искоренение бедности. Инвестиции в расширение возможностей [Электронный ресурс] // Всемирный банк. – Режим доступа: <http://www.vsemirnyjbank.org/ru/about/annual-report>. – Дата доступа: 15.03.2019.

148. Global digital operations 2018 survey [Electronic resource] // PwC. – Mode of access: <https://www.strategyand.pwc.com/industry4-0>. – Date of access: 15.03.2019.

149. Азиатско-тихоокеанский регион [Электронный ресурс] // Организация Объединенных Наций. – Режим доступа: <http://www.un.org/ru/sections/where-we-work/asia-and-pacific/index.html>. – Дата доступа: 15.03.2019.

150. Индустрия 4.0: создание цифрового предприятия [Электронный ресурс] // PwC. – Режим доступа: https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf/. – Дата доступа: 15.03.2019.

151. Цифровая повестка Евразийского экономического союза до 2025 года: перспективы и рекомендации [Электронный ресурс] : обзор // Евразийская экономическая комиссия. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/dmi/SiteAssets/Обзор%20ВБ.pdf>. – Дата доступа: 15.03.2019.

152. White paper on international economy and trade [Electronic resource] // METI: Ministry of Economy, Trade and Industry. – Mode of access: www.meti.go.jp/english/report/index_whitepaper.html. – Date of access: 15.03.2019.

153. Сделано в Китае – 2025 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://baike.baidu.com/item/中国制造2025> – Дата доступа: 24.03.2019.

154. Ван Чао. Современная экономика Китая / Ван Чао, С. С. Полоник. – Минск : Право и экономика, 2016. – 155 с.

155. Digital economy [Electronic resource] // BusinessEurope. – Mode of access: <https://www.bussinesseurope.eu/policies/digital-economy>. – Date of access: 15.03.2019.

156. EU budget: Commission proposes €9.2 billion investment in first ever digital programme [Electronic resource] // European Commission. – Mode of access: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-4043_en.htm/. – Date of access: 15.03.2019.

157. Digital transformation [Electronic resource] // European Commission. – Mode of access: https://ec.europa.eu/growth/sectors/digital-economy/importance_en. – Date of access: 15.03.2019.

158. UK Digital Strategy / GOV.UK [Electronic resource]. Mode of access: <https://www.gov.uk/government/publications/uk-digital-strategy>. . – Date of access: 24.03.2019.

159. Отчет о влиянии внедрения технико-технологических средств концепции «Индустрия 4.0» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mckinsey.com>. – Дата доступа: 07.09.2018.

160. Государственная программа развития цифровой экономики и информационного общества на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 23 марта 2016 г., № 235 : в ред. постановления Совета Министров Респ. Беларусь от 09.11.2018 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

161. Беларусь в цифрах, 2018 [Электронный ресурс] : стат. справ. // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_8771/?sphrase_id=554858. – Дата доступа: 18.03.2019.

162. Промышленность Республики Беларусь = Industry of the Republic of Belarus : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: И. В. Медведева (пред.) [и др.]. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2017. – 214 с.

163. Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь, 2017 [Электронный ресурс] : стат. сб. // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_8305/?sphrase_id=549120. – Дата доступа: 19.03.2019.

164. Об утверждении Государственной программы развития машиностроительного комплекса Республики Беларусь на 2017–2020 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 7 авг. 2017 г., № 588 : в ред. постановления Совета Министров Респ. Беларусь от 29.12.2018 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

165. The Global competitiveness report 2017–2018 [Electronic resource] : insight rep. / ed. K. Schwab // World Economic Forum. – Mode of access: <http://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017-2018.pdf>. – Date of access: 18.03.2019.

166. Upadhyaya, Sh. Composite measure of industrial performance for cross-country analysis [Electronic resource] / Sh. Upadhyaya // United Nations. – Mode of access: <https://unstats.un.org/unsd/acsub-public/Session-ISI/Paper-UNIDO.pdf>. – Date of access: 18.03.2019.

167. The IMD world digital competitiveness ranking 2018 results [Electronic resource] // IMD. – Mode of access: <https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center-rankings/world-digital-competitiveness-rankings-2018/>. – Date of access: 18.03.2019.

