

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»

На правах рукописи

Рыбаков Михаил Борисович

**Модели оптимизации и оценки эффективности операционной
деятельности предприятий ОПК в условиях цифровой
трансформации**

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
экономических наук

Научный руководитель –
доктор экономических наук, доцент
Колесник Георгий Всеволодович

Москва – 2022

Оглавление

| | |
|---|-----|
| Введение | 3 |
| Глава 1 Анализ воздействия цифровой экономики на деятельность предприятий ОПК | 10 |
| 1.1 Влияние цифровых технологий на бизнес-модели предприятий. Изменения в управлении и бизнес-процессах..... | 10 |
| 1.2 Влияние цифровых технологий на рынки высокотехнологичной продукции | 28 |
| 1.2 Роль государственной политики во внедрении цифровых технологий в производство | 37 |
| Глава 2 Методическое обеспечение адаптации бизнес-модели предприятия ОПК к условиям цифровой экономики..... | 51 |
| 2.1 Реинжиниринг бизнес-процессов предприятия ОПК в условиях цифровизации | 51 |
| 2.2 Методика оценки эффектов внедрения информационных технологий | 68 |
| 2.3 Методика оценки уровня локализации цифровых информационных систем..... | 81 |
| Глава 3 Экономико-математический инструментарий формирования элементов единой информационной среды предприятий ОПК..... | 97 |
| 3.1 Шеринговая бизнес-модель как элемент производственной стратегии предприятия в цифровой экономике | 97 |
| 3.2 Цифровая платформа управления производственными активами предприятий ОПК | 105 |
| 3.3 Динамическая модель оптимизации жизненного цикла производственных активов предприятий | 119 |
| Заключение | 143 |
| Список сокращений и условных обозначений..... | 148 |
| Список литературы | 149 |
| Приложение А (справочное) Оценка агрегированного показателя уровня цифровизации по секторам промышленности и услуг стран ОЭСР..... | 175 |
| Приложение Б (обязательное) Оценка экономической эффективности процессов цифровой трансформации на примере предприятий холдинга «Вертолеты России»..... | 176 |

Введение

Актуальность темы исследования

Интенсивное развитие цифровых технологий в конце XX – начале XXI века привело к кардинальным изменениям в сфере управления и организации бизнес- и производственных процессов в компаниях высокотехнологичного сектора экономики. Это побудило исследователей говорить о формировании принципиально новых механизмов создания добавленной стоимости в промышленности, основанных на использовании знаний и цифровых данных как полноценных факторов производства (четвёртой индустриальной революции, «Индустрии 4.0») [114].

Активное вытеснение традиционных форм ведения бизнеса новыми форматами, базирующихся на широком использовании ИКТ, знаний и данных в цифровом виде, свидетельствует о высокой конкурентоспособности цифровых моделей бизнеса в современных условиях. В связи с этим цифровая трансформация предприятий, использующих традиционные модели ведения бизнеса, становится вопросом их выживания в новых условиях, диктуемых цифровыми технологиями.

Особая актуальность этого вопроса для предприятий ОПК связана с уникальным сочетанием выполняемых ими в экономике рыночных и общественно-значимых функций [32]. Как элемент системы обеспечения оборонной безопасности страны, предприятие ОПК должно постоянно повышать эффективность управления и производственных процессов. Как важный системообразующий элемент экономики, интегрирующий результаты деятельности различных высокотехнологичных отраслей, предприятие ОПК должно выстраивать эффективные коммуникации со своими контрагентами и другими заинтересованными сторонами, что, в частности, требует формирования единого информационного пространства с использованием цифровых технологий. Наконец, как участник глобального рынка вооружений и военной техники, характеризуемого высоким уровнем конкуренции, предприятие ОПК должно

соответствовать лучшим практикам ведения бизнеса для сохранения конкурентоспособности на нём.

Таким образом задача оптимизации операционной деятельности предприятий ОПК с учётом условий цифровой экономики представляется актуальной и имеет высокую практическую значимость для развития отечественной промышленности.

Степень разработанности темы исследования

Основы теории и методологии управления производственно-экономическими системами, в том числе, в отрасли машиностроения, развиты в работах К.А. Багриновского, М.А. Бендикова, В.Н. Борисова, Н.А. Ганичева, О.Г. Голиченко, Ф.И. Ерешко, В.Д. Калачанова, В.М. Картвелишвили, Г.В. Колесника, О.А. Косорукова, Г.Б. Клейнера, В.В. Ключкова, В.Н. Лившица, Д.С. Львова, В.Г. Медницкого, А.В. Мищенко, С.В. Мхитаряна, Д.Б. Пайсона, О.В. Татарникова, Н.Н. Тренева, И.Э. Фролова, М.А. Халикова.

Особенности управления высокотехнологичными предприятиями ОПК, обусловленные их участием в обеспечении оборонной безопасности государства и социальными функциями, раскрыты в работах А.М. Батьковского, В.П. Божко, С.Ф. Викулова, С.Д. Волощука, П.А. Дроговоза, Г.А. Лавринова, В.В. Пименова, Л.Г. Поповича, Н.И. Турко, Е.Ю. Хрусталёва, Н.Н. Швеца.

Анализ и оценка эффективности процессов цифровой трансформации в промышленности проводятся в работах З.В. Брагиной, Н.В. Днепровской, И.Н. Дрогобыцкого, Т.А. Дубровой, И.А. Киселевой, О.В. Китовой, И.А. Меркулиной, Ю.Ф. Тельнова, В.А. Титова, А.И. Уринцова, И.Г. Федорова.

Вместе с тем, вопросы разработки экономико-математических моделей и методов оптимизации операционной деятельности предприятий ОПК, системно учитывающих как особенности их функционирования, так и условия цифровой трансформации отраслей и рынков, представляются в настоящее время недостаточно изученными. Этим обусловлена необходимость дальнейшего развития существующей методической базы и математического аппарата в данной области.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является разработка экономико-математического инструментария, позволяющего проводить оценку эффективности и оптимизацию операционной деятельности предприятий ОПК с учётом особенностей их функционирования и возможностей, предоставляемых современными цифровыми технологиями.

Для достижения данной цели в диссертации сформулированы и решены следующие задачи исследования:

1. Сформировать систему показателей оценки эффектов цифровой трансформации предприятия, отражающих воздействие цифровых технологий на его операционную деятельность, а также факторы повышения её эффективности с учётом особенностей функционирования предприятий ОПК.

2. Разработать математическую модель оценки влияния развития цифровых технологий на операционную деятельность предприятия.

3. Разработать математическую модель оценки влияния проектов цифровой трансформации на уровень локализации производства.

4. Разработать инструменты оптимизации операционной деятельности предприятия ОПК с использованием цифровых технологий, учитывающие специфику его деятельности в социальной и экономической сферах.

Объект и предмет исследования

Объектом исследования является операционная деятельность предприятий ОПК. Предметом исследования являются математические модели и алгоритмы повышения эффективности операционной деятельности предприятий ОПК в условиях цифровой экономики.

Область исследования

Диссертационная работа соответствует Паспорту научной специальности Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике по пункту 18 Развитие и

применение инструментария проектирования, разработки и сопровождения информационных систем в интересах субъектов экономической деятельности.

Теоретической и методологической основой исследования являются положения теории организации и отраслевых рынков, теории стратегического управления развитием предприятия, экономики инноваций и наукоемких производств. При проведении исследования применялись методы системного, экономического и инвестиционного анализа, математической статистики, экономико-математическое моделирование, линейная и нелинейная оптимизация.

Информационную базу диссертации составили научные труды ведущих отечественных и зарубежных ученых и специалистов в области математического моделирования, оценки эффективности и оптимизации деятельности промышленного предприятия; статистические и аналитические отчеты, доклады и обзоры международных организаций (ОЭСР, Мирового банка), Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ, Агентства стратегических инициатив, информационных и аналитических агентств; отраслевые исследования консалтинговых компаний; исследования и расчеты автора.

Научная новизна исследования заключается в разработке экономико-математических моделей оценки эффективности и оптимизации операционной деятельности предприятий машиностроения, учитывающих характер информационных и управленческих процессов промышленных предприятий в условиях цифровизации, специфику использования производственных факторов, обусловленную применением цифровых технологий, данных и знаний в цифровой форме в производственных процессах, а также синергетические эффекты интеграции информационных систем предприятия и других заинтересованных сторон.

Научную новизну содержат следующие результаты исследования:

1. Обоснована необходимость использования комплексной системы показателей для оценки эффектов цифровой трансформации, включающей в себя показатели микро- (с. 12-30), мезо- (с. 31-41) и макроуровня (с. 41-52). Предложены критерии микроуровня, характеризующие систему управления цифровой

трансформацией, работу с данными, долю цифровой продукции и оптимизированных бизнес-процессов, а также развитие цифровых компетенций персонала и ИТ-инфраструктуры (с. 16-23). Выявлены специфические критерии эффективности реализации проектов цифровой трансформации для предприятий ОПК, отражающие их социальную значимость и роль в системе материального снабжения Вооружённых Сил (с. 50-52).

2. Разработана математическая модель оценки влияния развития цифровых технологий на операционную деятельность предприятия. Систематизированы эффекты от внедрения цифровых технологий по характеру воздействия на операционную деятельность предприятия (с. 73-77). Разработаны модели оценки роста производительности труда (с. 77-81) и влияния сокращения времени выполнения операций на оборачиваемость активов (с. 81-84).

3. Разработана математическая модель оценки влияния проектов цифровой трансформации на уровень локализации производства. Выполнен анализ нормативной базы, регулирующей локализацию производства промышленной продукции, а также методик оценки уровня локализации (с. 84-91). Предложены направления адаптации методики оценки локализации для сложных программно-аппаратных комплексов, внедряемых в рамках проектов цифровой трансформации предприятий (с. 92-97).

4. Создан инструментарий оптимизации операционной деятельности предприятия ОПК с использованием цифровых технологий. Разработана математическая модель оптимизации использования производственных мощностей в территориально-распределённых системах предприятий ОПК на базе подходов шеринговой экономики (с. 101-109). Сформулирована концепция цифровой платформы управления производственными активами предприятий (с. 110-118). Проанализированы режимы работы цифровой платформы с точки зрения эффективности совместного использования мощностей предприятий (с. 119-124).

5. Реализована интеграция цифровой платформы с системой управления производственными фондами на основе модели жизненного цикла объектов

основных средств промышленных предприятий и их парков (с. 125-130). Сформулирована математическая модель изменения состояния парка основных средств в увязке с финансовыми показателями программ обслуживания, ремонтов и модернизации (с. 131-141). Проведён анализ динамики парков основных средств с учётом экономических и социальных критериев (с. 142-145).

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в развитии теории и методов управления производственными предприятиями в части учёта при принятии управленческих решений новых типов производственных факторов, оказывающих воздействие на эффективность операционной деятельности предприятий в условиях цифровой экономики.

Практическая ценность диссертационной работы определяется тем, что результаты исследования могут быть использованы при формировании планов и программ цифровой трансформации предприятий машиностроения и других отраслей, а также при разработке нормативных документов, регулирующих процессы цифровой трансформации.

Практическая реализация предложенных подходов к разработке стратегии цифровой трансформации, а также оценки эффективности реализации проектов цифровой трансформации осуществлена в АО «Вертолеты России». На базе сформулированных в диссертации математических моделей предложена концепция цифровой платформы оптимизации использования производственных мощностей предприятий, реализация которой на практике позволяет повысить эффективность их операционной деятельности.

Основные положения и выводы, полученные в диссертации, могут быть использованы в учебном процессе по специальностям, связанным с экономикой и управлением предприятиями, а также при проведении научно-исследовательских и проектных работ.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов диссертации обеспечивается корректным выбором исходных данных, основных допущений и ограничений при постановке научной задачи, использованием системного подхода и современных апробированных экономико-математических

методов при ее решении. Достоверность полученных в работе результатов базируется на всестороннем анализе имеющихся российских и зарубежных публикаций по рассматриваемому в диссертации предмету исследования.

Апробация и реализация результатов исследования. Основные положения и выводы диссертации были доложены и получили положительную оценку на международных и всероссийских научных конференциях: VIII Международный научный конгресс «Трансформация предпринимательской деятельности: новые технологии, эффективность, перспективы» (Москва, 2020), Международной научной конференции «FarEastCon» (Владивосток, 2020), V Всероссийской научно-практической конференции «Экономика отраслевых рынков: формирование, практика и развитие» (Москва, 2021).

Отдельные положения и результаты диссертации использованы в учебном процессе в РЭУ им. Г.В. Плеханова при подготовке магистров по программе «Управление ИТ-инфраструктурой цифровой экономики» на базовой кафедре цифровой экономики института развития информационного общества; реализованы в АО «Вертолёты России» при разработке программы цифровой трансформации и методических рекомендаций по расчету и определению эффектов от цифровой трансформации Холдинга «Вертолёты России».

Публикации результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 9 научных работ [58, 59, 90 - 93, 120, 150, 151] общим объемом 11,98 печ. л. (авторский вклад – 7,08 печ. л.), в т.ч. 4 статьи общим объемом 8,50 печ. л. (авторский вклад – 5,33 печ. л.) в рецензируемых изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 3 публикации объёмом 2,54 печ. л. (авторский вклад 1,28 печ. л.) в базах Web of Science и Scopus.

Структура и основное содержание работы. Диссертация состоит из введения, трёх глав основного текста, заключения, выводов по каждой главе, списка литературы и приложений. Общий объём диссертации составляет 179 страниц, включая 29 рисунков, 7 таблиц, список литературы из 178 наименований и 2 приложения.

Глава 1 Анализ воздействия цифровых технологий на операционную деятельность предприятий ОПК

1.1 Влияние цифровых технологий на бизнес-модели предприятий. Изменения в управлении и бизнес-процессах

Развитие информационно-коммуникационной инфраструктуры и средств вычислительной техники в конце XX - начале XXI века привело к глобальным изменениям в возможностях доступа индивидуумов и организаций к цифровой инфраструктуре и накопленным человечеством данным в цифровой форме. Эти изменения существенно трансформировали организацию как повседневной жизни людей, так и их профессиональную деятельность в различных сферах, что дало возможность говорить не только об очередной промышленной революции, но и об изменении экономического уклада в целом.

Стратегией развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы [8] цифровая экономика определяется как «хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг».

В части организации промышленного производства эти изменения выразились, прежде всего, в переходе к использованию информации и знаний в качестве полноценного производственного актива. Для этого процесса широко используется понятие цифровой трансформации, как глобального преобразования системы управления предприятием, связанного с внедрением использования данных в управленческие и производственные процессы на базе цифровых технологий [131].

Принципиальным отличием данного процесса от автоматизации производства, имевшей место на предыдущих стадиях развития промышленности, является его глобальный и всеобъемлющий характер. Автоматизация предполагала внедрение компьютерных средств и систем как вспомогательных инструментов, повышающих скорость и качество выполнения операций, без изменений в организации производства. Цифровая трансформация вынуждает компании переосмысливать используемые бизнес-модели [74], а также сопровождается глубокими изменениями в динамике бизнеса и характере конкуренции на общеэкономическом уровне [99]. За счёт развитых коммуникаций упрощается доступ производителей к рынкам, в том числе глобальным. Экономия от масштаба производства при использовании цифровых технологий даёт возможность инновационным компаниям захватывать значительную долю на этих рынках [106].

Положительное влияние цифровых технологий на эффективность производства не только признано научным и экспертным сообществом, но и отражено в нормативных документах. В то же время выявление механизмов этого влияния, а также построение организационно-технических систем, позволяющих получить максимальные преимущества от внедрения цифровых технологий, до настоящего времени являются предметом научной дискуссии. В большинстве исследований, посвящённых цифровой трансформации бизнеса в качестве типичных представителей «цифрового» поколения рассматриваются компании, предоставляющие информационные услуги в различных отраслях экономики: телекоммуникационные (Skype), транспортные (Uber, Gett), медиа (Facebook), розничной торговли (Alibaba), гостиничного бизнеса (Airbnb, Booking) и других отраслей. Все эти компании объединяет практически полное замещение традиционных производственных активов, присущих предприятиям данных отраслей, информационными технологиями и данными.

С другой стороны, воздействие цифровой экономики на эффективность функционирования предприятий промышленного сектора, имеющих «традиционную» форму организации производства, исследовано в значительно

меньшей степени, несмотря на то что цифровая трансформация для них играет не менее важную роль. Высокий уровень конкуренции, с которой сталкиваются под влиянием цифровых технологий отечественные предприятия на глобальных рынках, оказывает существенное воздействие на эффективность их производственных и финансовых процессов [123]. В связи с этим актуальность приобретает нахождение сбалансированной стратегии внедрения цифровых технологий, сочетающей долгосрочное видение цифрового будущего с гибкими оперативными мерами, дающими возможность адаптации к текущим вызовам цифровой экономики [102, 107].

В долгосрочном плане цифровые технологии лежат в основе очередной промышленной революции, которая происходит в производственном секторе, способствуя становлению Индустрии 4.0 [40]. В качестве основных аспектов этого влияния можно выделить автоматизацию, интеграцию и интеллектуализацию производства [177].

Первый из них заключается в том, что использование цифровых технологий позволяет предприятиям автоматизировать большую часть своих бизнес-процессов, добиваясь более высокого и стабильного качества продукции при более низких издержках. Интеграция способствует повышению гибкости производства, позволяя управлять более сложными цепями поставок, поддерживать более тесные отношения со своими клиентами и адаптировать свои производственные процессы к требованиям рынка в режиме реального времени [18]. Интеллектуализация характеризуется всё более тесной интеграцией цифровых технологий в конечную продукцию, что определяет её новые конкурентные преимущества.

Результатом этой интеграции стало появление «смарт»-продукции, характеризующейся способностью самостоятельно адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды с целью достижения определённого результата [39]. В настоящее время свойство «смарт» стало неотъемлемым атрибутом многих продуктов, производимых высокотехнологичными отраслями промышленности.

В результате расширения спроса на смарт-продукцию производственные предприятия начинают конкурировать между собой не только на соответствующих рынках конечных продуктов, но и в технологической сфере, пытаясь получить доступ к инновационным технологиям и продуктам цифровых стартапов. В результате этого динамика и конкурентная среда в производственном секторе претерпевают изменения в контексте цифровой трансформации, сходные с наблюдаемыми в сфере ИТ-услуг.

Цифровая трансформация радикально меняет способ организации и управления промышленным производством, существенно влияя на экономические показатели деятельности предприятий [71]. В то же время, корректная оценка глубины цифровой трансформации представляет собой сложную задачу в силу комплексности и многогранности данного процесса. Используемые в настоящее время показатели, на основании которых тот или иной сектор промышленности считается более «цифровым», отражают лишь отдельные её аспекты, в связи с чем эффективность цифровизации не может быть в полной мере оценена с использованием единственного индикатора [57].

Внедрение цифровых технологий оказывает влияние не только на возможность автоматизации определенных производственных задач, но и на иные организационные аспекты деятельности предприятия, включающие в себя:

- квалификацию и характер рабочей силы;
- структуру взаимосвязей и характер взаимодействия с другими заинтересованными сторонами;
- способы конкуренции фирм и функционирования рынков;
- характеристики капитала и других ресурсов, используемых в производственном процессе.

В зависимости от этих факторов и от рассматриваемого сектора экономики эффекты внедрения цифровых технологий на протекание бизнес-процессов будут различными.

В работе [39] отмечается, что в условиях глобального распространения ИКТ приоритетную роль в обеспечении эффективности деятельности предприятий

приобретают способы и методы их применения. В этих условиях цифровая трансформация предприятий поддерживается тремя ключевыми факторами: сквозными технологиями, доступностью ИТ-инфраструктуры и цифровыми бизнес-моделями.

В работе [135] выделяется семь показателей глубины цифровой трансформации предприятия, представляющих различные аспекты его цифровизации. Они включают в себя:

- технологическую составляющую (доля инвестиций предприятия в программное обеспечение и цифровое оборудование, доля закупок товаров и услуг в области ИКТ);
- человеческий капитал (доля специалистов в области ИКТ в общей занятости);
- маркетинговые стратегии (доля оборота от онлайн-продаж);
- уровень автоматизации производства (отношение автоматизированных операций к количеству работников).

В связи с комплексным характером и разнородностью данных показателей, для их нормирования целесообразно использовать порядковую шкалу. Для построения такой шкалы анализируемая выборка предприятий делится на квартили, каждому из которых присваивается один из качественных признаков (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Качественные признаки квартилей

| Качественный признак | Квартиль |
|----------------------|----------|
| Низкий уровень | 1 |
| Ниже среднего | 2 |
| Выше среднего | 3 |
| Высокий уровень | 4 |

Агрегированный уровень цифровизации G_i также может быть представлен в порядковых шкалах и представляет собой результат округления среднего из значений квартилей, в которых находятся частные показатели:

$$G_i = \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n K_{ij} \right], \quad (1.1)$$

где n – количество частных показателей;

K_{ij} – квартиль, в котором находится j -й частный показатель для i -го предприятия;

[.] – операция округления.

В качестве примера на диаграммах, представленных на рисунке 1.1, представлены значения обобщённого показателя цифровой трансформации, вычисленные в соответствии с (1.1) (вычисления приведены в Приложении 1).

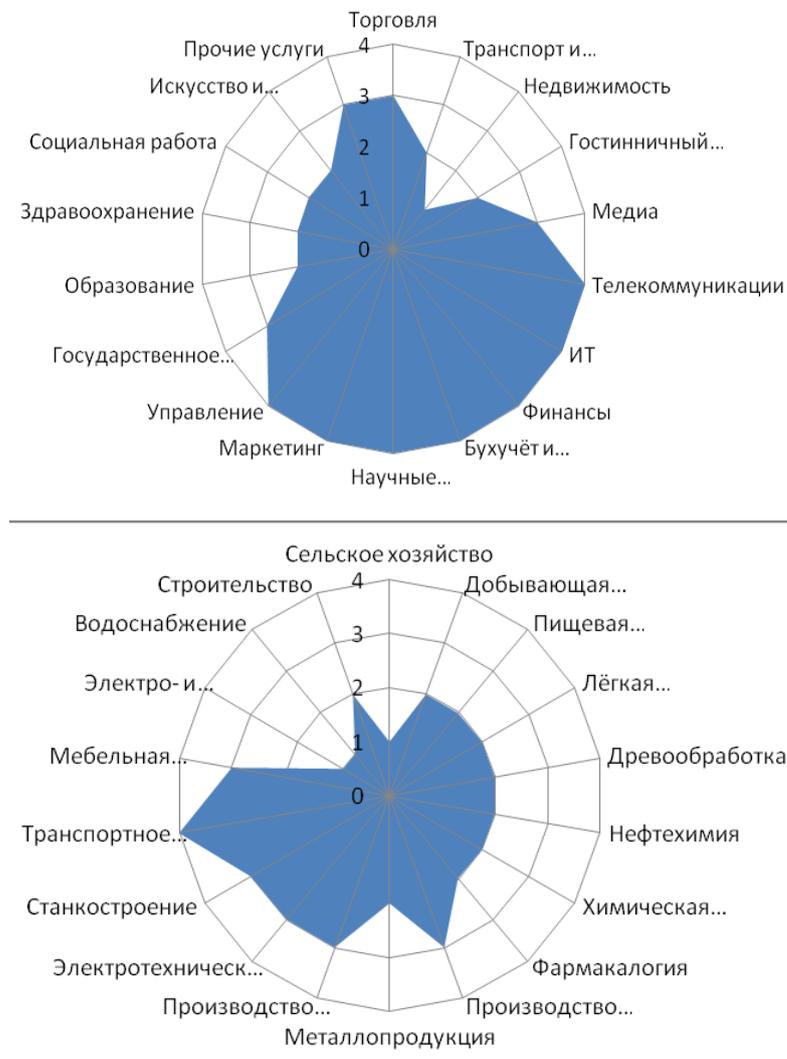


Рисунок 1.1 - Агрегированный показатель уровня цифровизации по секторам промышленности и услуг стран ОЭСР

Источник: расчёты автора

Из представленных диаграмм видно, что уровень цифровизации в различных секторах промышленности неоднороден.

Около половины секторов имели низкий или ниже среднего уровень цифровизации, тогда как другая половина – высокий или выше среднего. При этом большинство секторов группируются вокруг среднего уровня, находясь во втором или третьем квартиле.

В частности, сектора машиностроительной отрасли находятся в третьем квартиле указанного распределения, характеризуясь уровнем цифровизации «выше среднего». Такое распределение уровня цифровизации устойчиво сохранялось в течение рассматриваемого периода.

Необходимо отметить, что в производственной сфере наблюдается меньшая вариативность уровня цифровизации, чем в сфере услуг. Сектора промышленности, как правило, реже имеют высокий или низкий уровень цифровизации, чем их аналоги на рынке услуг. Действительно, только четыре сектора промышленности находятся в верхнем квартиле или нижнем квартиле по сравнению с восемью секторами услуг.

В части оценки уровня цифровизации предприятий ОПК ещё не сложилось единого подхода. Наиболее широкое распространение в настоящее время получил подход, основанный на Методических рекомендациях по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием [1].

В соответствии с ними уровень цифровизации определяется на основе форм самооценки уровня цифровизации, представленных в методических рекомендациях [49]. Утверждение форм самооценки (оценок показателей) производился участниками рабочей группы на основании результатов коллегиального обсуждения.

Формы самооценки сгруппированы в десять основных разделов, отражающих основные и вспомогательные бизнес-процессы (таблица 1.2). На основании перечней показателей, приведённых в каждом из разделов, определяется

матрица уровня цифровизации, представляющая собой профиль оценок бизнес-процессов предприятия по различным аспектам цифровизации.

В таблице 1.2 приведен результат оценки по данной методике уровня цифровизации Холдинга «Вертолёты России», а на рисунке 1.2 – визуализация полученной оценки.

Таблица 1.2 - Показатели цифровизации, оцененные в соответствии с методикой Минпромторга России

| Наименование показателя | Значение |
|--|----------|
| Конструкторская подготовка производства | 55 |
| Технологическая подготовка производства | 50 |
| Производственные процессы | 39 |
| Управление планированием и ресурсами предприятий | 49 |
| Управление сбытом, маркетингом и межзаводской кооперацией | 33 |
| Управление сервисным и гарантийным обслуживанием | 50 |
| Управление государственными контрактами и финансовыми показателями | 49 |
| Управление документооборотом предприятий | 72 |
| Программные составляющие цифрового производства | 65 |
| Уровень обеспечения информационной безопасности | 62 |

Оценка уровня цифровизации в разрезе бизнес-процессов позволяет определить «узкие места», представляющие собой направления деятельности предприятия, имеющие недостаточный уровень цифровизации.

В рассматриваемом случае показатели оценки уровня цифровой зрелости находятся приблизительно на одном уровне. Одним из самых развитых направлений является «Документооборот», это объясняется достаточно развитыми и менее затратными решениями в данной области, которые предлагает отечественный рынок программного обеспечения.



Рисунок 1.2 - Оценка уровня цифровизации в разрезе бизнес-процессов

Источник: расчёты автора

По остальным направлениям цифровые технологии внедряются в деятельность Холдинга менее активно из-за дорогостоящего программного обеспечения, а также больших финансовых затрат, необходимых для реализации того или иного решения.

Расчёт нормированного уровня цифровизации Холдинга по формуле (1.1) даёт результат $G = 52,4 \%$.

В соответствии с методическими рекомендациями, если нормированный уровень цифровизации составляет более 80 %, то уровень цифровизации Холдинга оценивается как высокий, если в диапазоне от 50 % до 80 % - то как средний, если менее 50 % - то как низкий.

Отсюда следует, что уровень цифровизации Холдинга «Вертолеты России» является средним, что говорит об активной политике в области внедрения, освоения и развития цифровых технологий в его операционной деятельности.

В то же время, оценка уровня цифровой зрелости, выполненная согласно методическим указаниям, не учитывает таких важных индикаторов как система управления цифровой трансформацией, данные, цифровые продукты, цифровые

процессы, кадры и культура, а также ИТ-инфраструктура.

В связи с этим предлагается дополнить систему показателей цифровой зрелости компании индикаторами, представленными в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Дополнительные индикаторы цифровой зрелости компании

| Индикатор | Предназначение индикатора | Индикатор включает показатели эффективности |
|--|--|---|
| Система управления цифровой трансформацией | Индикатор предназначен для количественной оценки состояния системы управления цифровой трансформацией. | Стоимость внедренных проектов Экспертная оценка работы системы управления цифровой трансформацией |
| Данные | Индикатор предназначен для количественной оценки состояния цифровой трансформации в направлении повышения качества управления Холдингом через работу с данными и поддержку принятия решения, основанную на данных. | Доля документов, переведенных в электронный вид Доля работников, вводящих данные в корпоративную систему Доля производственных ресурсов, предоставляющих данные |
| Цифровые продукты | Индикатор предназначен для количественной оценки состояния цифровой трансформации в направлении обеспечения конкурентных преимуществ Холдинга через внедрение цифровых технологий в инновационные продукты и услуги. | Доля цифровой продукции / цифровых услуг в общем объеме реализации |
| Цифровые процессы | Индикатор предназначен для количественной оценки состояния цифровой трансформации в направлении повышения эффективности Холдинга через оптимизацию и автоматизацию бизнес-процессов. | Доля оптимизированных бизнес-процессов Доля автоматизированных бизнес-процессов |
| Кадры и культура | Индикатор предназначен для количественной оценки состояния цифровой трансформации в направлении подготовки и вовлечения руководителей и лидеров в цифровую трансформацию. | Доля руководителей, вовлеченных в цифровую трансформацию Доля работников, прошедших обучение цифровым навыкам Доля работников, вовлеченных в цифровую трансформацию |
| ИТ-инфраструктура | Индикатор предназначен для количественной оценки состояния цифровой трансформации в направлении внедрения сквозных цифровых технологий в функционирование Холдинга, а так же устойчивой работы средств управления. | Доля производственных ресурсов, подключенных к системе Коэффициент использования средств автоматизации и связи Коэффициент исправного действия средств управления |

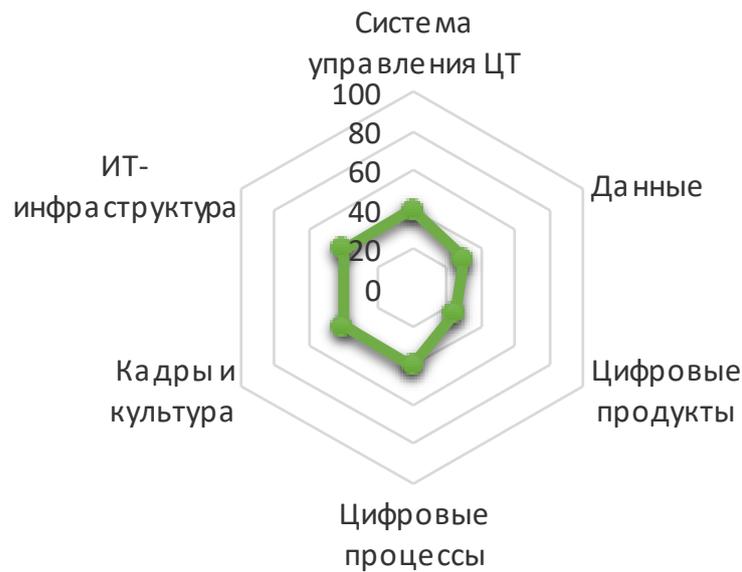


Рисунок 1.3 - Оценка уровня цифровизации по дополнительным показателям

Источник: расчёты автора

Оценка, уровня цифровой зрелости холдинга на основании данной системы показателей представлена на рисунке 1.3.

Необходимо отметить, что приведённые выше методы оценки уровня цифровизации отраслей и предприятий применимы, в первую очередь, для качественного анализа процессов цифровизации.

В то же время, важным элементом разработки программ цифровой трансформации представляется получение стоимостных оценок выгод и издержек. Одним из ключевых показателей, характеризующих влияние цифровизации на эффективность деятельности промышленных предприятий, является изменение производительности [160].

В современной научной литературе нет однозначного отношения к вопросу повышения производительности производственных процессов в результате цифровой трансформации. В частности, до сих пор остается открытым вопрос о том, оказывает ли цифровизация непосредственное воздействие на повышение производительности и ускорение экономического роста.

В работе [138] было показано, что инвестиции в развитие цифровых технологий являются значимым фактором экономического роста во всех странах

ОЭСР, хотя и в неодинаковой степени. Положительное воздействие цифровых технологий на экономический рост также было подтверждено в работе [145].

Согласно оценке Академии информационных и коммуникационных технологий Китая (CAICT), в последние годы цифровые технологии стали ключевым фактором, способствующим экономическому развитию страны.

Начиная с 2003 года цифровая экономика Китая росла опережающими темпами по сравнению с ВВП в целом, а с 2011 года разрыв в темпах роста начал увеличиваться. В результате вклад цифровых технологий в рост ВВП страны в 2018 г. оценивался в 67,9 % [174]. Согласно прогнозу CAICT, в ближайшее десятилетие интеграция цифровых технологий в другие отрасли экономики приведёт к дальнейшему росту этого влияния.

В то же время, анализ статистических данных по странам ОЭСР, проведённый в работе [133], показал, что совокупный рост производительности во многих странах за последнее десятилетие замедлился, что противоречит гипотезе о положительном воздействии развития цифровых технологий на производительность и экономическое благосостояние.

В работе Р. Солоу [161] было введено понятие парадокса производительности для постиндустриальной экономики, согласно которому внедрение отдельных технологий само по себе не приводит к росту производительности предприятий. Сторонники этой позиции утверждают, что влияние инвестиций в развитие цифровых технологий на производство не так очевидно, как утверждается, в связи с тем, что методы их статистической оценки еще недостаточно развиты, чтобы точно рассчитать такое воздействие. На современном этапе цифровые технологии еще не являются достаточно зрелыми для того, чтобы быть эффективно включенными в каждый этап производства и его организации, вследствие чего их воздействие на производительность будет проявляться с запаздыванием во времени [145].

С момента формулировки парадокса производительности появился ряд работ, посвящённых изучению взаимосвязи между внедрением цифровых технологий и производительностью. В работе М. Портера [157] указывается, что

инвестирование в развитие ИКТ не обязательно является стратегически выгодным и может приводить к снижению конкурентоспособности предприятий. Положительный эффект будет достигаться только при согласованности стратегии цифрового развития предприятия с общей бизнес-стратегией.

В работе [139] объяснение парадокса производительности применительно к информационно-коммуникационным технологиям основывается на временном лаге между разработкой технологии и её практическим внедрением. В частности, указывается, что базовым технологиям предыдущих промышленных революций (паровая машина в XVIII веке, электричество в XIX веке), потребовалось более столетия, чтобы оказать значимое влияние на экономический рост. В связи с этим оценка взаимосвязи между развитием технологий и экономическим ростом только на основе текущих наблюдаемых данных может приводить к недооценке воздействия на производительность.

В работе [152] парадокс производительности объясняется S-образной формой кривых развития новых технологий (рисунок 1.4). В то время, как общая продуктивность в результате последовательной смены технологических парадигм характеризуется экспоненциальной тенденцией роста, каждая новая технология в своём развитии проходит несколько стадий: медленного роста, быстрого роста и прекращения.

В результате этого при смене технологической парадигмы производительность может не только не увеличиваться, но и, по-видимому, уменьшаться в начальный период технологической революции.

В работе [145] представлена теория «созидательного разрушения» инноваций, которая предполагает, что каждая технологическая инновация становится основой для следующей.

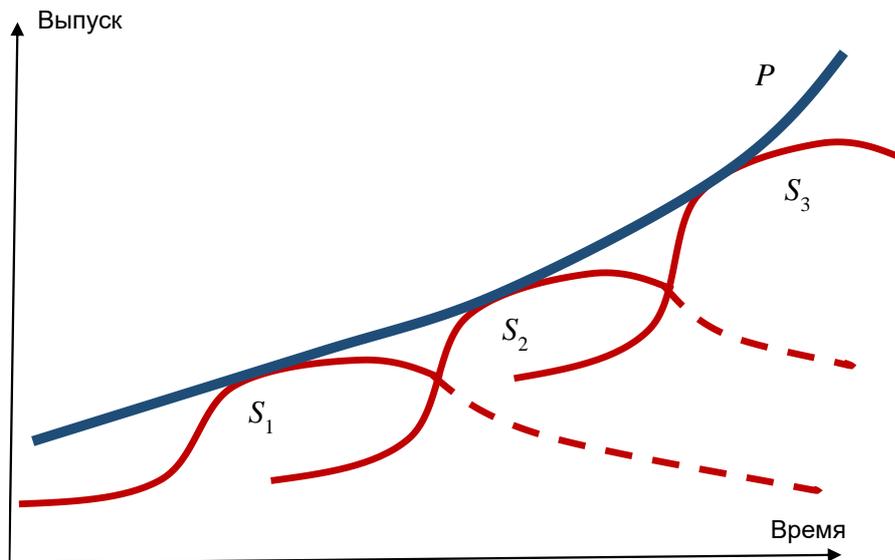


Рисунок 1.4 - Экспоненциальный рост производительности, обусловленный S-образными кривыми развития новых технологий

Источник: составлено автором по [152]

Несмотря на то, что следующая технологическая инновация начинается, когда первая достигает своего пика, она характеризуется наличием латентного периода, в течение которого её эффекты в отрасли или экономике в целом не проявляются.

В этом случае наблюдаемое воздействие новой технологии в ее начальной стадии на повышение производительности может быть значительно меньшим, чем существующей.

В соответствии с данной теорией оказывается допустимым, что внедрение технологий цифровой экономики на начальном этапе сопровождается снижением производительности по сравнению с технологиями предыдущего поколения.

В работе [133] указывается, что долгосрочные выгоды от инвестиций в цифровые технологии представляет собой не только прибыль, получаемую непосредственно от роста производительности, но и косвенную, связанную с изменениями технологических систем и организации. Накопление новых технологий может в итоге привести к подрывным инновациям в терминологии [137], дающим значительный прирост производительности. Однако этот процесс

может сопровождаться задержками внедрения, дополнительными затратами на перестройку бизнес-процессов и необходимостью дорогостоящих инвестиций в нематериальные активы. Таким образом, даже если цифровизация производства не сможет улучшить текущую производительность, она, тем не менее, должна привести к росту производительности в долгосрочном периоде. Это иллюстрируется, в частности, широким внедрением компьютерных технологий в производственные процессы в 1990-х годах, результатом которого явился резкий рост производительности в промышленно развитых странах в 2000-х годах [144]. Таким образом, в течение относительно короткого «переходного периода», положительная связь между развитием компьютерных технологий и экономическим ростом не была наблюдаемой.

В работе [94] была предложена модель инновационной функции, описывающая, по аналогии с производственной функцией, зависимость объёма инновационной продукции от осуществлённых предприятием затрат на продуктовые инновации. Показана возможность чередования в данной функции участков, характеризующих убывающей и возрастающей доходностью от затрат на инновации и выделена точка технологического оптимума, характеризующая максимум средней производительности инновационных ресурсов.

Обобщая перечисленные выше концепции, можно констатировать, что наблюдаемое снижение отдачи в цифровой экономике на начальной стадии является закономерной частью её развития, поскольку производственная функция с ускоряющимися темпами роста подразумевает медленный темп роста в начальной фазе. Данная ситуация практически идентична имевшей место в начальный период становления индустриального общества. Скептицизм по поводу промышленной революции был широко распространён в связи с низкими темпами роста производства на начальных этапах индустриального общества, но позже выяснилось, что это было связано с непониманием особенностей ускорения экономического роста индустриального общества.

Альтернативным подходом к анализу влияния цифровых технологий на производительность является использование микроэкономических данных. Это

обосновывается результатами более ранних исследований внедрения ИКТ в производство, которые продемонстрировали, что рост производительности труда неоднороден в разных фирмах и зависит от дополнительных инвестиций в навыки, управление и организацию [140].

Анализ данных микроуровня, характеризующих воздействие цифровых технологий на производительность отдельных компаний, показывает, что их внедрение может быть связано с увеличением разрыва в производительности труда между высокопродуктивными компаниями («цифровыми чемпионами») и другими фирмами, характеризующимися более низкими темпами роста производительности. Эта ситуация иллюстрируется рисунком 1.5, на котором представлены зависимости прироста производительности фирм при внедрении в них различных цифровых технологий от уже достигнутого уровня производительности [143]. Диаграммы построены на основе выборки, содержащей более 1,5 млн наблюдений по производительности фирм из 20 стран ОЭСР, работающих в 22 отраслях в период 2010 – 2015 годы. Здесь по оси абсцисс отложен квартиль, в который попадает фирма по уровню производительности (первый – наименее производительные, четвёртый – наиболее производительные), по оси ординат – прирост производительности при внедрении соответствующей цифровой технологии по отношению к среднему уровню (в процентных пунктах).

Видно, что прирост производительности распределён неравномерно. Высокопродуктивные фирмы получают значительно больший выигрыш от таких технологий, как широкополосный доступ в интернет, внедрение ERP и CRM-систем.

В то же время, внедрение облачных вычислений даёт больший прирост производительности в первую очередь для низкопроизводительных фирм, тогда как для остальных квартилей он примерно одинаков и находится ниже среднего уровня.

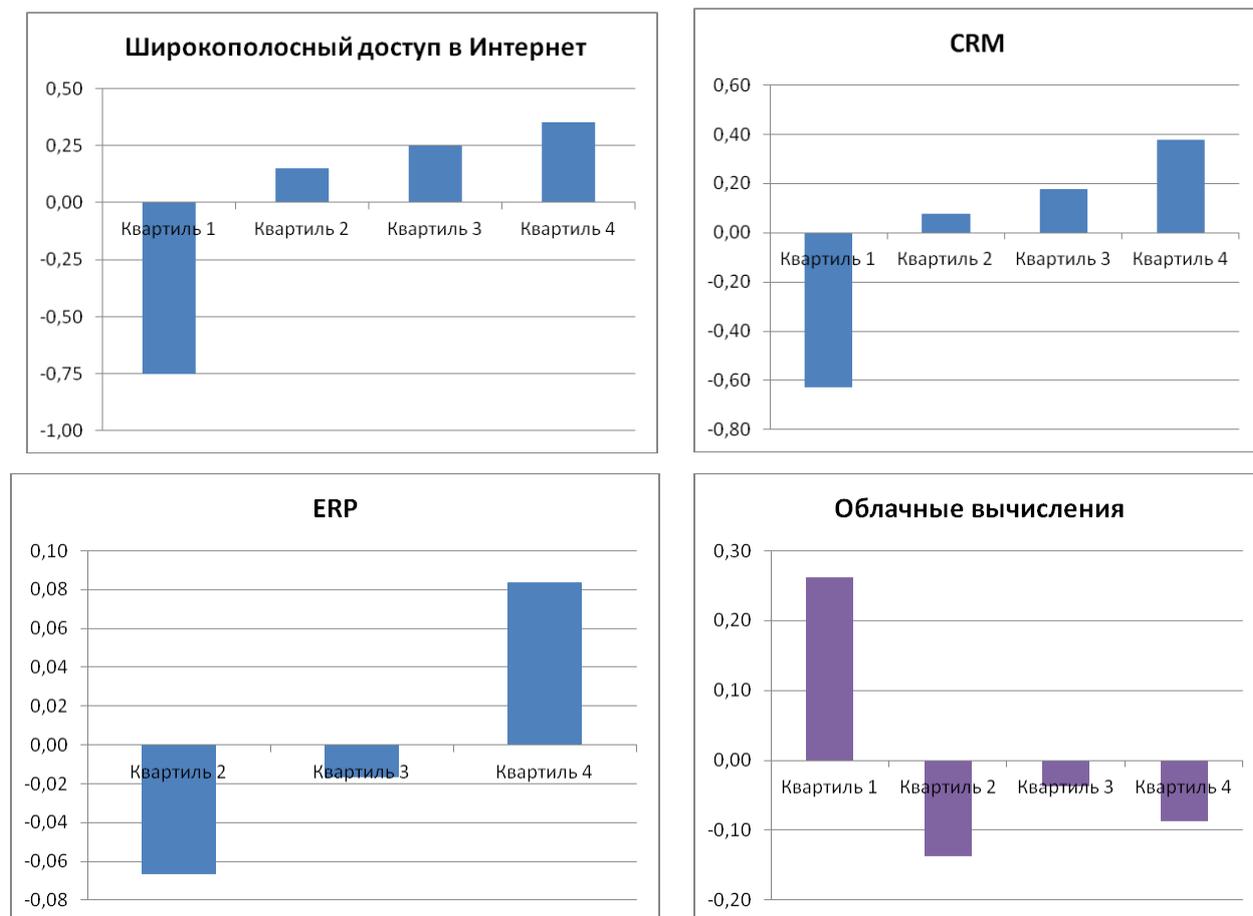


Рисунок 1.5 - Прирост производительности фирм от внедрения цифровых технологий по отношению к среднему уровню (п.п.)

Источник: составлено автором по данным [143]

Возможным объяснением данных зависимостей является то, что для получения выгод от внедрения цифровых технологий требуется проведение достаточно большого объема подготовительных работ, связанных с реорганизацией процессов производства и управления, развитием у персонала цифровых навыков, что с большей вероятностью будет проделано в высокопроизводительных фирмах.

В то же время, преимущества от внедрения цифровых технологий также распределены неравномерно по секторам. В частности, эффективность использования цифровых технологий, как правило, выше в сфере услуг, чем в промышленности (рисунок 1.6).

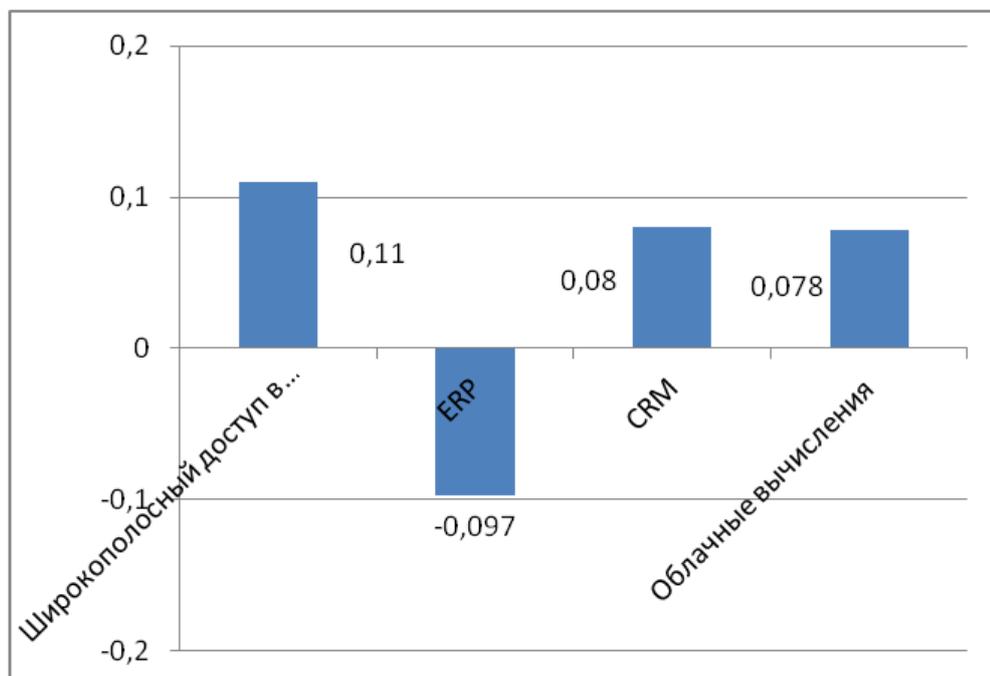


Рисунок 1.6 - Сравнение прироста производительности фирм (п.п.) от внедрения цифровых технологий в секторах услуг и промышленности

Источник: составлено автором по данным [143]

Данные результаты согласуются со сформулированной выше гипотезой о том, что воздействие внедрения цифровых технологий в значительной степени определяется видом деятельности фирмы и особенностями её организации.

Способствуя повышению средней производительности в промышленности, внедрение цифровых технологий обуславливает увеличение неравенства в производительности между фирмами, а также наблюдаемое в развитых экономиках снижение темпов роста «догоняющих» фирм в отраслях, характеризующихся более высоким уровнем квалификации и большей долей специалистов в области ИКТ.

В целом проведённый анализ свидетельствует о том, что эффекты внедрения цифровых технологий не распространяются одновременно на все отрасли промышленности. Готовность компаний к их восприятию представляет собой многоплановый показатель, во многом определяемый, наряду с технологическими и организационными факторами, также развитием цифровых компетенций сотрудников. В результате этого фирмы с традиционной организацией

деятельности, зачастую имеющие меньший потенциал для восприятия новых технологий, могут испытывать большие затруднения в плане догоняющего развития в тех секторах, где технологии и знания имеют наибольшее значение.

1.2 Влияние цифровых технологий на рынки высокотехнологичной продукции

Помимо изменения эффективности собственно производственного процесса, цифровая трансформация предприятий сопровождается рядом внешних эффектов, оказывающих косвенное воздействие на состояние соответствующих рынков и, как следствие, на эффективность выбранной предприятием стратегии работы на данных рынках. В связи с этим важным элементом экономического анализа эффективности функционирования предприятий в условиях цифровизации является оценка воздействия цифровых технологий на динамику и рост рынков, уровень конкуренции, а также процессы входа и выхода фирм, слияний и поглощений.

Начиная с 1990-х годов наблюдается интенсивный рост рынков, связанных с информационно-коммуникационными технологиями. Данный период характеризуется взрывным ростом числа компаний, ориентированных на преимущественное использование цифровых технологий в своей деятельности. К настоящему времени многие из этих компаний завоевали значительную долю рынка и стали лидерами в своём сегменте. В то же время, по мере укрепления лидерами своих позиций, наблюдается снижение стимулов для входа новых компаний на данные рынки, что привело в последние годы к снижению их динамичности и формированию ярко выраженной олигополистической структуры.

В работе [135] было исследовано влияние цифровой трансформации на динамику бизнеса в промышленно развитых странах. В ходе анализа были рассмотрены данные по 15 странам ОЭСР в отраслях с различным уровнем цифровизации.

При этом сравнивались характеристики секторов с высоким уровнем цифровизации с другими секторами экономики. В результате были выявлены следующие зависимости.

1. Отрасли экономики с высоким уровнем цифровизации в среднем более динамичны, чем другие отрасли. Они характеризуются более высокими средними показателями входа и перераспределения рабочих мест среди занятых. В то же время, существуют значительные межстрановые различия в динамике, что свидетельствует о важности государственной политики в области поддержки развития и внедрения цифровых технологий.

2. В среднем снижение динамичности бизнеса в цифровых интенсивных секторах, происходило быстрее, чем в других секторах экономики. На рисунке 1.7 показано сравнение интенсивностей входа фирм на рынки в секторах с высоким уровнем цифровизации и в прочих секторах экономики. Представленная диаграмма свидетельствует о растущем разрыве в темпах входа в сектора с высоким уровнем цифровизации после 2001 года по сравнению с другими секторами экономики. Возможная интерпретация такой динамики связана с технологическими факторами.