168. The Digital Economy and Society Index (DESI) [Electronic resource] // European Commission. – Mode of access: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi>. – Date of access: 18.03.2019.

169. Global Connectivity Index [Electronic resource] // Huawei. – Mode of access: <http://www.huawei.com/minisite/gci/en/methodology.html>. – Date of access: 18.03.2019.

170. The Digital Evolution Index 2017 [Electronic resource] // Mastercard.com. – Mode of access: <https://newsroom.mastercard.com/documents/the-digital-evolution-index-2017>. – Date of access: 18.03.2019.

171. Global Innovation Index 2018: energizing the world with innovation [Electronic resource] / Johnson Graduate School of Management (Cornell University) ; World Intellectual Property Organization ; ed.: S. Dutta, B. Lanvin, S. Wunsch-Vincent. – 11th ed. – Ithaca ; Fontainebleau ; Geneva, 2018. – Mode of access: <https://www.globalinnovationindex.org/gii-2018-report>. – Date of access: 18.03.2019.

172. Об утверждении формы государственного статистического наблюдения 6-икт «Анкета об использовании информационно-коммуникационных технологий и производстве вычислительной техники, программного обеспечения и оказании услуг в этих сферах» и указаний по ее заполнению [Электронный ресурс] : постановление Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 26 сент. 2018 г., № 86 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=12551&p0=T21804146p&p1=1&p5=0>. – Дата доступа: 17.02.2018.

173. Об утверждении Инструкции о порядке проведения инновационно-технологического мониторинга и создания комиссий по его проведению [Электронный ресурс] : постановление Гос. ком. по науке и технологиям Респ. Беларусь, 23 янв. 2013 г., № 2 : с изм. и доп. на 01.01.2014 г. // Законодательство Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.newsby.org/belarus/postanov1/pst046.htm>. – Дата доступа: 18.03.2019.

174. Общегосударственный классификатор Республики Беларусь ОКРБ 007-2012 «Классификатор продукции по видам экономической деятельности» (ОКП РБ) [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/klassifikatory/obschegosudarstvennyye-klassifikatory-respubliki-belarus-ispolzuemye-dlya-zapolneniya-gosudarstvennoi-statisticheskoi-otchetnosti/obschegosudarstvennyi-klassifikator-respubliki-belarus-okrb-007-2012-klassifikator-produktsii-po-vidam-ekonomicheskoi-deyatelnosti-okrb-rb/>. – Дата доступа: 18.03.2019.

175. О состоянии и перспективах развития науки в Республике Беларусь по итогам 2016 года [Электронный ресурс] : аналит. докл. / Гос. ком. по науке и технологиям Респ. Беларусь, НАН Беларуси ; под общ. ред. А. Г. Шумилина, В. Г. Гусакова. – Минск : БелИСА, 2017. – Режим доступа: http://www.belisa.org.by/pdf/2018/review_2016.pdf. – Дата доступа: 18.03.2019.

176. Головенчик, Г. Г. Рейтинговый анализ уровня цифровой трансформации экономик стран ЕАЭС и ЕС / Г. Г. Головенчик // Цифровая трансформация. – 2018. – № 2. – С. 5–18.

177. Мирончик, Н. Анализ факторов экономического роста в Республике Беларусь на основе производственной функции [Электронный ресурс] / Н. Мирончик, С. Судник, Е. Качерская // Исслед. банка : электрон. прил. к журн. «Банкаўскі веснік». – 2016. – № 9. – Режим доступа: https://www.nbrb.by/bv/arch/suppl_42.pdf. – Дата доступа: 18.03.2019.

178. Гораева, Т. Оценка условий развития высокотехнологичного сектора в Беларуси / Т. Гораева // Наука и инновации. – 2017. – Т. 2, № 167. – С. 49–52.

179. Брусакова, И. А. Формирование бизнес-решений в когнитивной экономике / И. А. Брусакова // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям : сб. докл., Санкт-Петербург, 19–21 мая 2015 г. / С.-Петербург. гос. электротехн. ун-т «ЛЭТИ». – СПб., 2015. – С. 251–254.

180. Информационное общество в Республике Беларусь, 2017 [Электронный ресурс] : стат. сб. // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/svyaz-i-informatsionno-kommunikatsionnyetechnologii/statisticheskie-izdaniya/index_7865/. – Дата доступа: 18.03.2019.

181. Индикаторы цифровой экономики: 2018 [Электронный ресурс] : стат. сб. / Г. И. Абдрахманова [и др.] ; редкол.: Л. М. Гохберг, Я. И. Кузьминов, М. А. Сабельникова. – М. : Нац. исслед. ун-т «Высш. шк. экономики», 2018. – Режим доступа: <https://www.hse.ru/data/2018/08/20/1154812142/ICE2018.pdf.pdf>. – Дата доступа: 22.03.2019.

182. О поддержке и развитии экспорта Республики Беларусь в 2016–2020 годах [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 авг. 2016 г., № 604 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3961&p0=C21600604>. – Дата доступа: 18.03.2019.

183. Romer, P. M. Endogenous technological change / P. M. Romer // J. of Polit. Economy. – 1990. – Vol. 98, № 5, pt. 2. – P. 71–102.

184. Greenwood, J. Accounting for growth [Electronic resource] / J. Greenwood, B. Jovanovic // Nat. Bureau of Econ. Research. Working paper. – 1998. – № 6647. – Mode of access: <https://www.nber.org/papers/w6647.pdf>. – Date of access: 18.03.2019.

185. Gollin, D. Getting income shares right / D. Gollin // J. of Polit. Economy. – 2002. – Vol. 110, № 2. – P. 458–474.

186. Slade, M. E. Modeling stochastic and cyclical components of technical change: an application of the Kalman filter / M. E. Slade // J. of Econometrics. – 1989. – Vol. 41, № 3. – P. 363–383.

187. Competitiveness and growth [Electronic resource] // CEPII. – Mode of access: <http://www.cepii.fr/CEPII/en/recherche/domaine.asp?idTheme=7>. – Date of access: 18.03.2019.

188. Деминг, У. Э. Выход из кризиса: новая парадигма управления людьми, системами и процессами : пер. с англ. / У. Э. Деминг. – 4-е изд. – М. : Альпина Паблишер, 2011. – 418 с.

189. Деминг У. Э. Новая экономика: простые механизмы, которые приведут вас к росту, инновациям и сильному положению на рынке / У. Э. Деминг ; пер. с англ. и ред. Т. Гуреш. – М. : Эксмо, 2006. – 198 с.

190. Статистические данные и методы анализа промышленного развития [Электронный ресурс] : регион. семинар «Промышленная статистика для устойчивого развития стран региона», 25–26 мая 2017 г. / Регион. проект UNIDO «Усовершенствование промышленной статистики и разработка статистических показателей для анализа развития промышленности в странах СНГ» // United Nations. – Режим доступа: https://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/workshops/2017/Sochi/Data_Sources_Analysis_IP_UNIDO.pdf. – Дата доступа: 18.03.2019.

191. Загидуллин, Р. Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP / Р. Р. Загидуллин. – Старый Оскол : Тонкие наукоемкие технологии, 2011. – 372 с.

192. Франсман, М. Технология и экономическое развитие / М. Франсман // Передача технологий развивающимся странам : реф. сб. / Акад. наук СССР, Ин-т науч. информ. по обществ. наукам ; ред.-сост. Е. А. Савинкова. – М., 1990. – С. 31–49.

193. Туманова, Е. А. Макроэкономика. Элементы продвинутого подхода : учебник / Е. А. Туманова, Н. Л. Шагас. – М. : Инфра-М, 2011. – 398 с.

194. Бессонов, В. А. Проблемы построения производственных функций в российской переходной экономике / В. А. Бессонов // Анализ динамики российской переходной экономики / В. А. Бессонов, С. В. Пухло. – М., 2002. – С. 5–89.

195. Abramovitz, M. Resource and output trends in the United States since 1870 / M. Abramovitz // Amer. Econ. Rev. – 1956. – Vol. 46, № 2. – P. 5–23.

196. Jorgenson, D. W. The explanation of productivity change / D. W. Jorgenson, Z. Griliches // Rev. of Econ. Studies. – 1967. – Vol. 34, № 3. – P. 249–283.

197. Jorgenson, D. W. Productivity and U.S. economic growth / D. W. Jorgenson, F. M. Gollop, B. M. Fraumeni. – Cambridge : Harvard Univ. Press, 1987. – 567 p. – (Harvard economic studies ; 159).