С одной стороны, распространение цифровых технологий снижает барьеры для входа на рынок, облегчает доступ к информации и взаимодействие между фирмами, создавая возможности для распространения инноваций в бизнесе.

С другой стороны, возможности для новых фирм в секторах с высокой цифровой интенсивностью, которые были широко распространены на ранней стадии внедрения цифровых технологий, в конце 1990-х и начале 2000-х годов, в настоящее время существенно сократились.

С течением времени на данных рынках, как и в других инновационных секторах, появились доминирующие продукты и услуги, сокращая возможности для новых участников и смещая инновации от продуктовых к процессным, что привело к уменьшению доли успешных фирм.

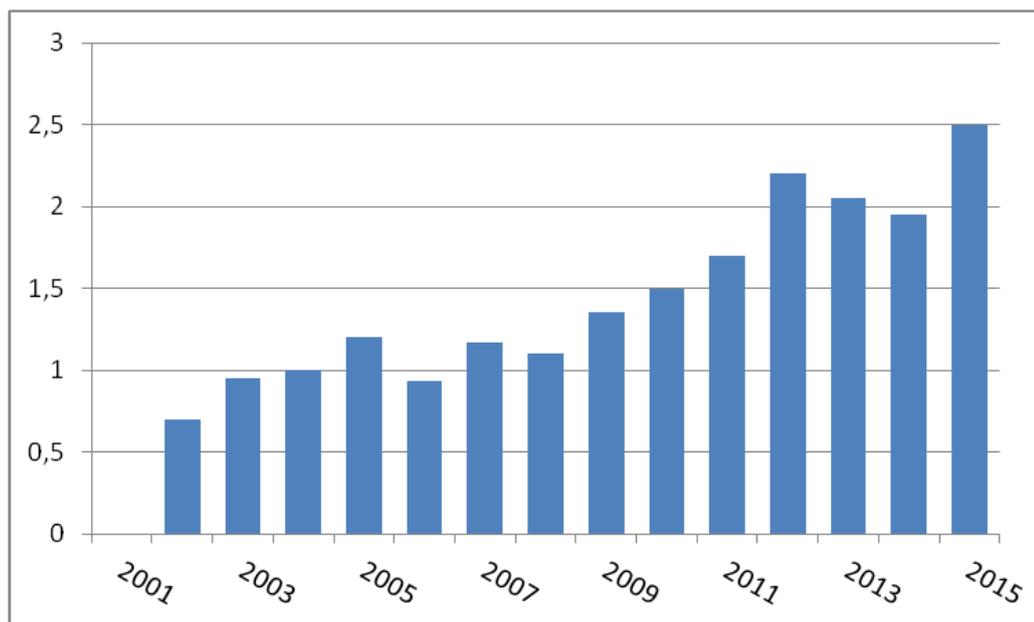


Рисунок 1.7 - Сравнение интенсивности входа фирм в нецифровые и цифровые сектора в странах ОЭСР

Источник: составлено автором по данным [135]

Таким образом, динамика рынков в секторах с высокой цифровой интенсивностью соответствует общей экономической закономерности, отмеченной в работе [149], согласно которой сектора, находящиеся на более поздней стадии жизненного цикла, демонстрируют более низкую динамику.

Происходящее в процессе цифровой трансформации распространение новых технологий на сектора с низкой цифровой интенсивностью может привести к качественному изменению характера бизнеса в них и спровоцировать новую волну входов новых фирм и перераспределения рынка между ними, особенно в тех секторах, где эти технологии могут привести к более радикальным изменениям. Возможными барьерами для этого процесса может являться наличие значительных предварительных требований, необходимых для получения выгод от этих технологий, например, накопление большого объема цифровых данных, уровень цифровых компетенций работников и другие.

Повышение производительности труда ведущих фирм в секторах с высоким уровнем цифровизации наряду со снижением динамичности их развития могут

привести к тому, что все большая часть экономической активности будет сосредоточена среди небольшого числа ведущих компаний. Действительно, ряд исследований показывает, что в последние десятилетия концентрация возросла как в промышленности, так и в сфере услуг в США и странах Евросоюза [126, 128]. Так, за период с 2000 по 2014 год концентрация возросла в 71 % обрабатывающих отраслей в Европе и в 65 % в США. За этот период уровни концентрации возросли в среднем на 3 - 4 процентных пункта в Европе и 6 - 8 процентных пунктов в США.

В настоящее время среди учёных отсутствует однозначное отношение к росту концентрации рынков. Этот процесс может свидетельствовать о технологических изменениях или глобализации, обеспечивающих расширение производства наиболее эффективными фирмами, что приводит к перераспределению труда и капитала в сторону более производительных фирм и, в конечном итоге, к росту совокупной производительности [146]. С другой стороны, тенденция к увеличению концентрации промышленности может иметь негативные последствия для целого ряда экономических процессов. Она приводит к уменьшению числа покупателей на рынках сырья и трудовых ресурсов, что потенциально может повлиять на условия контрактов для поставщиков и работников. Кроме того, растёт политическое влияние крупных фирм, что может оказывать влияние на государственную политику в концентрированных отраслях. Вкупе со снижением темпов входа на рынки это может привести к возникновению институциональной ловушки [83] - неэффективного рыночного равновесия, характеризуемого снижением числа инноваций и замедлением роста производительности как непосредственно за счет менее радикальных инноваций со стороны участников, так и косвенно за счет более низкого конкурентного давления на инноваторов.

Повышенная концентрация рынков также может быть причиной ослабления конкуренции, что приводит к искажению рыночных равновесий и снижению общественного благосостояния.

Однако исследования прибыльности деятельности компаний в отраслях с различным уровнем цифровизации показывают, что в производственной сфере

фирмы, работающие в отраслях с высоким уровнем цифровизации, в среднем характеризуются более низкой нормой прибыли, чем фирмы, работающие в других секторах. Это может объясняться большей интеграцией цифровых компаний в глобальные рынки, где они сталкиваются с высоким уровнем конкуренции.

Ещё одним индикатором динамичности рынков является объём происходящих на них слияний и поглощений [30]. В период с 2003 по 2015 год число слияний и поглощений на мировом рынке выросло более чем вдвое, при этом произошли важные изменения в их характере. Если раньше основными мотивами являлись получение или расширение доступа к рынкам, а также экономия за счет масштаба, то в настоящее время всё большее их число мотивировано доступом к новым технологиям и структурным изменениям, о чем свидетельствует значительный рост слияний и поглощений со стороны производственных компаний, ориентированных на цифровые стартапы [142].

Как отмечается в [125], в пятёрку отраслей промышленности, демонстрирующих самый быстрый рост в качестве целей слияний и поглощений со стороны производственных фирм в последние годы, входят виды деятельности «обработка данных» и «разработка программного обеспечения». Наиболее активными их приобретателями являются компании компьютерной и электронной промышленности, однако в других отраслях промышленности прослеживается тенденция увеличения количества приобретений этих компаний. В частности, такие традиционные отрасли машиностроения, как авиационная промышленность, автомобилестроение, станкостроение и судостроение, пытаются повысить свою капитализацию путем приобретения компаний, разрабатывающих цифровые технологии, интегрируемые в существующие производственные системы.

Выбор в качестве целей слияний и поглощений фирм, работающих в секторах услуг с интенсивным использованием цифровых технологий, свидетельствует о важности цифровых технологий для производственных компаний. При этом, как указывается в [125], границы между производством и услугами становятся все более размытыми, так как эффективность деятельности производственных

компаний всё в большей степени определяется реализацией сопутствующих услуг, предоставляемых самостоятельно или приобретаемых у сторонних фирм.

Внедрение цифровых технологий оказывает влияние не только на экономическую сферу, но также приводит к глобальным социальным преобразованиям, которые ускоряют экономический рост, стимулируя цикл расширенного воспроизводства [56]. Можно выделить пять основных направлений такого влияния:

- создание спроса на цифровые продукты;
- формирование гибких экономических структур;
- управление колебаниями цен;
- изменение бизнес-процессов фирм и форм занятости;
- формирование нового «цифрового» поколения.

Создание спроса обусловлено, прежде всего, появлением новых продуктов, которые могут быть реализованы с помощью цифровых технологий. Достижения в области вычислительной техники и информационных технологий создали огромные возможности для производства таких продуктов. Например, по мере расширения использования сети Интернет возникла потребность в онлайн-овых идентификаторах, а затем и в системах управления идентификацией [22]. Разработка цифровых носителей информации и формата записи аудиоданных MP3 создала новый интернет-рынок для музыкальных произведений, характеризуемый оборотом в несколько миллиардов долларов в год. Таким образом, цифровая экономика способствует как расширению существующих потребностей, так и созданию новых потребностей, отсутствовавших в традиционной экономике [105].

Важным фактором создания новых цифровых продуктов является происходящее в настоящее время формирование в мировом масштабе принципиально новой цифровой инфраструктуры на основе современных разработок в области электроники и программных систем. В работе [61] указывается, что на основе цифровой инфраструктуры будет развиваться новое поколение преимущественно финансовых и организационных инноваций и создаваться новый механизм роста глобальной экономики.

Создание гибких экономических структур обусловлено тем, что с развитием цифровых технологий снижаются издержки предприятий на вход на рынки и выход из них. При этом нужды потребителей начинают играть более значимую роль в организации производственных процессов. Внедрение технологий интернет-торговли позволяет предпринимателям начать свой бизнес с небольшим количеством рабочей силы и капитала. Малый бизнес в цифровой экономике имеет потенциал для быстрого роста благодаря свойству возрастающей отдачи от масштаба.

Развитие коммуникаций привело к более тесной взаимосвязанности потребителя и производителя. Потребители могут напрямую контактировать с производителями используя множество различных Интернет-каналов, тем самым предоставляя оперативную обратную связь по получаемым продуктам и услугам. В свою очередь, производители, получая информацию о потребностях потребителей, могут оперативно корректировать свои бизнес-процессы с целью обеспечения эффективного производства на основе этой информации. Развитие цифровых технологий помогает производителям более точно прогнозировать уровень и динамику спроса на продукцию, позволяя тем самым гибко реагировать на его колебания, корректировать объем запасов, снижая тем самым свои издержки [96].

Ряд авторов отмечает, что развитие цифровой экономики также способствует смягчению колебаний рыночных цен. Так, согласно [147], развитие рынков цифровых товаров и услуг в США способствовало снижению уровня инфляции в первой декаде XXI века на 1,1 п.п. В работе [128] на основании сравнительного анализа эмпирических данных и модели общего равновесия также делается вывод, что достижения в области информационных технологий уменьшили колебания объемов производства и инфляцию.

Цифровая экономика трансформирует структуру фирм и тип занятости, способствуя созданию новых рабочих мест. Крупные компании реорганизуются, формируя небольшие дочерние инновационные венчурные компании, а также используя аутсорсинг. Электронные коммуникации и гибкий график работы

сделали ненужными фиксированные места и время работы, что способствовало формированию новых видов взаимодействия между работником и работодателем. Более гибкие условия труда, обеспечиваемые внешними предприятиями, такими как электронные торговые площадки, способствуют изменению структуры занятости. С особой остротой эти вопросы проявились в период пандемии COVID-19 в 2020 году [38].

Важным фактором является также изменение требований к квалификации работников. Интенсификация использования цифровых технологий в производственных процессах привела к росту спроса на квалифицированных специалистов, имеющих компетенции в сфере науки, техники, инженерии и математики (STEM-специальности). При этом существенную конкуренцию традиционным отраслям промышленности за квалифицированные трудовые ресурсы составляют отрасли, связанные с информационными технологиями. Так, согласно данным Бюро трудовой статистики США, за десятилетие с 1996 по 2006 год численность занятых в таких отраслях увеличилась более чем на 100 %, достигнув 2,5 млн чел., а к 2008 году – ещё на 28 %, до 3,2 млн чел. [147].

Традиционные отрасли промышленности, предъявляющие аналогичные требования к квалификации работников, характеризуются, как правило, менее привлекательными условиями труда, нежели ИТ-отрасли. В результате этого происходит миграция профессиональных кадров из промышленности в сферу ИТ. Так, по оценке Ассоциации аэрокосмической промышленности (AIA), в США ежегодно остаются незаполненными порядка 4 млн вакансий STEM-специалистов, а в мире суммарный дефицит STEM-специалистов оценивался в 85 млн чел. к 2020 году [171]. При этом 39 % компаний аэрокосмической промышленности рассматривают дефицит STEM-специалистов как критический фактор для повышения эффективности деятельности.

Ещё одним значимым эффектом развития цифровой экономики является появление нового типа потребителей – «цифрового» поколения [44]. «Цифровое» поколение, появившееся в эпоху широкого проникновения цифровых медиа в различные сферы жизни, существенно отличается от других в вопросе ценностей и

образа жизни [87]. Оно активно использует цифровые медиа для общения, развлечений, обучения, работы и мышления, а также формирует новые ценности, активно участвуя в производстве и потреблении новых продуктов [39].

Переходя к ситуации с развитием цифровых технологий в Российской Федерации, следует отметить, к настоящему времени уже в целом сформирована инфраструктура, необходимая для цифровой трансформации промышленности, накоплены существенные мощности для хранения и обработки больших данных, успешно развиваются необходимые для внедрения промышленного интернета вещей (IIoT) технологии межмашинного взаимодействия. Тем не менее, темп цифровой трансформации бизнеса и развитие связанных с ИКТ отечественных рынков цифровых продуктов и услуг в настоящее время отстают от мировых.

По оценкам аналитического исследования «Промышленный интернет вещей в России», отечественный рынок IIoT растёт с темпом 17,4 % в год [166]. В настоящее время в машиностроительных отраслях насчитывается порядка 1,3 млн IIoT-устройств, при этом средний годовой темп роста уровня цифровизации промышленности в России оценивается примерно в 30 %.

Несмотря на это, по мнению исследователей, процесс цифровизации промышленности в России в настоящее время всё ещё находится на начальных этапах. Сдерживающими факторами внедрения цифровых технологий в производство выступают следующие:

- высокая стоимость и длительность реализации программ цифровизации;
- недостаточная информированность бизнеса в области существующих цифровых технологий;
- отсутствие понимания руководством предприятий экономического эффекта, который может быть получен от их внедрения;
- моральный износ основных производственных фондов предприятий, зачастую не отвечающих требованиям использования цифровых технологий;
- отсутствие стандартов интеграции производственных процессов и информационных систем;
- недостаточно развитая нормативная правовая база такой интеграции;

- необходимость значительных инвестиций для цифровой трансформации, которые не всегда возможны для производственных предприятий;

- недостаточное количество цифровых решений на рынке, прошедших апробацию на реальных производствах.

Ожидается, что по мере наращивания реализованных проектов по цифровой трансформации производства будет происходить наработка типовых решений, что приведёт к снижению стоимости и ускорению их внедрения в производственные и управленческие процессы.

В частности, в исследовании [166] отмечается, что в условиях усиливающихся тенденций к цифровизации экономики в целом наблюдается повышение интереса бизнеса к «коробочным» решениям отечественных производителей в области цифрового управления производством.

1.3 Роль государственной политики во внедрении цифровых технологий в производство

Проведённый выше анализ свидетельствует о том, что внедрение цифровых технологий в деятельность предприятий потенциально может способствовать значительному повышению их производительности. В то же время, конкретный характер и масштаб воздействия данных технологий неодинаков в разных секторах и определяется большим количеством факторов, значительную роль среди которых играет государственная политика.

Успешное внедрение и масштабирование цифровых технологий зависит как от общих вопросов реализуемой государством инновационной и промышленной политики, защиты интеллектуальной собственности, развития человеческого капитала, поддержки фундаментальных и прикладных научных исследований, так и от решений, касающихся развития на территории страны отдельных технологий (например, сетей 5G, цифровых финансовых технологий и др.).

В настоящее время научным сообществом в целом признаётся важность государственной политики как фактора цифровой трансформации [34]. В то же время, в большинстве существующих исследований рассматривается прежде всего государственная политика в области поддержки инноваций и инновационных технологий.

Сбалансированная государственная политика в области внедрения цифровых технологий способствует повышению эффективности промышленного производства, в том числе, за счёт развития инфраструктуры цифровой экономики, расширения спектра услуг в цифровом формате, масштабирования и тиражирования перспективных технологий, повышения деловой активности на рынках с интенсивным использованием цифровых технологий.

Одним из примеров такой государственной политики может служить стратегия развития единого цифрового рынка стран Европейского Союза (Digital Single Market), принятая в 2015 году и являющаяся в настоящее время одним из внешнеполитических приоритетов Европейской Комиссии [97]. Данная стратегия носит комплексный характер и реализуется по трём основным направлениям:

- повышение доступности цифровых товаров и услуг;
- формирование инфраструктуры единого цифрового рынка;
- превращение цифрового сектора в драйвер экономического роста.

Повышение доступности для потребителей цифровых товаров и услуг на территории всех стран Евросоюза предполагает последовательное снятие барьеров для трансграничной электронной торговли, включая в себя упрощение правил её регулирования, гармонизацию законодательства в сфере обеспечения конкуренции, защиты прав потребителей и устранения дискриминации.

Формирование инфраструктуры единого цифрового рынка предполагает совершенствование нормативной базы, стимулирующей инвестиции в развитие технологий широкополосного доступа в Интернет, создание цифровых платформ и экосистем, обеспечение кибербезопасности и защита данных. Несмотря на то, что в качестве основного драйвера развития инфраструктуры рассматриваются частные инвестиции, Руководством Еврокомиссии по инвестированию в

широкополосную связь [176], предполагается выделение значительной государственной поддержки на реализацию проектов в этой области, а также широкое использование средств европейских структурных и инвестиционных фондов.

Превращение цифровой отрасли в драйвер экономического роста в странах-членах ЕС направлено на стимулирование спроса и предложения цифровых продуктов и услуг. Данное направление предполагает, в частности разработку общеевропейских стандартов в сфере функционирования единого цифрового рынка, в том числе электронного здравоохранения, логистики, систем интеллектуального учёта в энергетике и других. В рамках мер по развитию спроса на цифровые продукты и услуги предусмотрено выделение значительных средств на формирование у граждан базового набора цифровых компетенций, необходимых для доступа и использования возможностей, предоставляемых цифровыми платформами [87].

Реализация стратегии развития единого цифрового рынка привела к существенному повышению доступности современных цифровых технологий для населения и бизнеса на территории ЕС. Так, по данным сводного индекса цифровой экономики и общества (DESI), доля домохозяйств, не имеющих доступа в Интернет, в период с 2014 по 2019 год сократилась более чем в 2 раза, с 6,4 до 3,0 %. Доля предприятий, имеющих высокоскоростной доступ в Интернет, за этот же период выросла в 2 раза, составив около половины всех предприятий Евросоюза.

На рисунке 1.8 представлены индикаторы индекса DESI, характеризующие развитие рынков цифровых продуктов Евросоюза в период с 2014 по 2019 год.

Видно, что оборот онлайн-продаж предприятий увеличился в 1,25 раза, до 18,5 % от общего оборота (рис. 1.8а). При этом доля предприятий, более половины своей выручки получающих от продаж онлайн, выросла за этот период в 1,8 раза, достигнув 3,3 % (рис. 1.8б).

В части развития спроса, количество активных интернет-пользователей на территории ЕС увеличилось в 1,2 раза, составив 79 % населения ЕС (рис. 1.8в), доля

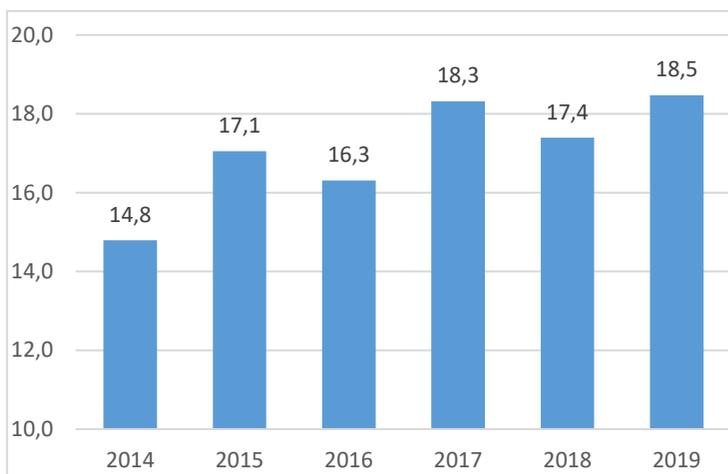
населения, делающего покупки онлайн увеличилась в 1,26 раза, до 63,2 % (рис. 1.8г).

Согласно оценкам экспертов, основными экономическими и социальными результатами реализации стратегии развития единого цифрового рынка будет являться увеличение ВВП стран Евросоюза более чем на 400 млн евро в год, рост занятости в отраслях информационных технологий, а также повышение качества оказания государственных услуг [112].

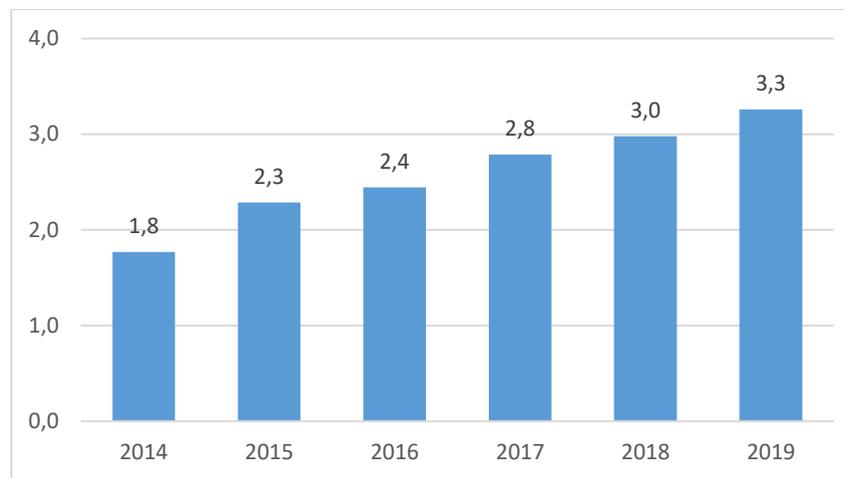
Иная концепция развития цифровой экономики определяется государственной политикой КНР. В течение последнего десятилетия в КНР был разработан ряд государственных планов и программ, охватывающих все аспекты развития цифровой экономики, в том числе: Основной план-стратегия развития информационных технологий, Государственная стратегия работы с большими данными, Государственная стратегия по обеспечению информационной безопасности, Программа развития искусственного интеллекта нового поколения, стратегии развития инфраструктуры "Широкополосный Китай", "Интернет плюс" и ряд других.

В соответствии с ними приоритетным направлением научных и прикладных исследований на ближайшие годы является развитие и внедрение в бизнес и государственное управление цифровых технологий нового поколения, в том числе облачных вычислений, Интернета вещей, больших данных, искусственного интеллекта.¹ Стратегия «Интернет плюс», разработанная в 2015 г., направлена на повышение эффективности функционирования традиционных отраслей промышленности КНР путём интеграции интернет-решений в их деятельность.

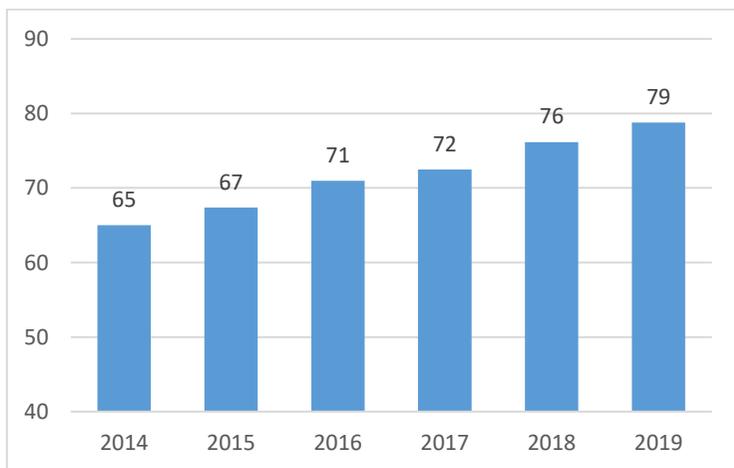
¹ Кэцян Ли Доклад о работе правительства на 3-й сессии Всекитайского собрания народных представителей 13-го созыва / Синьхуа, 30.05.2020 [Электр. ресурс] - URL: http://russian.news.cn/2020-05/30/c_139100434.htm (дата обращения: 05.12.2020).