198. Kuznets, S. S. Economic growth of nations / S. S. Kuznets. – 2nd ed. – Cambridge : Harvard Univ. Press, 1971. – XII, 363 p.

199. Solow, R. M. Technical change and the aggregate production function / R. M. Solow // Rev. of Economics a. Statistics. – 1957. – Vol. 39, № 3. – P. 312–320.

200. Бессонов, В. А. О динамике совокупной факторной производительности в российской переходной экономике / В. А. Бессонов // Экон. журн. Высш. шк. экономики. – 2004. – Т. 8, № 4. – С. 542–587.

201. Страновой экономический меморандум для Республики Беларусь: Беларусь: окно возможностей для повышения конкурентоспособности и обеспечения устойчивых темпов экономического роста [Электронный ресурс] : основ. докл., 8 нояб. 2005 г., № 32346 ВУ // Всемирный банк. – Режим доступа: <http://documents.vsemirnyjbank.org/curated/ru/204731468201595653/pdf/3234610VOL10201paper10russian.pdf>. – Дата доступа: 18.03.2019.
202. Сэпик, Д. Конкурентоспособность регионов: некоторые аспекты = The regional competitiveness: some notions / Д. Сэпик. Конкурентоспособность: общий подход = Competitiveness: a general approach / Ж. Вальтер. – М. : [б. и.], 2004. – 174 с. – (Доклады / Рос.-европ. центр экон. политики ; № 2).
203. Криворотов, Д. Методологические подходы к количественному анализу конкурентоспособности национальной экономики (на примере Республики Беларусь) / Д. Криворотов // Банк. весн. – 2008. – № 25. – С. 12–21.
204. Caves, D. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity / D. Caves, L. Christensen, I. Diewert // *Econometrica*. – 1982. – Vol. 50, № 6. – P. 1393–1414.
205. Ezeala-Harrison, F. Theory and policy of international competitiveness / F. Ezeala-Harrison. – Westport : Praeger, 1999. – XII, 223 p.
206. Hatzichronoglou, T. Globalisation and competitiveness: relevant indicators / T. Hatzichronoglou. – Paris : OECD, 1996. – 61 p.
207. Krugman, P. Competitiveness – a dangerous obsession / P. Krugman // *Foreign Affairs*. – 1994. – Vol. 73, № 2. – P. 28–44.
208. Ковалев, М. М. Гибридно-производственная модель долгосрочного прогнозирования экономического роста / М. М. Ковалев, Е. Г. Господарик // Экон. бюл. Науч.-исслед. экон. ин-та М-ва экономики Респ. Беларусь. – 2017. – № 1. – С. 4–14.
209. Безбородова, А. Оценка совокупной факторной производительности / А. Безбородова, А. Новопольцев // Банк. весн. – 2017. – № 10. – С. 26–34.
210. Зубрицкий, А. Ф. Научное обеспечение новейших технологических укладов в Республике Беларусь / А. Ф. Зубрицкий, Н. Ф. Зеньчук, И. А. Зубрицкая // *Новости науки и технологий*. – 2017. – № 4. – С. 35–41.
211. Зубрицкая, И. Концепция «Индустрия 4.0» и предпосылки ее применения в отечественной промышленности / И. Зубрицкая // *Наука и инновации*. – 2018. – № 7. – С. 38–41.
212. Зубрицкая, И. А. Методика идентификации масштаба и темпов цифровой трансформации промышленности Республики Беларусь / И. А. Зубрицкая // *Новости науки и технологий*. – 2018. – № 3. – С. 33–40.
213. Зубрицкая, И. А. Цифровая трансформация промышленных предприятий Республики Беларусь: экономическое содержание, виды и цели / И. А. Зубрицкая // *Цифровая трансформация*. – 2018. – № 3. – С. 5–13.
214. Зубрицкая, И. А. Трансформация промышленного производства Республики Беларусь в рамках концепции Industrie 4.0. в сотрудничестве с Германией / И. А. Зубрицкая // *Беларусь в современном мире : материалы XVI*

Междунар. науч. конф., посвящ. 96-летию образования Белорус. гос. ун-та, Минск, 25 окт. 2017 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: В. Г. Шадурский (пред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 168–169.