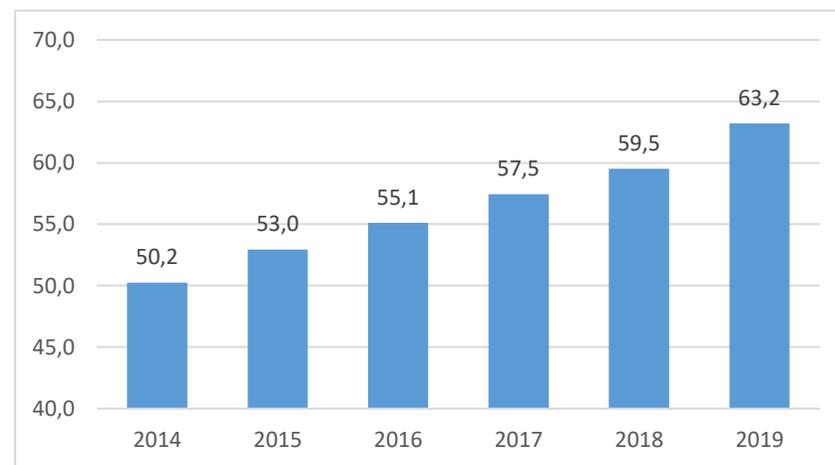
(а)



(б)



(в)



(г)

Рисунок 1.8 - Индикаторы индекса DESI (все страны Евросоюза) за период с 2014 по 2019 год

Источник: составлено автором по данным [175]

С этой целью интенсивно развивается цифровая инфраструктура, формирующая основу современного интеллектуального производства, включая информационные сети нового поколения, технологии мобильной связи пятого поколения, облачные технологии, центры обработки и хранения данных.¹

Поддержка со стороны государства проектов развития цифровых технологий и инноваций дала возможность существенно увеличить объём цифровой экономики, достигший в 2019 г. 35,8 трлн юаней (5,5 трлн долл.), что составляет более трети ВВП страны.²

В соответствии с Государственной стратегией работы с большими данными, цифровые данные позиционируются как стратегический ресурс, интенсификация использования которого будет способствовать дальнейшему развитию экономики страны, повышению эффективности бизнеса и государственного управления.³

В работе [132] указывается, что государственное регулирование цифровых отраслей в КНР ориентировано на организацию сбора и извлечения максимальной ценности из данных. В КНР в настоящее время происходит активное формирование централизованной системы сбора, извлечения, обработки и применения больших данных. В 2009 году правительством КНР с целью обеспечения инфраструктуры для сбора, обработки и хранения больших данных была создана компания Global Tone Communication Technology Co., Ltd. (GTCOM). GTCOM выступает в роли основного подрядчика правительства Китая и крупнейших китайских частных и государственных компаний в сфере работ по созданию и эксплуатации цифровых платформ по работе с большими данными. По оценке экспертов, в настоящее время она является одним из крупнейших мировых агентств по работе с большими данными [165].

¹ China unveils 'Internet Plus' action plan to fuel growth / China Daily, 04.07.2015 [Electr. resource] - URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/tech/2015-07/04/content_21181256.htm (дата обращения: 25.01.2021).

² Цифровой сектор превысил треть китайской экономики / ИА Regnum, 24.11.2020 [Электр. ресурс] - URL: <https://regnum.ru/news/economy/3124032.html> (дата обращения: 18.12.2020)

³ Китайский опыт цифровой трансформации экономики / РСМД, 2020 [Электр. ресурс] - URL: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/columns/asian-kaleidoscope/kitayskiy-opyt-tsifrovoy-transformatsii-ekonomiki/> (дата обращения: 18.12.2020)

Государственная стратегия работы с большими данными (Реформы и открытость) / Ключевые слова о Китае, 24.10.2018 [Электр. ресурс] - URL: http://russian.china.org.cn/china/China_Key_Words/2018-10/24/content_67909081.htm (дата обращения: 18.12.2020)

Наличие единой платформы хранения и обработки больших данных создаёт предпосылки для формирования монополистической структуры власти государства и больших корпораций по отношению к техническому потенциалу больших данных [173]. Правительством формируются институциональные условия для сбора данных физических и юридических лиц. Техническое обеспечение инфраструктуры для сбора и обработки данных осуществляется ведущими интернет-компаниями, которые, помимо собственных механизмов сбора данных имеют возможность использовать принадлежащие государству публичные наборы больших данных. По мнению исследователей, реализация этой стратегии открывает широкие возможности для внедрения в государственное управление и бизнес-моделей управления, основанного на данных, и перейти в будущем к алгоритмическому реагированию на различные проблемы и ситуации.

С другой стороны, монополизация использования потенциала больших данных и других цифровых технологий сравнительно небольшим числом крупных компаний может привести к увеличению разрыва в эффективности функционирования с оставшейся частью рынка, что, в конечном итоге, негативно отразится на конкурентной среде и потребителях цифровых продуктов [25]. В связи с этим важным элементом государственной политики является повышение открытости процесса внедрения и распространения цифровых технологий для обеспечения равномерного распределения предоставляемых ими благ.

Необходимым условием обеспечения равного доступа к цифровым благам является повышение качества человеческого капитала как в рамках отдельных организаций, так и в масштабе экономики в целом. Это может быть достигнуто реализацией государственных образовательных программ и программ профессиональной переподготовки. Особенно актуальным вопрос развития цифровых компетенций является для работников секторов экономики, имеющих низкий уровень цифровизации.

Помимо специфичных мер, направленных на стимулирование развития цифрового сектора экономики, значительную роль по-прежнему играет промышленная политика, направленная на повышение конкурентности рынков, в

том числе, развитие доступа к капиталу для инновационных фирм [79], снижение административных барьеров [46], повышение эффективности работы государственного сектора и расширение перечня услуг электронного правительства [53].

В работе [108] выделяется шесть аспектов эффективной государственной политики, способствующих повышению конкуренции на рынках, связанных с цифровыми продуктами и технологиями:

- улучшение образования и профессиональной подготовки с целью повышения предложения и качества специалистов в данных областях;
- развитие инструментов финансирования инновационных фирм на начальных этапах их деятельности;
- стимулирующие меры для обеспечения потенциальной отдачи от предпринимательской деятельности при выводе на рынок инновационных продуктов и услуг;
- снижение регуляторных барьеров и административного бремени для стартапов;
- проконкурентное регулирование предпринимательской деятельности, обеспечивающее равные условия ведения бизнеса выходящим и действующим на рынках фирмам;
- обеспечение хеджирования рисков инновационного предпринимательства, в т.ч. эффективность процедур банкротства.

Развитие конкуренции на рынках тесно связано с государственной инновационной политикой, создающей стимулы для развития и внедрения новых технологий, в связи с чем её совершенствование может привести к положительным эффектам в области развития цифровой экономики.

В Российской Федерации основным нормативным документом, направленным на формирование цифровой инфраструктуры и развитие рынков цифровых продуктов и услуг, является утвержденная в 2017 году Правительством Российской Федерации программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [5]. Программа обращает особое внимание на развитие 9 «сквозных технологий»

цифровой экономики, к которым относятся: большие данные, нейротехнологии, искусственный интеллект, системы распределённого реестра (блокчейн), квантовые технологии, новые производственные технологии, промышленный интернет, робототехника, сенсорика, беспроводная связь, виртуальная и дополненная реальности [99].

В то же время, очевидно, что внедрение отечественными предприятиями отдельных цифровых технологий не может быть основой для формирования конкурентных преимуществ на рынке в долгосрочной перспективе. Эти преимущества могут быть сформированы только за счёт внедрения и использования во всех бизнес-процессах интегрированных цифровых систем, позволяющих качественно улучшить показатели деятельности предприятия. С целью развития таких систем в рамках Национальной технологической инициативы была сформирована дорожная карта развития перспективного рынка «Технет», задачей которой является создание «фабрик будущего» на основе интеграции цифровых решений в процессы управления промышленным производством [167].

Согласно дорожной карте, предполагается широкомасштабное внедрение в производственные процессы отечественных предприятий цифрового проектирования и моделирования как совокупности технологий компьютерного проектирования, математического моделирования, компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга и оптимизации, развития процессов технологической подготовки производства, в том числе нового поколения, ориентированной на аддитивное производство, технологий управления данными о продукте и жизненным циклом изделий.

Ожидается, что реализация мероприятий дорожной карты «Технет» позволит отечественным компаниям к 2035 году достичь целевых показателей в 1,5 % рынка услуг по разработке и внедрению «фабрик будущего» и 800 млрд р. объема экспорта продукции, полученной с использованием новых производственных технологий [167]. Это позволит России войти к 2035 году в топ-10 стран мира по

показателям роста промышленного потенциала от внедрения цифровых технологий (таким, как GMCI - Global Manufacturing Competitiveness Index).

Воздействие государственной политики на управление предприятиями ОПК, в том числе, при реализации стратегии цифровой трансформации, проявляется в большей степени, чем для других отраслей промышленности, в силу специфических условий их функционирования. Предприятия ОПК являются неотъемлемым элементом системы обеспечения государственной безопасности и обороноспособности страны, выполняя функции по материальному снабжению Вооружённых Сил, а также реализации программ военно-технического сотрудничества с зарубежными странами. В связи с этим, помимо экономических критериев, эффективность их деятельности определяется также рядом неэкономических показателей, отражающих воздействие на обороноспособность страны [11], экономический и научно-технический потенциал смежных отраслей [16], а также социальную ситуацию на местном, региональном и федеральном уровнях [24].

Так, обороноспособность государства представляет собой общественное благо, участие в «производстве» которого влечёт дополнительные издержки для предприятий [29]. В результате этого предприятия ОПК приобретают статус общественно значимых объектов [32], к эффективности стратегий управления которыми предъявляются иные требования, нежели для сугубо коммерческих предприятий, и корректная оценка их эффективности требует использования специфических методов анализа [42].

В связи с этим большую роль в обеспечении эффективности цифровой трансформации предприятий ОПК будет играть реализация стратегических направлений реформирования Вооружённых Сил, обусловленных следующими факторами [113]:

- трансформацией системы управления ВС, процессов ведения военных действий на базе современных цифровых технологий;
- необходимостью внедрения и широкомасштабной интеграции высокотехнологичных систем и комплексов вооружений в рамках реализации

стратегии цифрового театра военных действий;

- необходимостью оперативного реагирования в реальном времени на изменение внешних условий с целью недопущения снижения обороноспособности отечественных ВС.

Одним из важных аспектов цифровой трансформации Вооружённых Сил является формирование единого информационного пространства системы материально-технического обеспечения, что позволит повысить эффективность планирования и контроля, а также качество принимаемых управленческих решений [64]. Формирование цифровых сервисов единого информационного пространства предприятий ОПК и их интеграция как в рамках отрасли, так и с внешними контрагентами будет в значительной степени определять успешность реформирования системы материально-технического обеспечения Вооружённых Сил.

Создание единого информационного пространства также окажет положительное воздействие на развитие научно-технического потенциала смежных отраслей промышленности. Это обусловлено системными эффектами предприятий ОПК как крупных потребителей высокотехнологичной продукции других производств, а также поставщиков инновационных технологий в другие сектора в рамках конверсионных процессов. Автоматизация процессов управления материальными и нематериальными активами в рамках единого информационного пространства приведёт к сокращению сроков разработки и внедрения инноваций и повышению эффективности использования ресурсов предприятий - участников данной системы. В следующих разделах работы на основе современных математических моделей и методов разрабатываются предложения по формированию на базе предприятий ОПК такого рода интеграционных решений и их элементов, а также к оценке эффективности их внедрения с учётом экономических и социальных критериев.

Выводы по главе 1

Проведённый в настоящей главе анализ влияния развития цифровых технологий на эффективность деятельности предприятий и рынков позволяет сделать следующие выводы.

1. Несмотря на то, что развитие цифровых технологий ведёт к повышению средней производительности в промышленности, его воздействие на конкретные отрасли и предприятия является неодинаковым и определяется набором технологических и организационных факторов, а также компетенций работников, в совокупности описывающих готовность к их внедрению.

2. Механизмы влияния цифровых технологий на эффективность производства разнообразны и многоплановы. Помимо собственно автоматизации бизнес-процессов, они повышают гибкость и адаптивность производства, изменяют структуру взаимосвязей и характер взаимодействия предприятия с другими заинтересованными сторонами, способы конкуренции фирм и функционирования рынков, характеристики ресурсов, используемых в производственном процессе, а также формируют новые конкурентные преимущества конечной продукции за счёт её интеллектуализации.

В результате этого приоритетную роль в обеспечении эффективности деятельности предприятий приобретают способы и методы применения цифровых технологий, адаптированные к их основным производственным процессам.

3. В связи с тем, что процесс цифровой трансформации предприятий носит разноплановый характер, оценка его эффективности возможна только с использованием комплексной системы показателей, характеризующей его различные аспекты. В качестве такой системы в диссертации предлагается использовать профиль цифровой трансформации предприятия, формируемый в разрезе бизнес-процессов предприятия с учётом технологической составляющей, характеристик человеческого капитала, маркетинговых стратегий и уровня автоматизации производства.

4. Важными факторами, которые должны учитываться при оценке влияния цифровых технологий на развитие производства, является состояние и динамика

соответствующих рынков, уровень конкуренции, а также процессы входа и выхода фирм, слияний и поглощений.

В результате анализа установлено, что в секторах с интенсивным использованием цифровых технологий динамичность и конкурентность рынков снижается с течением времени в связи с формированием монополистических структур и барьеров для входа новых фирм на рынки в форме отраслевых стандартов. В традиционных отраслях промышленности эта тенденция выражена намного слабее. Внедрение цифровых технологий в производственную деятельность предприятий в данных секторах может привести к качественному изменению характера бизнеса и дать существенные преимущества в конкурентной борьбе.

5. Негативным фактором, сопровождающим внедрение цифровых технологий, является межотраслевая конкуренция за высококвалифицированные трудовые ресурсы. В связи с тем, что традиционные отрасли промышленности характеризуются, как правило, менее привлекательными условиями труда, нежели ИТ-отрасли, происходит миграция профессиональных кадров из промышленности в сферу ИТ.

6. К настоящему времени в России в целом сформирована инфраструктура, необходимая для цифровой трансформации промышленности, накоплены существенные мощности для хранения и обработки больших данных, успешно развиваются технологии межмашинного взаимодействия, необходимые для внедрения ИИ. Однако в большинстве традиционных отраслей промышленности процесс цифровизации в настоящее время всё ещё находится на начальных этапах, что обусловлено высокой степенью неопределённости эффектов от реализации таких программ.

7. Важным фактором, стимулирующим цифровую трансформацию бизнеса, является реализация государством политики, направленной на поддержку внедрения инновационных цифровых технологий, что подтверждается опытом реализации соответствующих программ в зарубежных странах.

8. Для предприятий ОПК цифровая трансформация должна быть увязана со стратегией реформирования Вооружённых Сил, как одного из основных заказчиков и потребителей инновационной продукции.

Глава 2 Методическое обеспечение адаптации бизнес-модели предприятия ОПК к условиям цифровой экономики

2.1 Реинжиниринг бизнес-процессов предприятия ОПК в условиях цифровизации

Проведённый в главе 1 анализ воздействия развития цифровых технологий на эффективность производственных процессов предприятий показал, что это влияние неоднородно и может варьировать в широких пределах в зависимости от отраслевой принадлежности, состояния связанных с ними рынков, текущего развития технологий, организационной структуры и компетенций сотрудников, а также характеристик реализуемой предприятием стратегии цифровой трансформации.

В связи с этим оптимизация операционной деятельности предприятий с использованием цифровых технологий должна основываться на многофакторной модели, включающей в себя, наряду с прямыми экономическими эффектами, также учёт косвенного воздействия технологий на эффективность деятельности.

К настоящему времени исследователями сформулирован ряд моделей, описывающих различные аспекты воздействия цифровых технологий на производительность фирм.

В работе [155] излагается модель, в которой инвестиции в цифровые технологии увязываются с возможностями управления информацией в трёх важных аспектах: управление клиентами, управление процессами и управление производительностью. Развитие этих возможностей за счёт внедрения цифровых технологий оказывает положительное воздействие на эффективность взаимодействия с потребителями, управления кадровыми, организационными и финансовыми ресурсами предприятия.

Под способностью к управлению информацией понимается способность своевременно, надёжно, безопасно и конфиденциально предоставлять

пользователям данные и информацию с необходимым уровнем точности, а также способность её адаптировать в соответствии с меняющимися потребностями бизнеса.

Управление клиентами характеризует способность фирмы устанавливать долгосрочные отношения с клиентами, в которых они выступают не только в качестве потребителей, но и вовлекаются в качестве партнеров в области совершенствования характеристик существующих и разрабатываемых инновационных продуктов. Оно включает в себя технологии и методы привлечения клиентов для получения рыночной информации, выявления инновационных рыночных возможностей, а также организации сотрудничества при проектировании, разработке и тестировании инновационной продукции и услуг с использованием цифровых платформ. Таким образом, применение цифровых технологий в данной сфере трансформирует механизмы внедрения продуктовых инноваций в компании, приводя к уменьшению связанных с ними расходов, росту скорости проектирования продукции, внедрения её в производство и вывода на рынок.

Немаловажным аспектом управления клиентами является формирование на базе предприятия «центра притяжения», дающего возможность привлечения дополнительных клиентов за счёт адаптации производимой продукции к их потребностям.

Способность использовать цифровые активы, знания и компетенции заинтересованных сторон для формирования цифровой экосистемы позволяет компаниям установить стратегические партнерские отношения с внешними заинтересованными сторонами (поставщики, дистрибьюторы, партнеры по совместным предприятиям и т.д.) с целью реализации дополнительных рыночных возможностей и получения новых конкурентных преимуществ.

Управление процессами определяется способностью предприятия конструировать бизнес-процессы, характеризуемые высокой степенью интеграции с цифровыми технологиями, представляющей собой вовлечение в информационный обмен как структурных подразделений предприятия, так и

внешних контрагентов. Высокоинтегрированные бизнес-процессы обеспечивают преемственность деятельности и информационных потоков между структурными подразделениями, корпоративными и функциональными центрами, географическими регионами, а также партнерами в единой цифровой среде (системы ERP, CRM, PLM).

Способность предприятия к управлению бизнес-процессами с достаточной скоростью, точностью и уровнем затрат даёт возможность проводить реструктуризацию существующих и создавать новые бизнес-процессы с целью оптимизации внутренних операций и обеспечения быстрого реагирования на изменение рыночных условий.

Управление производительностью характеризует способность предприятия использовать цифровые технологии для мониторинга, оценки и контроля качества бизнес-операций и управленческих решений. Она проявляется в качестве охвата бизнес-процесса цифровыми технологиями, характеризующем релевантность информации, собираемой в ходе его реализации, её доступность для связанных процессов и систем, а также возможности по применению данной информации для реинжиниринга процесса (внедрение систем аналитики, управления, основанного на данных, искусственного интеллекта).

Повышение полноты и качества охвата бизнес-процессов цифровыми технологиями формирует цифровую компетентность предприятия, дающую возможность использовать имеющиеся информационные ресурсы для производства цифровых инноваций, а также конвертировать эти активы в стратегические преимущества.

В связи с этим недостаточный уровень интеграции производственных процессов и цифровых технологий представляется важным фактором низкой эффективности процесса цифровой трансформации операционной деятельности промышленных предприятий.

Для описания аналогичных проблем в период третьей промышленной революции, сопровождавшейся автоматизацией производства, использовался термин «лоскутная автоматизация», означавший разработку информационных

систем для решения конкретных задач, без общей стратегии, архитектуры и интерфейсов. В результате происходило повышение производительности решения локальных задач, тогда как на их стыках она могла даже снижаться за счёт необходимости преобразования информации и её переноса между системами.¹

В результате этого процесса ИТ-ландшафт компаний формировался хаотически, различные подразделения работали с данными в разных форматах, что приводило к их дублированию и потерям при переносах.

Аналогичный процесс наблюдается и при цифровизации. Бизнес-процессы, существующие в традиционных отраслях промышленности, как правило, не приспособлены к цифровым технологиям.² В связи с этим цифровые решения внедряются на отдельных участках производства, в результате чего соответствующие информационные потоки носят локальный характер и не могут быть использованы для управления процессом в целом.

В связи с этим необходимым этапом успешной цифровой трансформации компании является реструктуризация бизнес-процессов с целью подготовки к интеграции в них цифровых технологий, а также формирование интегрированной цифровой среды, охватывающей все бизнес-процессы и стадии жизненного цикла производимой продукции.

Обобщённо модель цифрового производства может быть представлена как совокупность взаимосвязанных бизнес-процессов, протекающих в рамках организационной структуры предприятий и их систем. Состав бизнес-процессов определяется отраслевой принадлежностью, характером деятельности и индивидуальными особенностями предприятий.

Система бизнес-процессов предприятия находится в тесной связи с жизненным циклом производимой продукции. В зависимости от организации производства предприятия могут как специализироваться на отдельных его

¹ Хайретдинов Р. Цифровое пограничье / Портал IT-World, 03.06.2019 [Электр. ресурс] – URL: https://www.it-world.ru/cionews/manage_secure/145875.html (дата обращения: 14.08.2020).

² Золотова Т. Бумажная беда цифровой трансформации / Портал Ведомости, 30.10.2018. [Электр. ресурс] – URL: <https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2018/10/29/785065-tsifrovoy-transformatsii> (дата обращения: 14.08.2020).

стадиях, так и реализовывать модель работы с полным жизненным циклом изделий, начиная от этапа разработки до утилизации.

В такой модели процесс цифровой трансформации заключается в автоматизации обмена информацией как между отдельными этапами бизнес-процессов, так и между стадиями жизненного цикла изделий. В зависимости от масштаба этого информационного обмена и степени его интеграции с операционной деятельностью может быть определена степень цифровой зрелости предприятия. В связи с этим важным является уже на этапе проектирования бизнес-процессов предусмотреть возможность их интеграции с цифровыми технологиями.

Обеспечение информационного обмена осуществляется с применением различных цифровых автоматизированных систем.

На рисунке 2.1 приведён классический цикл управления бизнес-процессами предприятия Шухарта-Деминга (PDCA). Для каждого его этапа приведены информационные системы, реализующие информационный обмен с другими бизнес-процессами и стадиями управленческого цикла.

Анализ системы бизнес-процессов Холдинга «Вертолёты России» позволил выделить пять направлений деятельности, состав которых представлен на рисунке 2.2:

- корпоративное управление;
- управление продуктовыми программами;
- управление жизненным циклом изделий;
- управление цепочкой поставок;
- обеспечение операционной деятельности.

Корпоративное управление представляет собой совокупность вспомогательных бизнес-процессов, обеспечивающих представление и учёт в деятельности холдинга интересов инвесторов и других заинтересованных сторон.

В рамках этой деятельности формируются управленческие решения по стратегическим вопросам деятельности холдинга и отдельных его предприятий [13].



Рисунок 2.1 - Интеграция цифровых технологий в управленческий цикл PDCA

Источник: составлено автором

Управление продуктовыми программами включает в себя вспомогательные бизнес-процессы планирования и формирования взаимосвязанных проектов производства с целью поддержания конкурентоспособности производимой продукции, а также оптимизации использования ресурсов.

Управление жизненным циклом продукции включает в себя основные бизнес-процессы, связанные с проектированием, созданием, продажей и послепродажным обслуживанием изделий.

Управление цепочками поставок представляет собой систему вспомогательных бизнес-процессов, обеспечивающих эффективное



Рисунок 2.2 - Система бизнес-процессов предприятий холдинга
«Вертолеты России»

Источник: составлено автором

взаимодействие с поставщиками предприятия, а также оптимизацию внешней и внутренней логистики.

Обеспечение операционной деятельности включает в себя вспомогательные бизнес-процессы, являющиеся поставщиками ресурсов и обеспечивающих условия для реализации всех остальных бизнес-процессов.

Все указанные процессы должны протекать в рамках единого цифрового пространства, формируемого посредством единой цифровой платформы холдинга, обеспечивающей взаимодействие с внешними платформами.

Реализация цифровой платформы осуществляется на основе концепции «Умного производства» (Smart Factory), которая может быть представлена в виде 4 уровней абстракции (рисунок 2.3).

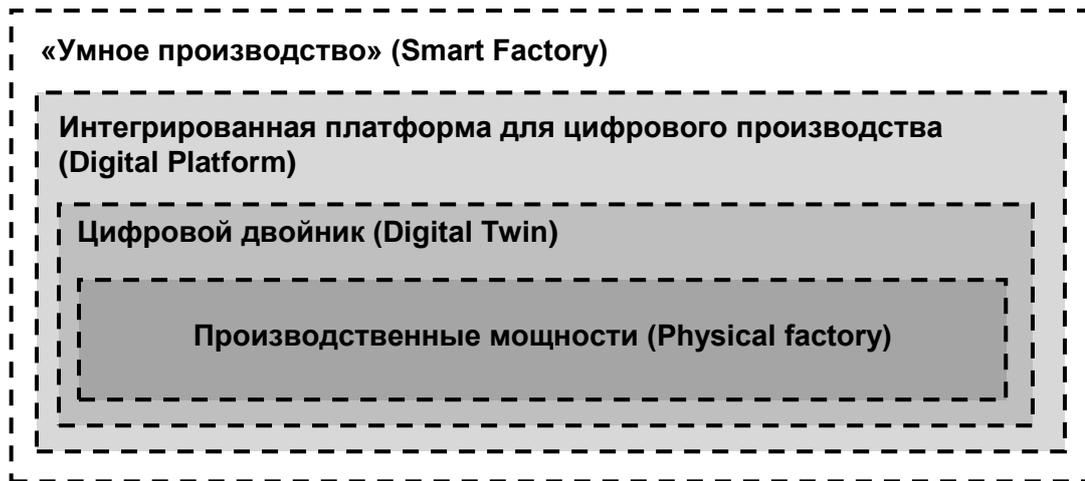


Рисунок 2.3 - Уровни абстракции «умного производства»

Источник: составлено автором

Нижний уровень абстракции в данной иерархии представляет собой производственные мощности предприятия (Physical factory) с интегрированными в них цифровыми системами автоматизации и промышленного Интернета вещей (IIoT). На этом уровне осуществляется контроль движения продукции, сырья, производственных средств и персонала при помощи технологий радиочастотной идентификации (RFID), управление производственными процессами с использованием АСУ ТП, автоматизированного цифрового оборудования, станков с ЧПУ и роботов, а также сбор информации об их протекании контроллерами IIoT и системами сбора данных (MDC-системами).

Информационным ядром данного уровня является система управления производственными процессами (MES), обеспечивающая коммуникацию с интеллектуальными контроллерами объектов производственных мощностей, контроль, анализ и оптимизацию их использования в реальном времени [47]. Структурно данная система включает ряд подсистем обработки данных, в рамках которых решаются следующие задачи:

- сбор данных с объектов основных средств и их хранение;
- контроль состояния ресурсов и управления ими в реальном времени;
- оперативное планирование очереди производственных заданий;

- диспетчеризация производства, управление потоками заданий;
- мониторинг и управление производственными процессами;
- мониторинг, анализ и управление качеством продукции;
- планирование и управление техническим обслуживанием и ремонтами объектов основных средств;
- документарное сопровождение процесса выполнения работ;
- управление персоналом;
- формирование отчётов о результатах производственной деятельности;
- анализ показателей эффективности производственного процесса на основе исторических данных и их прогнозирование.

Потенциальными эффектами автоматизации процессов MES, включающих в себя автоматизацию процессов оперативного планирования, управления и мониторинга выполнения операций, являются:

- более точное планирование и соблюдение сроков выполнения заказов клиентов за счет повышения управляемости и прозрачности всей производственно-логистической цепочки;
- доступ в любой момент времени к актуальной и достоверной информации о ходе производства, позволяющей руководству принимать правильные и своевременные управленческие решения;
- формализация процессов планирования и управления производством, снижение влияния человеческого фактора;
- сокращение запасов сырья, материалов и комплектующих за счет точного планирования производства, с учетом реального состояния предприятия;
- сведение к минимуму рутинных работ производственного персонала, автоматизация необходимых и возможных к автоматизации действий.

Собираемые на первом уровне данные формируют базу для второго уровня умного производства, представляющего собой цифровой двойник предприятия (Digital Twin) - комплекс моделей физических объектов и процессов,

происходящих на предприятии, позволяющий осуществлять прогнозирование и оптимизацию режима их функционирования [98].

Как правило, цифровые двойники представляют собой иерархическую систему моделей, нижний уровень которой образуют модели простейших объектов (деталей, элементарных операций), а верхние представляют собой формируемые на их основе агрегированные модели всё более сложных объектов (например, продукции или бизнес-процесса).

Важным элементом формирования цифровых двойников является создание единого информационного пространства (ЕИП) предприятия, в рамках которого происходят процессы сбора, накопления, хранения, обработки и обмена информацией в информационных системах. ЕИП включает в себя центры обработки данных (ЦОД) предприятия, сети связи и коммутационное оборудование, а также автоматизированные рабочие места (АРМ). Наряду с обеспечением внутреннего информационного обмена ЕИП включает в себя технические средства, реализующие информационное взаимодействие с внешними сторонами. Отсутствие или фрагментарное развитие ЕИП предприятия существенно снижает экономический эффект от цифровой трансформации производства.

В условиях гетерогенности информационных и учётных систем, используемых на разных участках предприятия, в рамках ЕИП должна решаться задача интеграции собираемых и хранящихся в них данных. Стандартизация и унификация нормативно-справочной информации (НСИ) по всем участкам производственной системы обеспечивается внедрением централизованной системы управления НСИ.

Централизованная система НСИ позволяет обеспечить унификацию, полноту, актуальность, непротиворечивость и достоверность используемой всеми заинтересованными сторонами информации.

Положительными эффектами системы НСИ являются:

- повышение полноты и достоверности первичных данных и агрегированных отчётов;

- обеспечение совместимости форматов документов, производимых различными системами;

- оптимизация работы корпоративных информационных и учётных систем за счёт устранения дублирования и противоречивости информации;

- централизация ответственности за качество НСИ.

В связи с этим разработка методологии ведения НСИ, моделей данных и структур справочников, а также её наполнение должны осуществляться на начальном этапе цифровой трансформации предприятий.

По его итогам АСУ НСИ должна быть внедрена во все бизнес-процессы, а также должны быть полностью сформированы процессы её поддержки и развития.

Консолидация стандартизованных данных в системе НСИ позволит сформировать единую информационную среду обмена данными между информационными системами предприятий Холдинга. За счёт единого регламента и методики ведения справочной информации, предполагающего выверку, нормализацию и устранение дублированных записей, сокращение числа ошибочных и некорректных записей в справочниках составит до 90 %.

В экономическом плане внедрения единой системы НСИ приведёт к следующим эффектам:

- сокращение срока обработки сервисных запросов на 10 %;

- сокращение затрат за счёт единства ввода справочных данных в интегрированной среде PLM/ERP до 15 %;

- сокращение затрат на формирование консолидированной отчётности за счёт использования единых справочников для всех учётных систем предприятий Холдинга - до 50 %;

- снижение сверхнормативных запасов на 10 % за счёт нормализации справочников номенклатуры и проведения инвентаризации складских запасов.



Рисунок 2.4 - Типология цифровых двойников предприятий Холдинга

Источник: составлено автором

В рамках Холдинга целесообразным является выделение цифровых двойников предприятий в соответствии с выполняемыми задачами и особенностями их бизнес-процессов (рисунок 2.4):

- цифровые КБ;
- цифровые заводы;
- цифровые авиаремонтные предприятия.

Сформированная таким образом иерархическая структура моделей является основой создания единой цифровой платформы Холдинга АО «Вертолёты России».

Второй этап заключается в создании на базе интегрированной цифровой платформы компонентов «Умного производства»: систем управления жизненным циклом (PLM), планирования ресурсов предприятий (ERP), бизнес-аналитики (BI), управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) и контроля качества (QMS).

Единое PLM-решение Холдинга интегрирует в себя системы автоматизации ключевых процессов жизненного цикла изделий в рамках единой цифровой платформы Холдинга. Результатом его внедрения будет являться замена

«лоскутной» автоматизации в разрозненных информационных системах предприятий на интегрированную систему мониторинга и управления жизненным циклом изделий и активов предприятий, функционирующую на базе единого информационного пространства Холдинга.

Процесс разработки и внедрения единого PLM-решения может быть разбит на следующие этапы:

- унификация инженерного ПО;
- передача сопровождения ядра модели данных;
- переход на единый пул лицензий и его оптимизация;
- создание прототипа интеграционного решения;
- планирование процессов проектирования изделий.

Унификация инженерного ПО на предприятиях Холдинга будет способствовать формированию унифицированной программной среды для развития единого PLM-решения. Ожидаемыми результатами данного этапа являются: снижение производственного брака, обусловленного некачественной трансляцией конструкторской документации из одного формата в другой, а также снижение трудоёмкости работ по конструкторско-технологической подготовке производства (КТПП) за счёт исключения работ по трансляции конструкторской документации, трудоёмкость которых составляет до 5 % от общей.

Этап "Передача сопровождения ядра модели данных" направлен на унификацию локальных решений в ядре модели данных, что обеспечит возможность совместной работы нескольких предприятий Холдинга над одним изделием (проектом) в рамках одного проектного сайта. Предполагается передача процессов по сопровождению ядра модели данных в структурное подразделение Холдинга (управление ЦК PLM) без привлечения внешнего системного интегратора.

Согласно оценкам, переход на единый пул лицензий на программное обеспечение, используемое на предприятиях Холдинга, и его оптимизация даст возможность сократить до 25 % потребности в закупке новых лицензий, что

приведёт к существенной экономии финансовых затрат по статьям, связанным с информатизацией бизнес-процессов и внедрением цифровых технологий.

На этапе создания прототипа интеграционного решения предполагается обеспечение интеграции между используемыми в настоящее время на различных предприятиях Холдинга информационными системами: Teamcenter - АСУ Производство и Teamcenter - СПМ ПЗ. Внедрение данного решения даст возможность повысить достоверность и своевременность подготовки данных для ERP-системы и облегчит в дальнейшем интеграцию единой PLM с системами автоматизации производства.

Автоматизация планирования процессов проектирования изделий должна привести к существенному упрощению мониторинга и анализа со стороны управляющей организации процессов разработки конструкторской документации на предприятиях Холдинга, в результате чего оценка текущего состояния работ по КТПП станет возможной в реальном времени и по запросу.

Как указывалось выше, успешная цифровая трансформация производства предполагает интеграцию в ЕИП Холдинга, помимо основного производственного процесса, вспомогательных бизнес-процессов, связанных как с ресурсным обеспечением производства, так и с созданием стоимости на других этапах жизненного цикла производимой продукции. К таким процессам, в частности, относятся: планирование и мониторинг производственных заказов, а также управление материально-техническим обеспечением производства.

Автоматизация системы управления материально-техническим обеспечением производства предполагает проведение оптимизации учетной политики и процессов в области управления закупочной деятельностью, транспортно-логистическим обеспечением и складским хозяйством предприятий, а также создание единой информационной системы складского учета и управления логистикой запасов на предприятиях Холдинга. Это обеспечит прозрачность процесса закупок вертолетостроительных заводов и непрерывность производственного цикла за счет повышения уровня качества выполнения закупок

ТМЦ, позволит оптимизировать оборачиваемость запасов ТМЦ, а также сократить сроки и затраты на их закупку.

Автоматизированное управление документооборотом в рамках системы даст возможность получать оперативную и достоверную отчетность, проводить детальный анализ данных, что обеспечит эффективность принятия управленческих решений и повышение эффективности работы сотрудников предприятия за счет минимизации трудозатрат на формирование внутренних и внешних документов, снижения количества ошибок и исключения дублирования функций.

В разрезе отдельных бизнес-операций ожидается, что комплексная автоматизация закупок и производства приведёт к следующим эффектам:

- снижение продолжительности и трудоемкости формирования заявок на закупку и документации по закупке на 30% - 50 %;
- сокращение срока подготовки отчетных документов на 50 % - 70 % при формировании отчетов внутри системы;
- снижение трудоемкости ввода информации на 5 % - 10 % при использовании унифицированных справочников системы, на 80 % - 90 % при загрузке информации из электронных документов;
- снижение риска штрафных санкций со стороны поставщиков на 10 % - 20 % за счет автоматизированного контроля сроков оплаты поставленной продукции;
- организация единого информационного пространства для всех участников процесса закупок предприятия;
- обеспечение контроля на всех стадиях закупочного процесса, начиная с формирования потребностей, до поставки/оплаты.

Внедрение типового решения для системы планирования и мониторинга производственных заказов предполагает замену осуществляемых вручную разрозненных процедур планирования на предприятиях Холдинга на единый процесс планирования в интегрированной автоматизированной информационной системе планирования и мониторинга в соответствии с требованиями унифицированных методик и регламентов.

В качестве математического сопровождения планирования производственных заказов может использоваться предложенная в диссертации модель оптимизации использования производственных мощностей.

Интеграция системы планирования и мониторинга производственных заказов в ЕИП Холдинга обеспечит разработку и согласование планов производства всех предприятий Холдинга в единой информационной среде, что позволит исключить ситуации работы производства по неутверждённым планам.

Ожидаемое снижение отклонения фактического хода производства от плановых заданий в результате внедрения унифицированной методики и единой системы оперативного планирования оценивается в 15 % - 20 %, снижение суммарных потерь от незапланированных простоев - в 10 % - 20 %, сокращение времени разработки, согласования и утверждения трехлетних планов поставок и товарного выпуска, а также производственных программ, графиков производства - на 40 %.

Интегральным эффектом от реализации проекта станет увеличение коэффициента оборачиваемости запасов на 8 % - 10 % за счет повышения точности прогнозирования и оперативности перепланирования потребностей в сырье и материалах.

Таким образом, итогом внедрения в операционную деятельность предприятий Холдинга технологий цифровой экономики ожидаются следующие финансовые и качественные положительные эффекты.

1. Разработка и настройка единой цифровой платформы Холдинга (доработка и интеграция систем PLM/ERP/CRM/BI и других):

- сокращение сроков и затрат на проектирование и технологическую подготовку производства изделий до 30 % - 50 %;
- снижение стоимости программы испытаний до 15 % - 30 %;
- увеличение скорости формирования отчетной документации и консолидированной отчетности до 50 %;
- сокращение непроизводственных затрат и объемов складских запасов;

- снижение отклонения фактического хода производства от плановых заданий на 15 % - 20 %;

- снижение суммарных потерь от незапланированных простоев в денежном выражении на 10 % - 20 %;

- повышение качества принимаемых управленческих решений за счёт использования полных и достоверных данных.

2. Разработка цифровых двойников процессов производства, производственных активов, жизненного цикла продукции:

- сокращение ошибок на этапе производства опытных образцов до 30 %;
- сокращение времени на пуско-наладку или переналадку оборудования;
- снижение рисков повреждений оборудования из-за ошибок пуско-наладки;
- оптимизация операций, переходов, необходимых инструментов и материалов;

- выявление узких мест в производстве и интеллектуальный подбор альтернативных вариантов их устранения;

- оптимизация использования производственных мощностей, выверенная логистика, качественные данные для планирования, возможности быстрого прогнозирования и принятия быстрых решений;

- повышение энергоэффективности производства до 10 % - 15 %.

3. Создание системы контроля продукции и производственных активов в реальном времени на протяжении всего жизненного цикла:

- контроль установки комплектующих на серийный экземпляр каждого изделия;

- оптимизация эксплуатации и уменьшение простоев в производстве до 20 %;

- снижение складских остатков до 80 %;

- сокращение затрат на закупку производственных средств и оборудование до 30 %;

- предотвращение до 85 % поломок оборудования;

- повышение качества изготовления на операциях до 45 %.

4. Интеграция в бизнес-процессы предприятий технологий виртуальной и дополненной реальности, элементов искусственного интеллекта, а также систем аналитики и управления на основе цифровых двойников:

- сокращение сроков переналадки до 70 %;
- повышение качества изготовления на операциях до 85 %;
- снижение физического труда до 70 %;
- формирование новых методов технологической подготовки и организации производства.

2.2 Методика оценки эффектов внедрения информационных технологий

Как было показано в разделе 1, существенными факторами, оказывающими сдерживающее влияние на цифровую трансформацию предприятий, является необходимость значительных начальных инвестиций, длительность реализации, а также неопределённость экономического эффекта. В связи с этим актуальной является разработка методического аппарата оценки выгод и издержек, адаптированного к специфическим условиям процесса цифровизации.

В настоящее время существует ряд методик оценки экономических выгод и издержек реализации проектов, в том числе, проектов цифровой трансформации.

Широкое распространение в оценке ИТ-проектов и программ получили методики, основанные на совокупной стоимости владения (ТСО). Данный показатель представляет собой общие затраты, как прямые, так и косвенные, которые несёт владелец проекта на всех этапах его жизненного цикла [51].

Помимо финансовых затрат, связанных с закупкой и внедрением информационных систем, он учитывает также возможное снижение эффективности деятельности предприятия, обусловленное необходимостью реорганизации бизнес-процессов и системы управления предприятием, переобучения сотрудников, простоев и сбоев оборудования и программных

средств. В то же время, данная система ориентирована, прежде всего, на анализ издержек, не позволяя соотнести их с потенциальными экономическими эффектами. Это приводит к получению односторонней оценки программ цифровой трансформации и к необходимости использовать дополнительные показатели для получения более реалистичной оценки.

В качестве таких показателей могут использоваться совокупный экономический эффект (TEI), а также быстрое экономическое обоснование (REJ) [81]. Методика TEI осуществляет оценку выгод проекта с точки зрения преимуществ, приобретаемых в результате реализации проекта в основной деятельности предприятия, и гибкости, характеризующей возможности адаптации предприятия к изменениям внешней среды. Преимущества представляют собой оценку прироста эффективности выполнения сотрудниками своих функциональных обязанностей по итогам реализации процессов цифровой трансформации. Они оцениваются как с точки зрения экономического эффекта деятельности, так и снижения связанных с ней операционных и технологических рисков.

Гибкость характеризует риски реализации проекта в условиях динамичной внешней среды и может рассчитываться с использованием моделей реальных опционов. При этом могут учитываться изменения в конъюнктуре рынков, характере взаимоотношений с контрагентами, системе управления и других параметрах предприятия и внешней среды [14].

Методика REJ представляет собой альтернативный вариант оценки эффектов реализации проекта. Она основывается на составлении детального бизнес-плана, учитывающего основные факторы успеха, используемую на предприятии систему ключевых показателей эффективности, а также потенциальные риски. На базе подготовленного бизнес-плана производится расчёт стандартных финансовых показателей, которые используются при определении итоговых оценок: чистого приведенного дохода (NPV), внутренней нормы доходности (IRR), рентабельности инвестиций (ROI) и других.

Преимуществом методики REJ является всесторонняя комплексная оценка проектов внедрения или модернизации ИТ-систем. В то же время, по мнению ряда исследователей, сложность методики не позволяет полноценно её использовать для оценки проектов цифровой трансформации предприятия в целом.

Универсальным показателем, интегрирующим в себя оценки выгод и издержек реализации проектов, является экономическая добавленная стоимость (EVA), основанная на определении приращения денежного потока предприятия на определённом периоде прогнозирования.

Базой для вычисления показателя EVA является чистая операционная прибыль предприятия, уменьшенная на величину расходов, связанных с реализацией проекта. В результате этого проект цифровой трансформации может рассматриваться как классический инвестиционный проект, оценка эффективности которого может проводиться с использованием стандартных методов анализа [28].

Методы оценки на базе экономической добавленной стоимости учитывают динамический характер процесса цифровой трансформации, в частности, временной лаг между первоначальными затратами на проект и получением экономического эффекта от его реализации. Это представляется важным в связи с длительностью проектов, реализуемых в ходе данного процесса, в результате чего их потенциальные положительные эффекты могут нивелироваться воздействием других факторов, например, изменением состояния внешних рынков.

Ещё одним положительным свойством данных методов является их масштабируемость. Показатель EVA можно применять как для оценки отдельных проектов по внедрению информационных систем, так и программ цифровой трансформации предприятий в целом.

Помимо указанных выше количественных методов, применяются также различные методы качественной оценки показателей проектов. Это методы, основанные на принципах информационной экономики, сбалансированной системе показателей и её расширении - сбалансированной системе ИТ-показателей [73].

Оценка ИТ-проектов согласно методу информационной экономики формируется на основе анализа потенциальных выгод и издержек для предприятия исходя из определённого набора критериев. В итоге формируется рейтинговая оценка проекта с точки зрения воздействия на эффективность функционирования предприятия. Отсутствие абсолютных показателей и качественный характер оценки даёт возможность использовать её только для выбора из вариантов реализации проекта.

Оценка на основе системы сбалансированных показателей (ССП) является инструментом формирования стратегии компании, в том числе стратегии цифровой трансформации, на основе многокритериальной оценки, отражающей критерии эффективности деятельности компании с точки зрения различных заинтересованных сторон.

Для учёта особенностей предприятий, ключевые бизнес-процессы которых зависят от информационных технологий, используется модификация методики ССП - сбалансированная система ИТ-показателей, отражающая влияние используемых информационных технологий на такие стороны её деятельности, как развитие бизнеса, качество обслуживания внутренних и внешних потребителей, эффективность управленческих решений, производительность труда.

Анализ применяемых методик оценки показывает, что важной задачей для обеспечения объективности получаемых оценок экономических эффектов проектов цифровой трансформации является выделение возможных специфических типов их воздействия на деятельность предприятия и разработка методик их количественной оценки.

В соответствии с изложенными в первой главе настоящей работы теоретическими положениями, можно выделить следующие типы эффектов цифровой трансформации:

1. Эффекты явного изменения трудоемкости за счет внедрения информационных систем, обусловленные изменением стоимости процессов, выполняемых работниками в связи с изменением трудоемкости входящих в них операций.

2. Измеряемые экономические эффекты, не относящиеся непосредственно к снижению трудоёмкости, например, снижение количества испытаний и, как следствие, снижение стоимости программы, увеличение количества продаж и т.д. Количественные показатели таких эффектов могут вычисляться экспертами или определяться на основе информации о показателях, достигнутых в результате реализации аналогичных проектов.

3. Измеряемые неэкономические эффекты - эффекты, выражаемые количественными показателями, непосредственная экономическая выгода от которых не поддается расчету по причине отсутствия достоверной статистики за предыдущие периоды либо требует для проведения расчета длительных экспериментов. Ним можно отнести, например, увеличение доли конструкторской документации, принимаемой с первого предъявления, снижение количества случаев срыва сроков выполнения работ и другие.

4. Прочие эффекты, изменяющие эффективность операционной деятельности, но не имеющие количественного выражения (например, появление возможности проведения мониторинга и аналитики со стороны управляющего центра, появление возможности проектирования и изготовления более сложной техники и т.д.).

Для формирования стоимостной оценки эффектов внедрения цифровых технологий в операционную деятельность предприятий целесообразно рассматривать эффекты, относящиеся к первой и второй категориям. К первой можно отнести показатели повышения производительности труда работников предприятия, ко второй - рост оборачиваемости материальных запасов в результате внедрения цифровых технологий.

Показатель роста производительности труда оценивается исходя из смысла внедрения ИТ-систем как инструментов снижения трудоёмкости функций, выполняемых работниками предприятия. Исходными данными для оценки данного показателя являются численность персонала предприятия с разбивкой по подразделениям и величина фонда оплаты труда работников.

Для каждого подразделения i проводится экспертная оценка доли s_{ij} рабочего времени, затрачиваемого сотрудниками подразделения на выполнение функциональных обязанностей, связанных с задачами, решаемыми j -й информационной системой. По итогам оценки формируется матрица S коэффициентов, описывающих структуру функциональных обязанностей работников предприятия, удовлетворяющая условию:

$$\sum_{j=1}^n s_{ij} + s_i^0 = 1, \quad (2.1)$$

где s_i^0 - доля неавтоматизируемых работ i -го подразделения.

Пример построения матрицы S для подразделений предприятий Холдинга «Вертолёт России» представлен в таблице 2.1.

Далее на основании данных опытно-промышленной эксплуатации фиксируется экономия времени выполнения операций сотрудниками при внедрении либо модернизации соответствующей информационной системы. Доли сэкономленного времени по всем рассматриваемым типам информационных систем формируют вектор повышения эффективности $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$.

Величины θ_i в общем случае являются функциями времени и могут быть определены исходя из уровня освоения соответствующего цифрового решения и степени его интеграции с существующими бизнес-процессами в виде:

$$\theta_j = \bar{\theta}_j K_j^{\text{OP}}(t) K_j^{\text{И}}(t), \quad (2.2)$$

где $\bar{\theta}_j$ - коэффициент эффекта внедрения j -й информационной системы;

Таблица 2.1 - Матрица структуры функциональных обязанностей работников предприятия

| Наименование структурного подразделения | Среднее арифметическое по оценкам экспертов, % | | | | |
|---|--|-------|----------|--------|-----------------------|
| | ERP | НСИ | PLM-КТПП | Прочие | Неавтоматизир. работы |
| ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА | | | | | |
| Конструкторское бюро | 13,80 | 11,30 | 72,50 | 1,30 | 1,30 |
| Планово-диспетчерский отдел | 70,00 | 2,30 | 11,00 | 15,50 | 1,30 |
| Службы технологической подготовки | 17,50 | 12,00 | 69,30 | 0,50 | 0,80 |
| Служба МТО и комплектации | 80,00 | 6,50 | 11,00 | 0,50 | 2,00 |
| Производство (руководители) | 52,00 | 3,50 | 42,30 | 1,80 | 0,50 |
| Производство (рабочие) | 5,80 | 2,50 | 8,25 | 0,50 | 83,00 |
| Лётно-испытательный комплекс (станция) (руководители) | 50,00 | 3,00 | 41,50 | 3,75 | 1,75 |
| Лётно-испытательный комплекс (станция) (рабочие) | 3,00 | 3,00 | 25,00 | 0,50 | 68,50 |
| Служба управления качеством | 4,50 | 9,00 | 19,25 | 6,25 | 61,00 |
| Послепродажное обслуживание | 65,00 | 3,00 | 22,00 | 8,75 | 1,25 |
| УПРАВЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ | | | | | |
| Администрация | 30,00 | 3,00 | 27,50 | 30,00 | 9,50 |
| Бухгалтерия | 95,25 | 3,00 | 0,00 | 0,50 | 1,25 |
| Правовое управление | 20,00 | 3,00 | 0,00 | 15,00 | 62,00 |
| Управление персоналом | 80,00 | 3,00 | 0,00 | 10,00 | 7,00 |
| Служба маркетинга и сбыта | 70,00 | 3,00 | 20,25 | 5,00 | 1,75 |
| Специалисты по цифровым технологиям (цифровой трансформации) (ИТ) | 35,00 | 20,00 | 37,50 | 2,50 | 5,00 |
| Служба по экономике и финансам | 85,25 | 3,00 | 8,75 | 1,25 | 1,75 |
| Служба по развитию и кап. строительству | 77,00 | 3,00 | 8,75 | 10,00 | 1,25 |
| Дирекция программ | 12,50 | 3,00 | 12,50 | 57,50 | 14,50 |
| ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ (ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ) ПРОЦЕССЫ | | | | | |
| Охрана труда, ГО и ЧС, экология | 1,25 | 3,00 | 2,25 | 10,00 | 83,50 |
| Служба главного энергетика (руководители) | 47,50 | 3,00 | 32,75 | 10,00 | 6,75 |

| Наименование структурного подразделения | Среднее арифметическое по оценкам экспертов, % | | | | |
|---|--|------|----------|--------|-----------------------|
| | ERP | НСИ | PLM-КТПП | Прочие | Неавтоматизир. работы |
| Служба главного энергетика (рабочие) | 20,00 | 5,00 | 10,00 | 10,00 | 55,00 |
| Служба главного механика (руководители) | 50,00 | 3,00 | 37,75 | 2,50 | 6,75 |
| Служба главного механика (рабочие) | 20,00 | 8,25 | 20,00 | 10,00 | 41,75 |
| Прочие подразделения | 10,00 | 5,00 | 5,00 | 0,00 | 80,00 |

$K_j^{OP}(t)$ - коэффициент освоения решения, соответствующего j -й информационной системе, в плановом периоде t ;

$K_j^I(t)$ - коэффициент использования j -й информационной системы в плановом периоде t .