215. Зубрицкий, А. Ф. Логистические процессы в условиях изменения производственной парадигмы / А. Ф. Зубрицкий, И. А. Зубрицкая // Беларусь в современном мире : материалы XVI Междунар. науч. конф., посвящ. 96-летию образования Белорус. гос. ун-та, Минск, 25 окт. 2017 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: В. Г. Шадурский (пред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 275–276.

216. Зубрицкая, И. А. Киберфизические системы и искусственный интеллект в управлении промышленными предприятиями Республики Беларусь в рамках четвертой промышленной революции / И. А. Зубрицкая // Система «наука – технологии – инновации»: методология, опыт, перспективы : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 26–27 окт. 2017 г. / НАН Беларуси, Центр систем. анализа и стратег. исслед. ; редкол.: В. В. Гончаров (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 240–244.

217. Зубрицкий, А. Ф. Состояние и перспективы развития субъектов инновационной инфраструктуры в Республике Беларусь / А. Ф. Зубрицкий, И. А. Зубрицкая // Система « наука – технологии – инновации»: методология, опыт, перспективы : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 26–27 окт. 2017 г. / НАН Беларуси, Центр систем. анализа и стратег. исслед. ; редкол.: В. В. Гончаров (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 396–398.

218. Зубрицкая, И. А. Совершенствование механизма коммерциализации инновационных проектов / И. А. Зубрицкая, Н. М. Хохлова // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых, социальных и инженерных подходов : сб. материалов XI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23 нояб. 2017 г. : в 2 т. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: С. Ю. Солодовников (пред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 1. – С. 157–158.

219. Зубрицкий, А. Ф. Совершенствование логистических процессов в условиях модернизации хозяйственного механизма / А. Ф. Зубрицкий, И. А. Зубрицкая // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых, социальных и инженерных подходов : сб. материалов XI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23 нояб. 2017 г. : в 2 т. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: С. Ю. Солодовников (пред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 1. – С. 159–160.

220. Хохлова, Н. М. Оптимизация складских операций путем инновационных подходов к обработке информационных потоков / Н. М. Хохлова, И. А. Зубрицкая // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых, социальных и инженерных подходов : сб. материалов XI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23 нояб. 2017 г. : в 2 т. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: С. Ю. Солодовников (пред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 1. – С. 295–296.

221. Зубрицкая, И. А. Анализ моделей цифровой трансформации промышленности в рамках концепции «Индустрия 4.0»: их виды, цели, экономическое содержание / И. А. Зубрицкая // Промышленное развитие России: проблемы, перспективы : сб. ст. по материалам XV Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, ученых, специалистов, аспирантов, студентов, 14 дек. 2017 г. : в 2 т. / Нижегород. гос. пед. ун-т [и др.] ; редкол.: А. А. Федоров [и др.]. – Н. Новгород, 2017. – Т. 2. – С. 48–52.

222. Хохлова, Н. М. Современные тенденции инновационной трансформации промышленных предприятий Республики Беларусь / Н. М. Хохлова, И. А. Зубрицкая // Промышленное развитие России: проблемы, перспективы : сб. ст. по материалам XV Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, ученых, специалистов, аспирантов, студентов, 14 дек. 2017 г. : в 2 т. / Нижегород. гос. пед. ун-т [и др.] ; редкол.: А. А. Федоров [и др.]. – Н. Новгород, 2017. – Т. 1. – С. 49–53.

223. Зубрицкая, И. А. Институциональные аспекты цифровой трансформации промышленных предприятий Республики Беларусь / И. А. Зубрицкая // Наука – образованию, производству, экономике : материалы XIV Междунар. науч. семинара, проводимого в рамках 16-й междунар. науч.-техн. конф., Минск, янв. 2018 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: А. В. Данильченко. – Минск, 2018. – С. 120–123.

224. Зубрицкая, И. А. Этапы развития и особенности проявления промышленных революций и их роль в экономическом развитии общества / И. А. Зубрицкая, Н. М. Хохлова // Наука – образованию, производству, экономике : материалы XIV Междунар. науч. семинара, проводимого в рамках 16-й междунар. науч.-техн. конф., Минск, янв. 2018 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: А. В. Данильченко. – Минск, 2018. – С. 124–126.