Коэффициент эффекта $\bar{\theta}_j$ представляет собой среднюю долю, на которую изменится трудоемкость процесса для всех участников при условии реализации проекта. Его значение вычисляется с использованием методов экспертных оценок на основе информации об аналогичных показателях других проектов. Например, согласно отчету аналитической компании Aberdeen Group, интеграция систем управления жизненным циклом изделия (PLM) и программного решения по управлению качеством, предназначенного для устранения проблем и принятия корректирующих и предупредительных мер, способна более чем на 50 % сократить внутренние и внешние расходы, связанные с возможным возникновением брака, а также на 8 % снизить общие затраты на обеспечение качества [164].

Коэффициент эффекта является целевым значением изменения трудоемкости операций в результате внедрения информационной системы, которое достигается, как правило, на горизонте от 2 лет и более. Текущее изменение трудоемкости зависит от стадии реализации проекта, наработки практических навыков специалистов, наполнения баз (например, дерева требований, словаря опций или библиотеки повторного использования), и оптимизации взаимодействия участников. Для учета этих факторов используется возрастающий коэффициент освоения решения $K_j^{OP}(t)$, принимающий минимальное значение $K_j^{OP}(0)$ на

начальном этапе освоения проекта и значение 1 для полностью освоенного проекта. Начальное значение $K_j^{OP}(0)$ и срок полного освоения решения τ_j определяются для различных проектов индивидуально, но как правило, варьируют в пределах $K_j^{OP}(0) \in [0, 0,5]$, $\tau_j \in [2, 3]$.

Ещё одним фактором, требующим учета при расчете эффектов, является то, что реализация большинства проектов не позволит снизить трудоемкость той части работ, которая выполняется по ранее выпущенной бумажной документации. Поэтому вводится коэффициент использования $K_j^I(t)$, показывающий пропорциональное соотношение документации в электронном формате к такой же документации в бумажной форме в определенный период. Изменение коэффициента по годам может определяться как принятыми нормативными документами, так и на основании ретроспективной информации о соотношении электронной и бумажной документации.

С использованием коэффициента повышения эффективности сокращение времени, затрачиваемого на выполнение функциональных обязанностей работниками рассматриваемых подразделений, может быть определено как

$$D = S\theta. \quad (2.3)$$

Суммарное сокращение времени определяется как скалярное произведение вектора D на вектор фондов рабочего времени по рассматриваемым подразделениям T :

$$\Delta T = (D, T) = \sum_{i=1}^m d_i t_i. \quad (2.4)$$

Умножая полученную величину ΔT на среднюю заработную плату w , можно получить объём сэкономленных средств от увеличения производительности труда сотрудников:

$$E_1 = \Delta T w. \quad (2.5)$$

Помимо прямого эффекта, повышение производительности труда работников в рамках основных производственных процессов приводит к росту оборачиваемости запасов. Для оценки соответствующего косвенного экономического эффекта свяжем с каждым типом операций j объём используемых

при их выполнении за период τ запасов материальных ресурсов z_j (в стоимостном выражении). Тогда при условии равномерного их расходования средний за период τ объём запасов в стоимостном выражении до реализации проектов цифровой трансформации предприятия составит

$$V_0 = \frac{\tau}{2} \sum_{j=1}^n z_j. \quad (2.6)$$

Сокращение времени выполнения операций, обусловленное внедрением или модернизацией соответствующей информационной системы в рамках цифровой трансформации предприятия, приведёт к сокращению времени, требуемого на расходование данного объёма запасов, в $(1 - \theta_j)$ раз. В результате этого средний за период τ объём запасов составит

$$V_1 = \frac{\tau}{2} \sum_{j=1}^n (1 - \theta_j) z_j < V_0. \quad (2.7)$$

Таким образом, реализация проектов цифровой трансформации приведёт к снижению среднего за период запаса материальных ресурсов при условии сохранения интенсивности производства. Обозначим через C_0 и C_1 средний вклад выполненных операций в приращение стоимости продукта за период до и после реализации проекта. Тогда соответствующие коэффициенты оборачиваемости запасов составят

$$K_0 = C_0/V_0, \quad K_1 = C_1/V_1, \quad (2.8)$$

а соответствующие им периоды оборота могут быть определены как

$$T_l = 1/K_l, \quad l = 0, 1. \quad (2.9)$$

Согласно [76] экономический эффект от повышения оборачиваемости ресурсов может быть определён как

$$E_2 = (T_1 - T_0)C_1. \quad (2.10)$$

Суммарный экономический эффект будет иметь вид

$$E = E_1 + \beta E_2, \quad (2.11)$$

где $\beta \in [0, 1]$ - коэффициент, характеризующий степень учёта косвенных эффектов в интегральном критерии.

Пример расчёта экономического эффекта реализации проектов внедрения информационных систем в соответствии с моделью (2.1) - (2.11) на обезличенных исходных данных, отражающих параметры типичного предприятия Холдинга «Вертолёты России», представлен в Приложении Б.

График интегрального денежного потока от реализации проектов, учитывающего рост производительности труда работников и повышение оборачиваемости материальных запасов, приведён на рис. 2.5а, а на рис. 2.5б представлено изменение чистой приведённой стоимости в зависимости от применяемой ставки дисконтирования. Видно, что IRR проекта составляет порядка 50 %, в связи с чем его экономическая оценка будет существенно положительной при применяемых ставках дисконтирования для ИТ-компаний, которые составляют порядка 9 % [69].

Оценки эффектов роста производительности труда и повышения оборачиваемости материальных запасов в разрезе отдельных информационных систем представлены в таблице 2.2.

Видно, что в среднесрочном прогнозном периоде все проекты характеризуются положительным экономическим эффектом, даже с учётом дисконтирования, отражающего присущие им неопределённости и риски.

При необходимости приведённая методика может дополняться оценками воздействия других эффектов, специфичных для рассматриваемых предприятий. Как указывалось в главе 1, для предприятий ОПК такими эффектами может служить социальное воздействие и воздействие на обороноспособность страны.

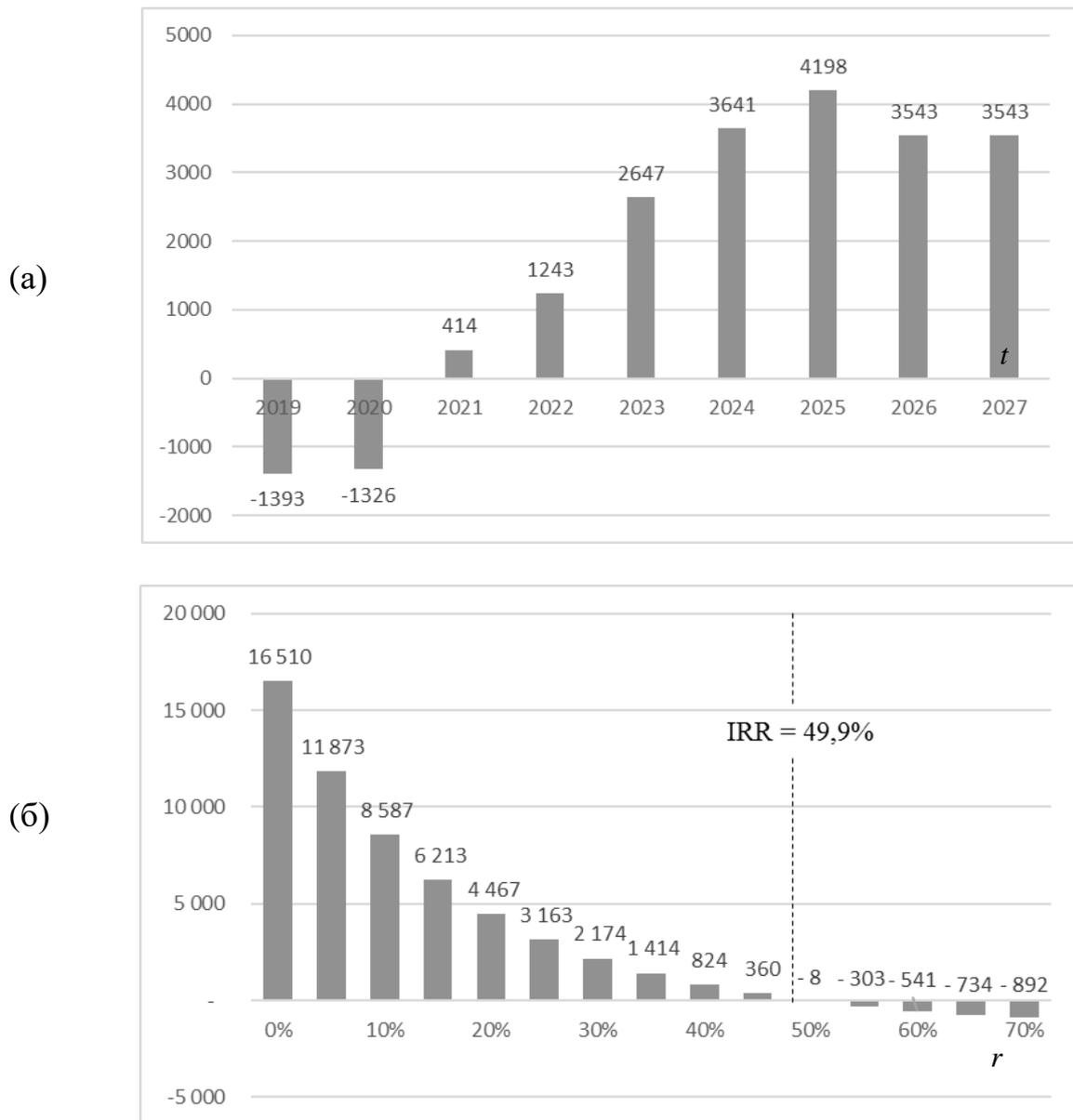


Рисунок 2.5 - Интегральный денежный поток (а), чистая приведённая стоимость денежного потока и IRR (б)

Источник: расчеты автора

Социальное воздействие отражает повышение благосостояния населения регионов, на территории которых располагаются предприятия. Одним из примеров такого воздействия является сохранение уровня занятости при формировании на основе цифровых платформ распределённых центров специализации. В этом случае в качестве критерия может выступать равномерность загрузки производственных мощностей предприятий-участников платформы, что позволяет избежать издержек на техническое обслуживание простаивающих мощностей,

оплату труда работников в период простоя, а также издержек по перемещению или увольнению работников.

Таблица 2.2 - Оценка эффектов реализации проектов цифровой трансформации предприятий

| Показатель | PLM | ERP | НСИ |
|---|-------|------|------|
| Затраты, млн р. | -5842 | -705 | -290 |
| Повышение производительности труда, млн р. | 10531 | 8952 | 1462 |
| Повышение производительности труда, % | 6,52 | 5,49 | 0,73 |
| Повышение оборачиваемости запасов, млн р. | 1170 | 1229 | - |
| Чистый экономический эффект (без дисконтирования), млн р. | 5859 | 9476 | 1172 |

Вторым фактором, особенно важным при выполнении работ в рамках государственного оборонного заказа, являются показатели надёжности, характеризующие возможности предприятий по его своевременному выполнению в полном объёме.

Данные показатели неразрывно связаны с наличием на предприятиях резерва производственных мощностей, который может быть использован для маневра ресурсами в случае сбоев. Необходимо отметить, что данный показатель вступает в противоречие с критерием снижения издержек, в результате чего рассматриваемая задача превращается в многокритериальную, предусматривающую достижение компромисса между экономическими и социальными целями функционирования предприятий.

Критерии обеспечения равномерности загрузки производственных мощностей, а также надёжности функционирования системы предприятий будут рассмотрены в главе 3 диссертации при решении задачи управления производственными мощностями предприятий в рамках распределённого центра специализации на базе цифровой платформы.

2.3 Методика оценки уровня локализации цифровых информационных систем

Одним из важных элементов, обеспечивающих информационную и производственную безопасность цифровой среды на предприятиях ОПК, является применение отечественного программного обеспечения.

В условиях нарастания международной напряжённости, введения зарубежными странами санкций, направленных, в частности, на высокотехнологичные отрасли отечественной промышленности, а также недобросовестной конкуренции на мировых рынках использование в производственной деятельности импортного программного обеспечения может представлять угрозу для информационной и промышленной безопасности.

В связи с этим одним из неотъемлемых элементов перехода отечественных предприятий ОПК к цифровой модели хозяйствования является процесс «цифрового импортозамещения», заключающийся во интеграции отечественного программного обеспечения в критически важные производственные процессы.

Деятельность в области импортозамещения программного обеспечения ведётся в Российской Федерации в течение достаточно длительного времени. Начиная с 2015 г. был принят ряд основополагающих нормативных актов, регулирующих данную сферу. Так, Федеральным законом от 29.06.2015 № 188-ФЗ была введена статья 12.1 в Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [9], регламентирующая особенности государственного регулирования в сфере использования российского ПО. Данной статьёй, в частности, регламентировано создание Единого реестра российских программ для ЭВМ и баз данных, а также требования, которым должно соответствовать программное обеспечение для включения в данный реестр. Целью создания Единого реестра является поддержка отечественных ИТ-разработчиков, а также обеспечение устойчивости критических

объектов экономики к современным угрозам в сфере технологической и информационной безопасности.

В этом же году постановлением Правительства Российской Федерации от 16.11.2015 №1236 был установлен запрет на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд [3].

В 2016 году распоряжением Правительства Российской Федерации от 26.07.2016 №1588-р утверждён план перехода федеральных органов исполнительной власти и государственных внебюджетных фондов на использование отечественного офисного программного обеспечения. В соответствии с данным планом должны быть утверждены графики перехода на отечественное офисное ПО. Планом предполагалась также реализация пилотного проекта по переводу ряда государственных учреждений на отечественное офисное ПО.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 23.03.2017 № 325 были утверждены дополнительные требования к программам для ЭВМ и базам данных, сведения о которых включены в реестр российского программного обеспечения. Были установлены требования к составу, характеристикам, форматам данных и сопровождению, в разрезе программного обеспечения в целом, а также его элементов [4].

В 2018 году в силу вступил Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры», в соответствии с которым функционирование объектов критической информационной инфраструктуры также должно осуществляться на базе российских аппаратных и программных средств в целях обеспечения технологической независимости критической инфраструктуры. К таким объектам, в частности, отнесены информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети, автоматизированные системы управления, а также сети связи, используемые государственными органами или учреждениями в отраслях здравоохранения, науки, транспорта, связи, банковском (финансовом) секторе, топливно-

энергетическом комплексе, оборонной и ракетно-космической промышленности и ряде других.

Таким образом, в настоящее время с вопросом определения страны происхождения программного обеспечения и информационных систем увязывается предоставление производителям государственной поддержки, преференций [82], а также допуск к участию в закупках государственных органов и компаний с госучастием [115]. Реализация указанных мер в значительной степени определяет развитие и конкурентоспособность отечественных высокотехнологичных отраслей промышленности [52].

Несмотря на значительный прогресс в методических вопросах определения страны происхождения, наблюдаемый в последнее десятилетие, до настоящего времени трактовка понятия «продукция российского происхождения» является неоднозначной [118]. В частности, существующими нормативными документами отечественное ПО трактуется как ПО, включенное в Единый реестр. При этом решения о включении или исключении ПО из реестра принимаются Минкомсвязи России на основании экспертных заключений представителей госорганов и отечественных ИТ-компаний. Учитывая слабую формализацию требований, а также субъективный и экспертный характер процедуры оценки характеристик ПО, существует риск принятия неоднозначных решений по включению программных продуктов в Единый реестр, что может привести к снижению уровня технологической независимости и информационной безопасности отечественных производств.

Для повышения объективности процедуры определения страны происхождения программного обеспечения и информационных систем целесообразно использование формализованных количественных показателей, вычисляемых в соответствии с утверждёнными методиками. Одним из таких показателей может являться уровень локализации цифровых продуктов (ПО, информационных систем, баз данных и др.), отражающий долю ресурсов (трудовых, материальных и нематериальных), а также работ и услуг российского происхождения, используемых в процессе их разработки и производства [116].

Данный показатель позволяет получить оценку интеграции в национальную экономику процессов разработки и производства продукции.

В настоящее время, несмотря на наличие большого количества методик оценки уровня локализации в разных отраслях, специализированный аппарат для оценки локализации программного обеспечения не сформирован.

Традиционно оценка уровня локализации продукции осуществлялась исходя из правила «адвалорной доли», согласно которому продукция относится к отечественной, в случае если стоимость всех используемых материалов иностранного происхождения не превышает 50 % цены конечной продукции [2]. Данное правило широко используется в таможенном законодательстве при определении размера таможенных пошлин и предоставлении преференций [6, 7].

Однако распространение такого метода оценки на сферу промышленной политики, в т.ч. политики импортозамещения, выявило ряд его недостатков, связанных с неполным учётом издержек, связанных с процессом производства, а также другими стадиями жизненного цикла продукции [37]. Также данным методом не принимаются во внимание распределения прав собственности на предприятие и нематериальные активы [57], что является важным фактором при производстве программного обеспечения.

Указанные недостатки частично компенсируются использованием различных отраслевых методик оценки уровня локализации. Автору известны утверждённые методики оценки уровня локализации для производств телекоммуникационного оборудования,¹ а также автомобильной промышленности.² Помимо этого, существует ряд методик, утверждённых на

¹ Приказ Минпромторга России № 1032, Минэкономразвития России № 397 от 17.08.2011 «Об утверждении параметров, в соответствии со значениями которых телекоммуникационному оборудованию, произведенному на территории Российской Федерации, может быть присвоен статус телекоммуникационного оборудования российского происхождения, методики определения значений параметров, в соответствии с которыми телекоммуникационному оборудованию, произведенному на территории Российской Федерации, может быть присвоен статус телекоммуникационного оборудования российского происхождения, порядка присвоения телекоммуникационному оборудованию, произведенному на территории Российской Федерации, статуса телекоммуникационного оборудования российского происхождения и ежегодного подтверждения такого статуса».

² Приказ Минэкономразвития России № 73, Минпромэнерго России № 81, Минфина России № 58н от 15.04.2005 «Об утверждении Порядка, определяющего понятие «промышленная сборка» моторных транспортных средств и устанавливающий применение данного понятия при ввозе на территорию Российской Федерации автокомпонентов для производства моторных транспортных средств товарных позиций 8701 - 8705 ТН ВЭД, их узлов и агрегатов».

уровне отдельных компаний в ТЭК [31, 67, 119], машиностроении [26, 89], сельском хозяйстве [85] и других отраслях.

Особенностью ИТ-индустрии является то, что основные затраты приходятся на стадию разработки, в результате которой создаются соответствующие нематериальные активы [41]. Так, согласно оценкам ОАО «Ростелеком», затраты на стадии исследований и разработок составляют около 50 % затрат, возникающих на протяжении всего жизненного цикла телекоммуникационной системы [75]. В результате этого использование традиционных методик оценки локализации, ориентированных на анализ издержек на стадии производства, приводит к смещению предпочтений от сферы исследований и разработок в сторону развития производственных мощностей, что оказывает неблагоприятное воздействие на развитие высокотехнологичных отраслей.

В связи с этим для оценки уровня локализации программного обеспечения и информационных систем целесообразно использовать подходы, которые позволяют учесть вклад исследований и разработок, а также других нематериальных активов в общую стоимость продукции.

Одним из примеров такого рода является методика определения страны происхождения высокотехнологичной продукции, применяемая ПАО «ФСК ЕЭС» и другими электросетевыми компаниями [116]. Данная методика используется для определения страны происхождения вторичного электротехнического оборудования, представляющего собой программно-аппаратные средства и автоматизированные системы управления, сигнализации, защиты и измерений на объектах генерации, а также электрических сетей.

Методикой определен ряд критериев, в соответствии с которыми вторичное электротехническое оборудование и его компоненты признаются продукцией российского происхождения:

- производитель и его конечные бенефициары, владеющие не менее 50 % акций, являются резидентами России;
- наличие у производителя прав на конструкторскую документацию и программное обеспечение, применяемое в составе продукции;

- наличие у производителя собственной научно-производственной базы или договоров на её использование;
- осуществление финишной сборки продукции на территории России;
- соответствие уровня локализации производства продукции минимальным пороговым значениям.

В частности, для программного обеспечения пороговое значение локализации установлено на уровне 80 %, для программно-аппаратных контроллеров - 70 %.

Оценка уровня локализации производится как средневзвешенное уровней локализации отдельных технологических процессов, реализуемых в ходе производства продукции:

$$L = \sum_{j=1}^s B_j N_j, \quad (2.12)$$

где B_j - удельные веса трудоёмкости технологических процессов в процессе производства продукции;

N_j - уровень локализации отдельных технологических процессов;

s - число учитываемых в методике технологических процессов.

Методикой выделяются следующие технологические процессы при производстве программного обеспечения:

- подготовка технического задания;
- программирование;
- тестирование и отладка;
- сопровождение;
- сертификационные (аттестационные) испытания.

При производстве аппаратных средств информационных систем выделены следующие технологические процессы:

- разработка конструкторской документации;
- изготовление плат печатного монтажа, монтаж элементов;
- изготовление механических деталей и корпусных элементов;
- финишная сборка оборудования;

- программирование, функциональное тестирование.

Удельные веса трудоёмкости технологических процессов при производстве продукции, определённые в соответствии с методикой [116], представлены на рисунке 2.6.

При этом уровни локализации отдельных технологических процессов определяются как доля продукции, работ, услуг, фактически произведенных на территории России в рамках реализации каждого технологического процесса:

$$N_j = \frac{C_{j\text{РФ}}}{C_{j\text{полн}}}, \quad (2.13)$$

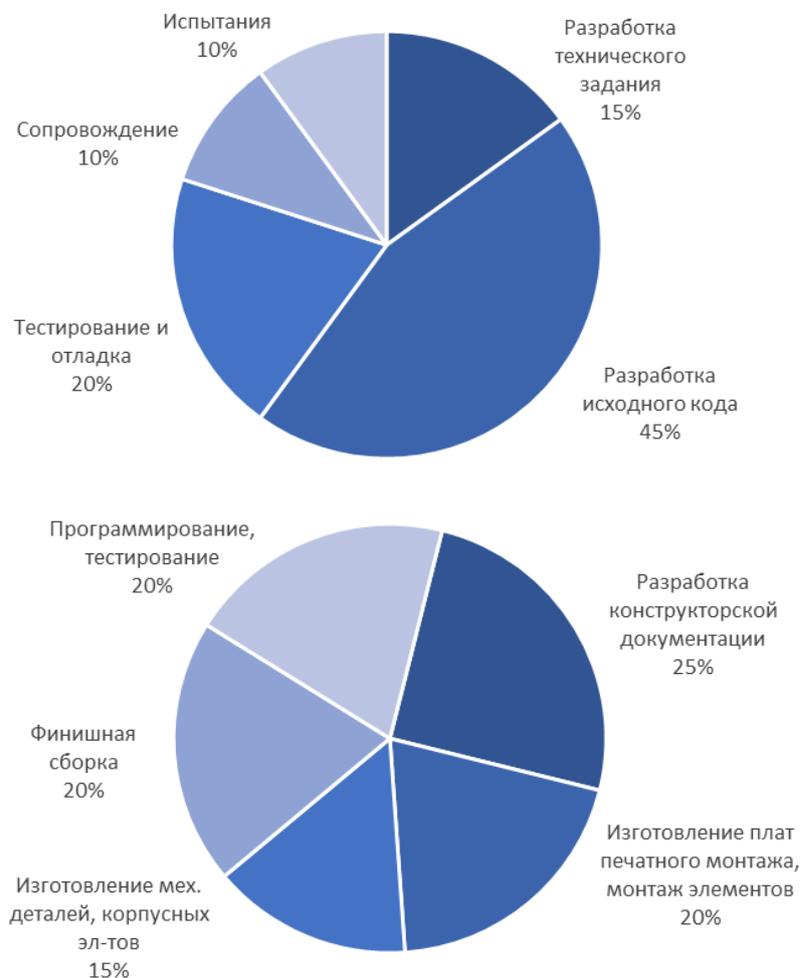


Рисунок 2.6 - Удельные веса трудоёмкости технологических процессов при производстве программного обеспечения и информационных систем

Источник: составлено автором по [116]

где $C_{j\text{ РФ}}$ и $C_{j\text{ полн}}$ - затраты, понесённые на территории в Российской Федерации, и полные затраты в рамках j -го технологического процесса, соответственно.

Следует отметить, что выражение (2.12) применимо к отдельным объектам аппаратных средств или программным продуктам. В то же время, современные информационные системы представляют собой сложную и неоднородную совокупность взаимодействующих программных и аппаратных средств. В связи с этим для целей реализации программ цифровой трансформации предприятий оценка уровня локализации должна носить интегральный характер и проводиться для системы в целом.

С этой целью предлагается адаптировать приведённую выше методику для сложных программно-аппаратных комплексов. Интегральную оценку уровня локализации комплекса целесообразно определять по формуле:

$$L_{\text{общ}} = \sum_{j=1}^m L_j \frac{C_j}{C_{\text{общ}}}, \quad (2.14)$$

где L_j - уровень локализации j -го компонента комплекса, определяемый согласно формуле (2.12);

C_j и $C_{\text{общ}}$ - стоимость j -го компонента и комплекса в целом, соответственно;
 m - количество компонентов в комплексе.

Применение модели (2.12) - (2.14) позволяет проводить оценку уровня локализации программно-аппаратных комплексов и их систем произвольной сложности. Оценка уровня локализации сложной системы согласно этой модели проводится в два этапа. На первом этапе осуществляется оценка уровня локализации программных и аппаратных средств, входящих в состав системы с использованием модели (2.12) - (2.13). На втором этапе на основе полученных оценок определяется уровень локализации системы в целом с использованием (2.14).

Так, для информационных систем АО «Вертолёты России» расчёт по формуле (2.14) даёт интегральную оценку уровня локализации по состоянию на начало 2021 года 62 % (таблица 2.3).

Таблица 2.3 - Расчёт интегральной оценки уровня локализации информационных систем Холдинга АО «Вертолёты России»

| Информационная система | Уровень локализации (L_j), % | Доля в стоимости ($C_j/C_{\text{общ}}$), % | Интегральная оценка, % |
|----------------------------------|----------------------------------|--|------------------------|
| Единая НСИ | 100 | 12 | 12 |
| Единое PLM-решение | | | |
| - проектирование | 15 | 20 | 3 |
| - производство | 15 | 19 | 3 |
| СПЖЦИ | 100 | 17 | 17 |
| Единая ERP | 98 | 16 | 16 |
| Единая система инф. безопасности | 70 | 16 | 11 |
| ИТОГ: | | | 62 |

Анализ эксплуатируемых в настоящее время информационных систем с использованием описанной модели позволил сделать следующие выводы.

1. Специализированное программное обеспечение, используемое в производственных комплексах, характеризуется достаточно высоким уровнем локализации (до 90 % - 95 %) так как его разработка и сопровождение осуществляются отечественными ИТ-компаниями на базе Unix-подобных операционных систем. Применение сред разработки и компьютерной техники зарубежного происхождения приводит к снижению интегрального уровня локализации.

2. Аппаратная часть информационных систем характеризуется существенно меньшим уровнем локализации, что обусловлено интенсивным использованием импортной элементной базы, прежде всего - микроэлектронных компонентов. Данный результат согласуется с выявленной в работе [20] «электронной импортозависимостью» отечественных высокотехнологичных отраслей промышленности.

3. Дополнительным фактором, снижающим интегральный уровень локализации информационных систем Холдинга, является использование

зарубежного программного обеспечения общего назначения (операционные системы, офисные продукты, СУБД и ряд других). В связи с этим актуальной является задача перевода вспомогательных процессов на отечественное программное обеспечение.

Одним из инструментов анализа уровня локализации технологических процессов является введённая в работе [37] карта локализации. Она представляет собой круговую диаграмму, сектора которой соответствуют отдельным технологическим процессам производства продукции. Уровень локализации N_j каждого технологического процесса определяется радиусом соответствующего сектора, а его вес B_j в выражении (2.12) – его центральным углом. Это даёт возможность сделать вывод об уровне локализации как отдельных технологических процессов, так и продукции в целом на основании площади получающейся фигуры.

На рисунке 2.7 приведена карта локализации производства аппаратных средств информационных систем в разрезе процессов, представленных на рисунке 2.6. Видно, наименее локализованными являются технологические процессы E_2 (изготовление плат печатного монтажа, монтаж элементов) и E_4 (финишная сборка), в которых широко применяются импортные компоненты.

В то же время, работы по созданию информационной части систем характеризуются высоким уровнем локализации и слабо зависят от зарубежной продукции.

Недостатком карты локализации в представленной форме является нелинейная зависимость площади сектора круга от его радиуса, в результате чего для обеспечения её соответствия результатам выражения (2.12) требуется применение неочевидного преобразования уровня локализации.

В противном случае данная карта может использоваться лишь для сравнения по порядку величины уровня локализации отдельных технологических процессов.

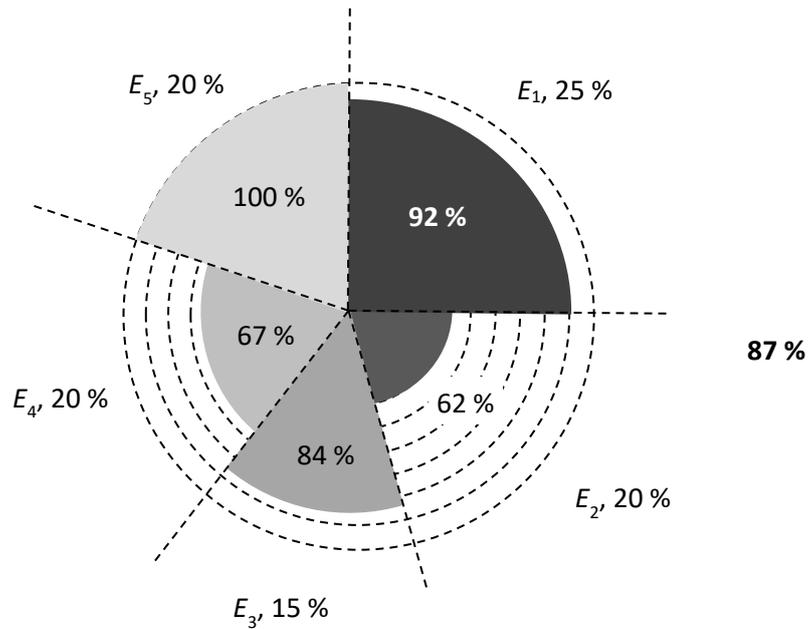


Рисунок 2.7 - Оценка интегрального уровня локализации производства аппаратных средств информационных систем

Источник: составлено автором

Другим недостатком данного представления является статичность карты локализации. Она не отражает распределения технологических процессов во времени, что может являться важным при анализе изменения локализации изделий на протяжении их жизненного цикла.

Для устранения данных недостатков предлагается формировать карты локализации в виде гистограмм, в которых длина основания каждого столбца соответствует величине B_j , высота – уровню локализации N_j . Последовательность столбцов гистограммы соответствует последовательности технологических процессов во времени, что позволяет учесть динамику изменения уровня локализации изделия. Пример карты локализации в такой форме для процесса производства аппаратных средств информационных систем представлен на рисунке 2.8.

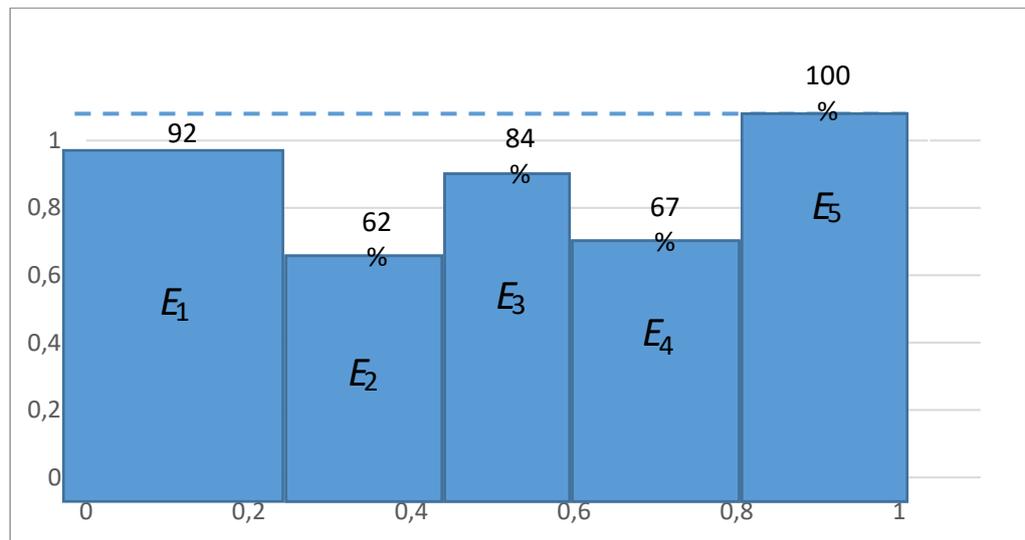


Рисунок 2.8 - Гистограмма локализации производства аппаратных средств информационных систем

Источник: составлено автором

Видно, что полученная гистограмма имеет U-образную форму, что свидетельствует о высоком уровне локализации этапов разработки и финишной сборки изделия, но недостаточном уровне локализации собственно производственного процесса. Это подтверждает сделанный ранее вывод о необходимости обратить внимание на уровень локализации комплектующих изделий, используемых в основных производственных процессах.

Дальнейший анализ с использованием модели (2.14) даёт возможность сформировать интегральную оценку программы формирования единой цифровой среды Холдинга.

В рамках принятой в Холдинге стратегии «Умного импортозамещения» предполагается поэтапно локализовать систему управления жизненным циклом изделий, доведя долю отечественного ПО в ней до 100 %.

В таблице 2.4 представлен план-график локализации информационных систем, составляющих единую цифровую среду Холдинга «Вертолёты России», а на рисунке 2.9 - график изменения интегрального уровня локализации единой цифровой среды, определённого согласно (2.14).

Таблица 2.4 - Изменение уровня локализации элементов единой цифровой среды Холдинга

| Система | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | Целевой уровень локализации, % |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------------|
| 1 Единая НСИ | | | | | | | | | | 100 |
| 2 Единое PLM-решение: | | | | | | | | | | 100 |
| 2.1 Проектирование | | | | | | | | | | 100 |
| 2.2 Производство | | | | | | | | | | 100 |
| 3 СПЖЦИ | | | | | | | | | | 100 |
| 4 Единая ERP | | | | | | | | | | 100 |
| 5 Единая система информационной безопасности | | | | | | | | | | 100 |



Рисунок 2.9 - Оценка совокупного уровня локализации цифровой среды
АО «Вертолёты России»

Источник: расчеты автора

Видно, что в течение 5 лет предполагается полностью перевести единую цифровую среду на использование отечественных информационных систем, достигнув уровня локализации 100 %.

Таким образом, рассмотренные в настоящей работе инструменты оценки уровня локализации элементов цифровой инфраструктуры предприятия дают возможность учесть специфику их жизненного цикла и особенности производства, связанные со значительным вкладом нематериальных активов.

Применение предложенной методики позволит более системно формировать стратегию цифровой трансформации производства, принимая во внимание вопросы локализации и влияния на развитие отечественных производителей элементной базы, а также программного обеспечения.

Реализация крупными предприятиями машиностроения программ импортозамещения является одним из факторов, способствующих развитию отечественной ИТ-индустрии, а также освоению отечественными производителями выпуска электронных компонентов. В конечном итоге, это будет являться одним из важных элементов преодоления «электронной импортозависимости» отечественной промышленностью.

Выводы по главе 2

1. На базе многофакторной модели, учитывающей циклы управления PDCA и основные направления деятельности, предложен комплекс информационных систем для реализации на предприятии цифрового производства.

2. Показана необходимость создания единого цифрового пространства, обеспечивающего информационный обмен и взаимодействие как внутри предприятия, так и с внешними заинтересованными сторонами.

3. Описана 4-уровневая архитектура цифрового производства на основе концепции Smart Factory, включающая в себя производственные мощности предприятия с интегрированными системами автоматизации и управления производственными процессами, цифровой двойник предприятия, а также интегрированную платформу цифрового производства.

Сформулирована дорожная карта цифровой трансформации предприятий (на примере Холдинга «Вертолёты России»), включающая в себя этапы:

- формирования единой системы НСИ Холдинга;
- формирование иерархической системы моделей цифровых двойников предприятий Холдинга в соответствии с выполняемыми задачами и особенностями их бизнес-процессов;
- создание на базе интегрированной цифровой платформы компонентов «Умного производства»: систем управления жизненным циклом (PLM), планирования ресурсов предприятий (ERP), бизнес-аналитики (BI), управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) и контроля качества (QMS).

Определены механизмы воздействия реализации данных этапов на эффективность операционной деятельности предприятий.

4. С целью учёта особенностей воздействия цифровой трансформации предприятий на эффективность их операционной деятельности предложено расширить существующие методики оценки экономических выгод и издержек реализации проектов с использованием двухфакторной модели, базирующейся на показателях повышения производительности труда работников предприятия и роста оборачиваемости материальных запасов.

Работоспособность модели проверена на исходных данных, соответствующих параметрам программы цифровой трансформации Холдинга «Вертолёты России». Показано, что данная программа в среднесрочном прогнозируемом периоде характеризуется положительными экономическими показателями, что свидетельствует об эффективности её реализации.

5. С учётом особенностей функционирования предприятий ОПК, связанных с обеспечением информационной безопасности производства, разработана методика оценки уровня локализации производства информационных систем, применимая к комплексным проектам цифровой трансформации предприятий.

6. Анализ эксплуатируемых информационных систем с использованием разработанной методики позволил сделать вывод о дисбалансе уровня локализации программно-аппаратных комплексов. Специализированное программное обеспечение производственных процессов характеризуется достаточно высоким уровнем локализации. В то же время, уровень локализации аппаратной части существенно ниже, что обусловлено интенсивным использованием импортной элементной базы, прежде всего - микроэлектронных компонентов.

Данный вывод подтверждает отмечаемую рядом исследователей проблему «электронной импортозависимости» высокотехнологичных отраслей отечественной промышленности.

Глава 3 Экономико-математический инструментарий формирования элементов единой информационной среды предприятий ОПК

3.1 Шеринговая бизнес-модель как элемент производственной стратегии предприятия в цифровой экономике

Значительное снижение транзакционных издержек, порождаемое внедрением цифровых технологий в управление производственными активами, дает возможность повышения эффективности деятельности предприятий за счёт введения в их бизнес-модели элементов совместного потребления ресурсов (шеринг). Одним из потенциальных вариантов применения данной бизнес-модели в операционной деятельности является создание в рамках территориально-распределённых холдинговых компаний машиностроения, а также отраслевых объединений цифровых платформ, позволяющих осуществлять краткосрочную сдачу в аренду временно свободных производственных активов, включая основные фонды, финансовые и нематериальные активы. Это даёт возможность предприятию проводить более гибкую политику развития и использования производственных активов с учётом текущей конъюнктуры рынков, способствующую повышению коэффициентов их полезного использования или оборачиваемости, снижению издержек простоя и, как следствие, увеличению операционной прибыли.

Несмотря на то, что значительное число как российских, так и зарубежных публикаций посвящено теоретическим аспектам шеринговой экономики (например, [19, 81, 120, 154, 158]), стратегии извлечения прибыли из её сильных сторон представляются ещё недостаточно изученными.

В настоящее время крайне важным является исследование ролей, перспектив и эффектов шеринга для владельцев и пользователей ресурсов (физических лиц и бизнеса), предприятий и органов власти, а также для самих платформ взаимодействия (рисунок 3.1).

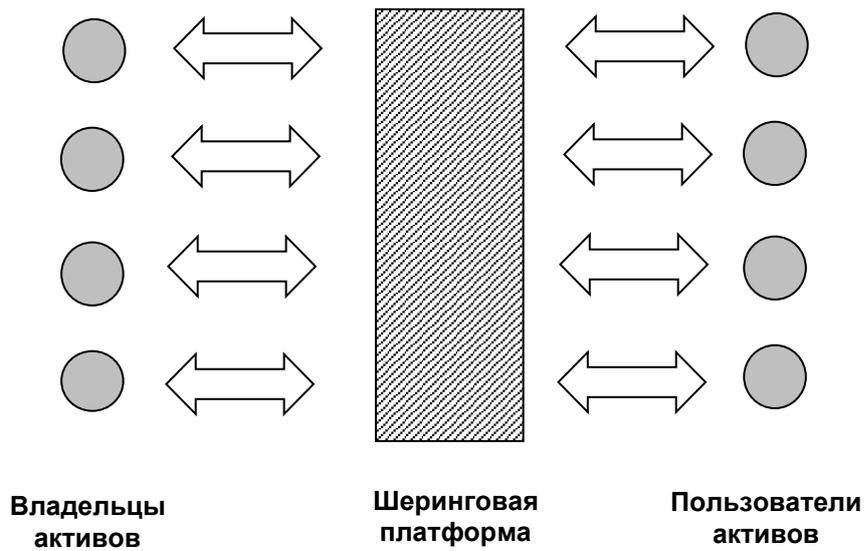


Рисунок 3.1 - Взаимодействие участников шеринговой бизнес-модели

Источник: составлено автором

В современных условиях бизнес всё шире использует в своей деятельности модель шеринговой экономики, которая, не лишая субъектов преимуществ обладания активами, сглаживает недостатки классического владения ими. Согласно результатам исследования [170], объем транзакций на основных платформах совместного потребления в России в 2019 году составил около 769,5 млрд р. с годовым темпом роста 50 %. Наиболее значительный вклад в объем и рост шеринговой экономики вносят сектора C2C-продаж [156], услуг частных лиц - фрилансеров, каршеринг, карпулинг, а также краткосрочная P2P-аренда жилых помещений [136]. Среднегодовой темп роста каждого из лидирующих секторов в период с 2018 по 2019 год составлял от 30 % до 59 %. Эти результаты подтверждают также данные исследования платформ электронной C2C-торговли: за период с 2017 по 2019 год сегмент вырос на 92,5 % – до 568 млрд р. [169].

Вместе с тем, в промышленности модели совместного использования активов нашли ограниченное применение. Крупные производственные предприятия с распределенной территориальной структурой до настоящего времени не имели возможности создания производственных планов повышенной гибкости из-за

сложности и трудоемкости обработки информации о состоянии загрузки всех производственных мощностей, их совместимости и взаимном дополнении.

В интегрированных производственных системах это приводило к использованию стратегий концентрации производственных активов в рамках центров специализации [129], представляющих собой структурные бизнес-единицы, специализирующиеся на выпуске компонентов, узлов, инструмента, средств технологического оснащения и поставляющие их внутренним и внешним потребителям (рисунок 3.2).

Другим следствием высоких издержек оперативного управления производственными активами стала нерентабельность стратегий их краткосрочной аренды, в результате чего наиболее распространённым способом совместного использования активов в промышленности стал лизинг, ориентированный на долгосрочную аренду. В современном виде данная отрасль существует с первой половины XIX века, когда в США были сформированы первые специализированные компании, занимающиеся данной деятельностью [101]. К настоящему времени лизинговая индустрия стала одним из важных инфраструктурных элементов национальных экономик и мирового рынка, удовлетворяя потребности в специализированных активах. Годовой объём лизинговых сделок на мировом рынке в 2019 году оценивался более чем в 1 362 млрд долл. [178]. Основными сегментами лизинга являются производственные активы для транспортной, строительной, добывающей отраслей. Оборудование машиностроения представлено на этом рынке в незначительной степени, его доля составляет порядка 1 %.

Тем не менее, лизинг в классическом понимании не в состоянии удовлетворить полностью потребности промышленности в оперативном управлении производственными активами.

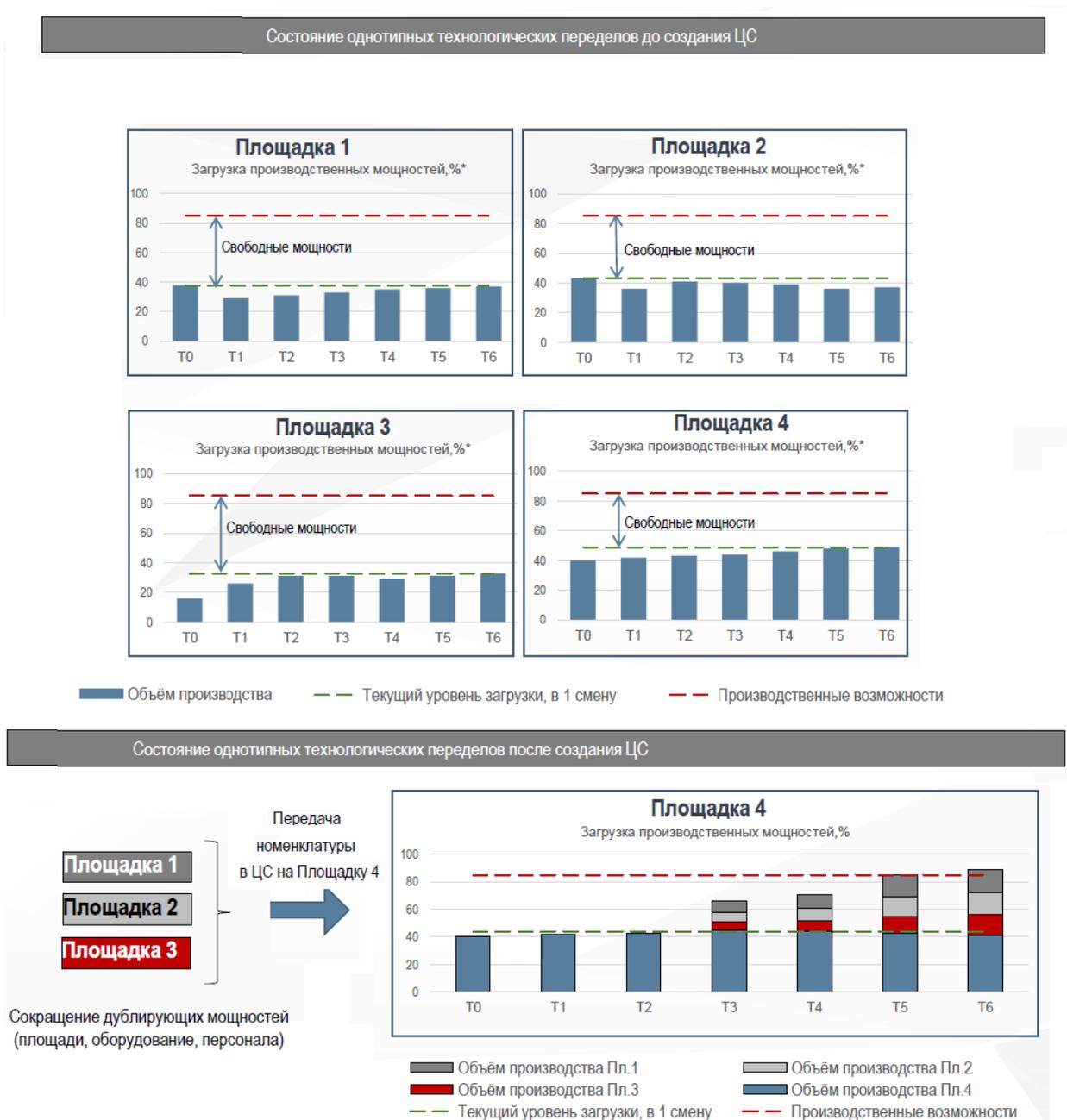


Рисунок 3.2 - Стратегия формирования центров специализации в интегрированных производственных системах

Источник: составлено автором

Бурное развитие цифровых технологий в последние десятилетия позволило значительно снизить транзакционные издержки сделок по краткосрочной аренде активов за счёт использования цифровых платформ, способных агрегировать большое количество предложений и автоматизировать процедуры заключения контрактов. Это даёт возможность формировать в интегрированных структурах

распределенные центры специализации, представляющие собой объединённые централизованным управлением подразделения различных предприятий, специализирующиеся на изготовлении определённого вида продукции. Их преимуществом по сравнению с традиционными интегрированными ЦС является возможность проводить более гибкую политику развития и использования производственных активов с учётом текущей конъюнктуры рынков, способствующую повышению эффективности хозяйственной деятельности. Дальнейшее развитие моделей совместного использования активов может привести к системным изменениям в производственном секторе, что окажет существенное влияние на развитие мировой экономики.

Также в исследованиях организации промышленного производства зарубежными авторами отмечается растущая тенденция к его сервитизации (servitization), заключающаяся в повышении ценности бизнеса путём предоставления помимо основной производимой продукции широкого спектра сопутствующих продуктов и услуг различным заинтересованным сторонам [127, 162]. Совместное использование активов предприятия рассматривается в контексте этой тенденции, наряду с такими явлениями, как контракты жизненного цикла, пакетные предложения, обучение, экологические сервисы и другие [141]. Дальнейшее развитие моделей совместного использования активов может привести к системным изменениям в производственном секторе, что окажет существенное влияние на развитие мировой экономики.

Возможным применением данного подхода является создание цифровых платформ уровня крупных холдинговых компаний и отраслей, которые позволяли бы предприятиям, не являющимся специализированными лизинговыми компаниями, получать дополнительную прибыль от совместного использования активов для выполнения конкретных заказов.

В работах [130, 159] излагается рамочная концепция и архитектура общеевропейской платформы производственных услуг MANU-SQUARE (MANUFACTURING ecoSystem of QUALIFIED Resources Exchange), предназначенной для оптимизации цепочек поставок путем использования временно свободных

производственных мощностей для удовлетворения производственного спроса.

Данная концепция определяет общие принципы функционирования такого рода платформ. Однако практическое использование таких инструментов требует разработки математических моделей, учитывающих отраслевые особенности и позволяющих определять оптимальные режимы функционирования производственной системы с точки зрения различных критериев.

Далее в работе будут рассмотрены математические модели управления производственными мощностями, позволяющие повысить эффективность их использования, в том числе, за счёт совместного использования с другими производителями.

Подход шеринговой экономики может быть распространён на другие типы активов предприятий: финансовые, трудовые и нематериальные, а также на конечную продукцию. Например, в части повышения гибкости управления финансовыми ресурсами предприятий перспективным является использование инструментов краудфандинга [19].

В Российской Федерации в настоящее время финансовый сегмент шеринговой экономики развит в значительно меньшей степени, нежели материальный, что связано с более жёстким его законодательным регулированием и наличием барьеров для доступа новых участников на этот рынок. Только с 1 января 2020 года в России вступил в силу Федеральный закон от 02.08.2019 № 259-ФЗ «О привлечении инвестиций с использованием инвестиционных платформ и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [10], допускающий движение безналичных денежных средств в виде инвестиций с использованием специальных инвестиционных платформ в сети Интернет на основе соответствующих договоров [163].