225. Зубрицкая, И. А. Инновационный маркетинг и коммерциализация инновационных проектов в промышленной отрасли / И. А. Зубрицкая // Маркетинг идеи и технологии. – 2018. – № 2. – С. 9–14.

226. Зубрицкая, И. А. Мегатренды четвертой промышленной революции и их влияние на цифровую трансформацию промышленности Республики Беларусь / И. А. Зубрицкая // Женщины-ученые Беларуси и Казахстана : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., Минск, 1–2 марта 2018 г. / Белорус. гос. ун-т [и др.] ; редкол.: И. В. Казакова [и др.]. – Минск, 2018. – С. 473–475.

227. Зубрицкая, И. А. Глобальные цепочки создания добавленной стоимости в формате концепции цифровой трансформации промышленности / И. А. Зубрицкая // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых, социальных и инженерных подходов : сб. материалов XII Междунар. науч.-практ. конф., 15 марта 2018 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: С. Ю. Солодовников (пред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 118–119.

228. Зубрицкая, И. А. Экономический анализ отраслевой модели цифровой трансформации промышленности в условиях реализации концепции

«Индустрия 4.0» / И. А. Зубрицкая // Перспективные направления научных исследований : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 15 марта 2018 г. / отв. ред. А. А. Зарайский. – Саратов, 2018. – С. 62–64.

229. Зубрицкая, И. А. Экономический анализ процессной модели цифровой трансформации промышленности в условиях реализации концепции «Индустрия 4.0» / И. А. Зубрицкая // 21 век: фундаментальная наука и технологии : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., NorthCharleston, USA, 13 марта 2018 г. – М., 2018. – Т. 1. – С. 57.

230. Зубрицкая, И. А. Анализ существующих подходов к цифровой трансформации промышленных предприятий Республики Беларусь в рамках концепции «Индустрия 4.0». / И. А. Зубрицкая // 84 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів, Київ, апрель 2018 г. – Київ, 2018. – С. 58.

231. Зубрицкая, И. А. Экономические аспекты цифровой трансформации промышленности РБ в рамках концепции «Индустрия 4.0» / И. А. Зубрицкая // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 16-й Междунар. науч.-техн. конф. (71-й науч.-техн. конф. проф.-преподават. состава, науч. работников, докторантов и аспирантов БНТУ) : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: С. В. Харитончик, А. М. Маляревич, А. С. Калиниченко. – Минск, 2018. – Т. 4. – С. 450.

232. Зубрицкая, И. А. Технологические платформы, как эффективный инструмент цифровой трансформации промышленности Республики Беларусь / И. А. Зубрицкая // Стратегические направления социально-экономического и финансового обеспечения роста национальной экономики : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 27–28 сент. 2018 г. / Белорус. гос. ун-т [и др.] ; редкол.: В. В. Пузиков [и др.]. – Минск, 2018. – С. 198–199.

233. Зубрицкая, И. А. Модели отраслевой цифровой трансформации промышленности / И. А. Зубрицкая // Стратегия развития экономики Беларуси: вызовы, инструменты реализации и перспективы : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–21 сент. 2018 г. : в 2 т. / Ин-т экономики НАН Беларуси ; редкол.: В. И. Бельский [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 1. – С. 308–311.

Научное издание

**Данильченко Алексей Васильевич
Зубрицкая Инесса Анатольевна
Якушенко Ксения Валентиновна**

**ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ
ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ:
ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Редактор *В.Г. Гавриленко*

Подписано в печать 03.04.2019 Формат 60x84_{1/16} Бумага офсетная
Гарнитура Roman Печать цифровая Усл.печ.л. 15,4 Уч.изд.л. 15,8
Тираж 100 экз. Заказ № 2936

ИООО «Право и экономика» 220072 Минск Сурганова 1, корп. 2
Тел. 284 18 66, 8 029 684 18 66

E-mail: pravo-v@tut.by; pravo642@gmail.com Отпечатано на издательской системе
KONICA MINOLTA в ИООО «Право и экономика»

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий, выданное
Министерством информации Республики Беларусь 17 февраля 2014 г.
в качестве издателя печатных изданий за № 1/185