Бизнес-модели краудфандинга можно подразделить на финансовые и нефинансовые [33]. Практика деятельности инвестиционных платформ в России свидетельствует, что преобладающее развитие получили нефинансовые модели краудфандинга, однако для активного роста подобных сделок в промышленном

секторе необходимо активизировать сегмент краудлендингового кредитования юридических лиц – P2B и B2B-краудлендинг.

Согласно оценкам аналитических компаний, объем мирового рынка альтернативного финансирования составил 267,1 млрд долл. При этом более 70 % этого рынка приходится на Китай и США [172]. Согласно отчету ТИАР-Центра и РАЭК, российский рынок краудфандинга, в отличие от других секторов шеринговой экономики, стагнирует, его рост в 2019 году составил 8 %. Сжатие рынка также подтверждается экспертами ЦБ России [168].

Перспективным направлением развития краудфандинга в России (сегмент P2B и B2B-краудлендинг) может стать его использование в схемах операционного лизинга, в частности, производственных активов, поскольку по окончании срока договора имущество возвращается лизингодателю, а в финансовом - переходит в собственность лизингополучателя. Таким образом, появляется возможность использования активов в производственной деятельности предприятий без передачи права собственности на них, что является отличительной чертой шеринга.

Выделяют три формы финансирования крупнейших лизингодателей: без банковских кредитов; монокредитование у материнского банка; кредитование от пула банков [54].

Основным источником фондирования лизинговых сделок остаются банковские кредиты, доля которых в профинансированных средствах составляет не менее 60 % на протяжении последних четырех лет [120], что делает возможным использование краудфандинга (сегмент P2B и B2B-краудлендинг) как альтернативного источника инвестирования с нацеленностью на компании, использующие кредитование от пула банков.

Ещё одним перспективным направлением применения концепций шеринговой экономики в интересах повышения эффективности деятельности предприятий машиностроения, в частности, вертолётостроительных компаний является расширение каналов сбыта производимой продукции путём использования модели операционного лизинга вертолётной техники для производства работ. Так, на российском рынке наблюдается рост требований со

стороны заказчиков вертолетных работ. Как отмечается в [120], большинство работ с применением вертолетной техники выполняется в интересах топливно-энергетического комплекса, а также с коммерческими целями в регионах со сложной транспортной доступностью, суммарный годовой налет составляет 430 тыс. ч, при этом 90 % клиентов являются компаниями нефтегазового сектора, их подрядчиками и субподрядчиками, которые уделяют большое внимание безопасности полетов, техническому состоянию воздушных судов, уровню подготовки и опыту работы летного состава. Нередки случаи, когда нефтегазовые компании, закупая вертолетные услуги, сами вводят в тендер требование, чтобы их сотрудников и вахтовиков перевозили машины, имеющие возраст не более 25 лет. Тем не менее, сегодня 85 % вертолетов, эксплуатируемых в России, — старше 25 лет, и именно они выполняют большую часть авиационных работ, в том числе перевозку пассажиров. По мнению генерального директора АО «Вертолеты России» А.И. Богинского, потенциальный размер российского гражданского рынка на ближайшие годы, с учетом замены неизбежно выбывающей техники, роста вертолетных пассажирских перевозок на 7 % в год, освоения Арктики, развития транспортной доступности Дальнего Востока и программы санитарной авиации, составляет около 100 вертолетов разного класса в год.

Для стимулирования рынка вертолетной техники в мае 2018 года Государственной транспортной лизинговой компанией была представлена программа trade-in вертолетов на российском рынке, предусматривающая замену ресурсного воздушного судна иностранного производства новыми современными отечественными вертолетами [120].

В 2016–2019 годах наблюдалась неустойчивая динамика производства вертолетов, изготавливаемых по коммерческим контрактам с российскими лизинговыми компаниями, при этом давление на динамику рынка оказывало снижение доступности заемных средств.

Таким образом, в России сложился ряд предпосылок для развития инвестиционных платформ с ориентацией на сегмент P2B и B2B-краудлендинг:

- снижение доходности депозитов;

- ужесточение требований банков к заёмщикам и, соответственно, усложнение получения займов;

- невыгодные условия предлагаемых банками программ кредитования малого и среднего бизнеса.

Перспективы развития инвестиционных платформ заключаются в привлечении к сотрудничеству не только представителей бизнеса, но и органов местного самоуправления. Подобные новации имеет смысл реализовать с помощью цифровых платформ. При этом возможно создание планов приобретения дорогостоящей техники (в том числе вертолетной) по схеме операционного лизинга, где заказчиком выступают региональные органы власти, а инвесторами - физические и юридические лица, заинтересованные в развитии транспортной доступности конкретных территорий. Таким образом, в представленной ранее схеме операционного лизинга вертолетной техники альтернативным инвестиционным ресурсом будут выступать краудлендинговые платформы, возможно отраслевой или территориальной направленности.

3.2 Цифровая платформа управления производственными активами предприятий ОПК

Как отмечалось в предыдущей главе, необходимым этапом цифровой трансформации сложных производственных систем является формирование единой цифровой среды, позволяющей интегрировать основные и вспомогательные бизнес-процессы не только в рамках отдельного предприятия, но и на уровне производственной системы в целом.

Неотъемлемым элементом этой среды является подсистема управления активами предприятий, в том числе производственными мощностями, позволяющая в реальном времени оптимизировать их использование.

Особую актуальность задача повышения эффективности использования производственных мощностей приобретает для холдинговых структур, возникших в процессе реформирования высокотехнологичных отраслей машиностроения (авиастроительной, судостроительной, оборонно-промышленного комплекса) и включающих в себя предприятия, производящие аналогичную продукцию и располагающие схожими типами основных производственных активов [84].

Формально задача оптимизации производственных мощностей в территориально-распределённой производственной системе может быть представлена как производственно-транспортная задача специфической структуры. К производственно-транспортным задачам относится широкий класс задач, предполагающих одновременную оптимизацию использования производственных мощностей (решение производственной задачи), а также транспортных потоков в территориально-распределённой системе (транспортная задача). К настоящему времени разработаны эффективные методы решения данных задач для линейных и нелинейных постановок [36, 66], что открывает широкие возможности для их практического применения. В частности, такого рода задачи рассматривались в работах [65, 69] для оценки эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов, в работах [60, 88] — для построения планов производства и перевозок продукции потребителям, в работе [21] — для планирования цепей поставок в территориально-распределённой холдинговой системе.

Отличием предлагаемой модели является то, что объект моделирования представляет собой не инвестиционный проект, а совокупность бизнес-процессов операционной деятельности территориально-распределённой системы предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности. Такого рода предприятия характеризуются рядом особенностей функционирования, обусловивших специфику решаемой задачи. В работе [95] в качестве таких особенностей отмечаются:

- длительный производственный цикл высокотехнологичной продукции, в результате чего одни и те же мощности могут использоваться неоднократно на различных стадиях производственного процесса;

- нерегулярность заказов, обусловленная высокой стоимостью производимой продукции, а также зависимостью от социально-политических условий;

- олигополистический характер конкуренции и сетевая структура рынков, на которых действуют предприятия высокотехнологичных отраслей, что обуславливает мультипликативный эффект изменения объёмов производства.

В работе [32] указывается, что высокотехнологичные предприятия ОПК также генерируют существенные внешние эффекты в социальной сфере. К ним, в частности, относится воздействие на благосостояние контрагентов, уровень занятости и доходы населения, экологическое благополучие. В результате при планировании операционной деятельности крупного предприятия, помимо стандартного критерия максимизации экономической эффективности, становится необходимым также учёт социальных последствий принимаемых управленческих решений [86].

Помимо этого, в работе [96] отмечается, что для поддержания конкурентоспособности на рынках высокотехнологичной продукции необходимо наличие у конкурирующих производителей свободных конструкторских либо производственных мощностей, содержание которых приводит к дополнительному увеличению издержек.

С целью отражения данных особенностей операционной деятельности предприятий при оптимизации использования их производственных мощностей сформулирована следующая модель.

Рассмотрим систему, состоящую из N предприятий (узлов), связанных между собой транспортной сетью. Каждое предприятие производит L видов продукции с использованием K типов производственных мощностей. Выпускаемая продукция может использоваться как в качестве промежуточного продукта для производства других видов продукции на данном либо других предприятиях рассматриваемой

системы, так и в качестве конечного продукта, идущего потребителям вне системы. Объём заказов конечных потребителей на продукцию l -го вида со сроком исполнения t , размещённых в n -м узле системы, обозначим через $c_l^n(t)$. Объём заказа, размещённого узлом m в узле n на продукцию l -го вида со сроком исполнения t обозначим через $r_l^{nm}(t)$. Очевидно, что величина $r_l^{nm}(t)$ одновременно будет представлять объём перевозок продукции l -го вида из узла n в узел m в момент времени t .

Для упрощения записи модели будем предполагать, что технологические процессы производства продукции во всех узлах одинаковы. Технологический процесс производства продукции l -го вида представляет собой временной ряд длительности T_l , описываемый двумя матрицами: матрицей использования мощностей и матрицей прямых затрат A^l . Матрица использования мощностей S^l имеет размерность $K \times T_l$. Каждый её элемент s_{kt}^l представляет собой величину производственной мощности k -го типа, используемую в период t технологического процесса для производства единицы продукции l -го вида или равен нулю, если данный тип производственных мощностей не используется.

Величина производственной мощности k -го типа в n -м узле в момент времени t определяется следующим уравнением динамики:

$$M_k^n(t+1) = M_k^n(t) + M_k^{n+}(t) - M_k^{n-}(t), \quad M_k^n(0) = \text{const}, \quad (3.1)$$

где $M_k^{n+}(t)$, $M_k^{n-}(t)$ – ввод и выбытие k -го типа производственных мощностей в n -м узле в момент времени t , соответственно.

Динамическая матрица прямых затрат A^l имеет размерность $L \times T_l$. Каждый её элемент a_{mt}^l представляет собой количество продукции вида m , используемой в период t технологического процесса для производства единицы продукции l -го вида или равен нулю, если данный тип продукции не используется.

Величина запаса l -го вида продукции в n -м узле в момент t определяется следующим уравнением:

$$Z_l^n(t+1) = Z_l^n(t) + x_l^n(t) - \sum_{m=1}^L \sum_{\tau=1}^{T_m} a_{l\tau}^m x_m^n(t+\tau) -$$

$$- \sum_{n'=1}^N r_l^{m'n'}(t) + \sum_{n''=1}^N r_l^{n''n}(t) - c_l^n(t), \quad (3.2)$$

$$Z_l^n(0) = \text{const.}$$

Здесь $x_l^n(t)$ представляет собой выпуск l -го вида продукции в узле n в момент t , величина $\sum_{m=1}^L \sum_{\tau=1}^{T_m} a_{l\tau}^m x_m^n(t+\tau)$ – промежуточное потребление l -го вида продукции в узле n , складывающееся из затрат данного ресурса на всех стадиях технологических процессов, происходящих в момент t ; $\sum_{n'=1}^N r_l^{m'n'}(t)$, $\sum_{n''=1}^N r_l^{n''n}(t)$ – соответственно, суммарный объём отправленной из узла n в другие предприятия системы и поставленной в узел n от других предприятий продукции l -го вида в момент t , $c_l^n(t)$ – объём конечного потребления l -го вида продукции, произведённой в узле n , в момент времени t .

Во всех узлах системы в каждый момент времени должны выполняться ограничения на используемую мощность:

$$\sum_{l=1}^L s_{lk}^\tau x_l^\tau \leq M_k^n(\tau), \quad (3.3)$$

а также ограничения на затрачиваемые ресурсы:

$$Z_l^\tau \geq 0. \quad (3.4)$$

Для системы, описываемой соотношениями (3.1) – (3.4), могут быть сформулированы различные критерии оптимальности использования производственных мощностей. Основным критерием оптимальности режима функционирования коммерческого предприятия является максимизация прибыли.

Источником формирования прибыли от операционной деятельности предприятия является реализация произведённой продукции. В каждый момент времени $t \in [0, T]$ величина прибыли от операционной деятельности узла n составляет

$$\Pi_n(t) = \sum_{l=1}^L (p_l(t) - v_l^n) c_l^n(t) - \varphi^n, \quad (3.5)$$

где $p_l(t)$ – цена на продукцию l -го вида в момент времени t ;

v_l^n – удельные переменные издержки производства l -го вида продукции в узле n ;

φ^n – постоянные издержки функционирования узла n .

Тогда задача максимизации прибыли системы на интервале планирования $[0, T]$ может быть записана в виде

$$\Pi = \sum_{t=1}^T \sum_{n=1}^N \Pi_n(t) \rightarrow \max \quad (3.6)$$

В случае, если объём и сроки выполнения заказов внешних потребителей фиксированы, вместо задачи максимизации прибыли (3.6) может быть рассмотрена задача минимизации издержек, связанных с необходимостью хранения избыточных запасов промежуточной продукции и осуществления избыточных перевозок.

Для задачи оптимизации использования мощностей релевантными являются следующие компоненты производственных издержек:

- транспортные расходы;
- расходы на хранение запасов;
- расходы, связанные с простоем мощностей.

Для оценки транспортных расходов, возникающих при перемещении продукции между узлами, рассмотрим простейшую линейную модель, в которой они пропорциональны объёму перемещаемой продукции и расстоянию между узлами. Обозначим через θ^l матрицу транспортных расходов размерности $N \times N$, каждый элемент которой θ_{mn}^l представляет собой затраты на транспортировку единицы продукции l -го вида из узла n в узел n' . Тогда суммарные транспортные расходы в рассматриваемой системе в момент времени t составят

$$\Theta(t) = \sum_{l=1}^L \sum_{n=1}^N \sum_{n'=1}^N \theta_{nn'}^l r_l^{nn'}(t). \quad (3.7)$$

Оценку расходов на хранение запасов также будем проводить с использованием линейной модели, в которой суммарные расходы на хранение продукции в момент времени t во всех узлах системы будут иметь вид:

$$\Xi(t) = \sum_{n=1}^N \sum_{l=1}^L \xi_l^n Z_l^n(t), \quad (3.8)$$

где ξ_l^n – расходы на хранение единицы продукции l -го вида в n -м узле системы.

Тогда задача минимизации суммарных транспортно-логистических издержек в системе может быть записана следующим образом:

$$F = \sum_{t=1}^T (\Theta(t) + \Xi(t)) \rightarrow \min_{\{x,r\}}, \quad (3.9)$$

где T – горизонт планирования;

x – временной ряд выпусков продукции всеми узлами системы в период $t = 1, \dots, T$;

r – перевозки всех видов продукции между всеми узлами системы в период $t = 1, \dots, T$.

Издержки, связанные с простоем мощностей, обусловлены тем, что их содержание в период простоя может обходиться предприятию дороже, нежели при нормальном режиме эксплуатации в связи с наличием затрат, связанных с запуском производства после простоя (проверка, приведение в рабочее состояние, наладка, и т.д.). Также они могут включать в себя оплату труда работников в период простоя и техническое обслуживание простаивающих мощностей. Помимо этого, длительные простои могут приводить к перемещениям или увольнениям работников, в результате чего при поступлении в дальнейшем заказов предприятие может оказаться не обеспеченным трудовыми ресурсами в достаточной степени. В результате этого возникает задача обеспечения наиболее равномерной загрузки производственных мощностей всех узлов системы с целью минимизации издержек простоя.

Обозначим через $S_k^n(t)$ объем загруженных производственных мощностей k -го типа в n -м узле в период t :

$$S_k^n(t) = \sum_{l=1}^L s_{lk}^t x_l^t . \quad (3.10)$$

В качестве показателя равномерности их загрузки рассмотрим коэффициент вариации:

$$V_k^n = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (S_k^n(t) - \bar{S}_k^n)^2}}{\bar{S}_k^n} , \quad (3.11)$$

где \bar{S}_k^n - средний объём загруженных мощностей k -го типа в n -м узле в прогнозном периоде.

Тогда критерий равномерной загрузки может быть представлен как задача минимизации средней вариации загруженных производственных мощностей в системе:

$$\bar{V} = \frac{1}{NK} \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K V_k^n \rightarrow \min_{\{x,y\}} . \quad (3.12)$$

Необходимо обратить внимание, что критерий (3.12) носит нелинейный характер, в связи с чем для решения данной задачи оптимизации должны использоваться методы математического программирования.

Ещё одним вариантом условий, приводящим к линейной задаче, может быть введение требований по минимальной загрузке производственных мощностей предприятий, т.е. запись ограничений (3.3) в форме двухсторонних неравенств

$$\mu_k^n(\tau) \leq \sum_{l=1}^L s_{lk}^\tau x_l^\tau \leq M_k^n(\tau) , \quad (3.13)$$

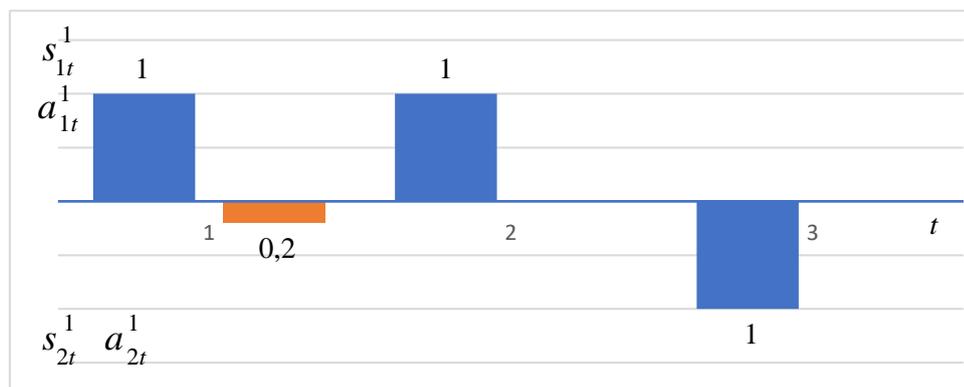
где $\mu_k^n(\tau)$ - минимальная загрузка k -го типа мощностей в n -м узле в момент времени τ .

Отметим, что в такой постановке задача определения оптимального режима использования производственных мощностей смыкается с задачей учёта социальных эффектов, в части минимизации перемещений и увольнений работников предприятий.

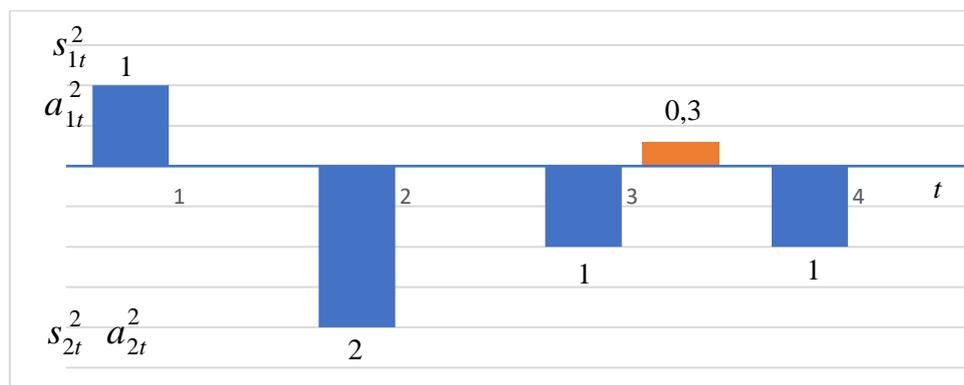
Учитывая вышеизложенное, оптимальный режим функционирования рассматриваемой системы может определяться с точки зрения различных критериев эффективности, начиная от чисто экономических – прибыли (3.6), издержек (3.9) и заканчивая социальным критерием обеспечения равномерности загрузки (3.12).

Указанные критерии могут комбинироваться с различными весами с целью отражения при формировании оптимального режима требований всех заинтересованных сторон.

В качестве примера рассмотрим систему с $N = 2$ узлами, в которой производится $L = 2$ вида товаров с использованием $K = 2$ типов мощностей. Диаграммы технологических процессов производства представлены на рисунке 3.3.



(a)



(б)

Рисунок 3.3 - Диаграммы производственных процессов первого (а) и второго (б) вида продукции

Источник: расчеты автора

Данные диаграммы представляют компактную запись матрицы использования мощностей S^l и динамической матрицы прямых затрат A^l . По оси абсцисс на данных диаграммах указано время протекания производственных процессов.

Выше оси времени отложено использование в производстве единицы продукции первого типа мощностей s_{1t}^l и первого вида продукции a_{1t}^l , ниже оси времени – использование второго вида мощностей s_{2t}^l и второго вида продукции a_{2t}^l .

Предполагается, что производственные мощности предприятий в системе фиксированы на протяжении рассматриваемого периода.

Рассмотрим задачу минимизации транспортно-логистических издержек с критерием (3.9). Она представляет собой задачу линейного программирования и может быть эффективно решена с использованием симплекс-метода [122].

Для такой формулировки задачи при помощи сценарного моделирования в системе MS Excel было проведено исследование зависимостей оптимальных режимов функционирования рассматриваемой системы от величины начальных запасов продукции и условий заказов, размещаемых потребителями (объёмов и сроков поставки). Было выявлено наличие трёх возможных режимов функционирования.

1. Оптимизация мощностей не требуется. Имеющиеся в каждом узле производственные мощности и запасы продукции достаточны для выполнения заказа в полном объёме в установленные сроки. Данный режим характеризуется избыточностью производственных мощностей и запасов для выполнения плановых заказов.

2. Оптимизация мощностей приводит к снижению издержек. В данном режиме имеющиеся в каждом узле мощности и запасы позволяют своевременно выполнить заказы в полном объёме. Однако оптимизация использования мощностей приводит к снижению суммарных издержек транспортировки и хранения по сравнению с исходным режимом.

На рисунке 3.4 приведён пример режимов функционирования рассматриваемой системы без оптимизации мощностей и с учётом её оптимизации. В рассматриваемом случае предприятие 1 имеет заказ на поставку $c_{12} = 5$ единиц продукции 2 в момент времени $t = 10$.

При этом начальные запасы и объём мощностей предприятия достаточны для самостоятельного выполнения заказа.

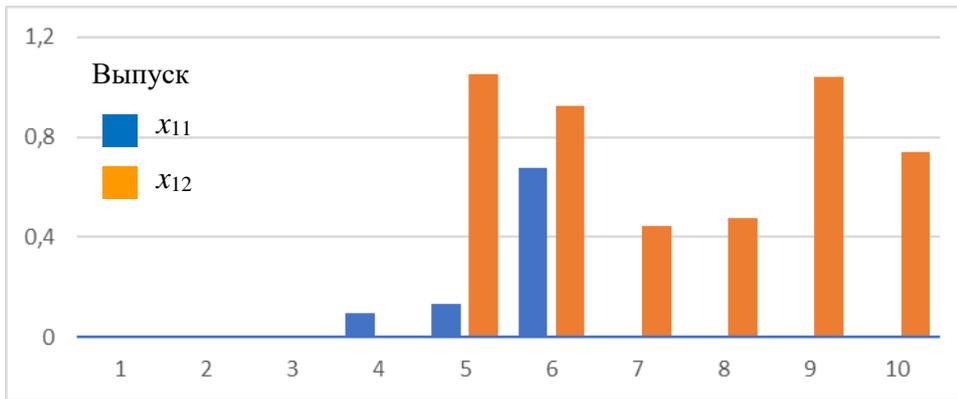
На рисунке 3.4а) приведён режим функционирования первого предприятия без оптимизации использования мощностей. Средний за период уровень использования мощностей предприятия в таком режиме составляет 48,5 %, средний уровень загрузки мощностей предприятий по всей системе (с учётом неработающего предприятия 2) – 24,5 %. Суммарные издержки за период $F = 17,4$.

На рисунке 3.4б) приведён результат оптимизации использования мощностей в системе. Видно, что в производстве продукции оказывается задействовано второе предприятие, в результате чего на начальном этапе происходит транспортировка продукции из узла 1 в узел 2 (третья диаграмма на рис. 3.4б), а на конечном – обратная транспортировка готовой продукции.

Средний уровень загрузки мощностей предприятий в системе увеличивается до 27 %, суммарные издержки с учётом транспортной составляющей $F = 13,23$, что на 24 % ниже по сравнению с режимом без оптимизации.

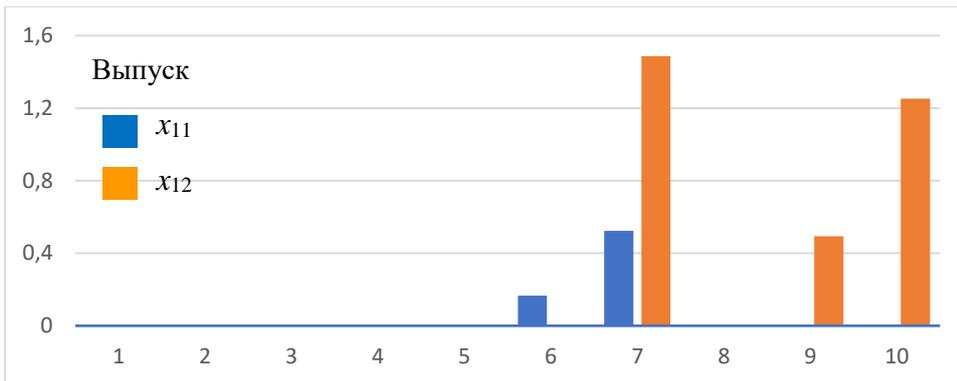
3. Оптимизация мощностей является необходимым условием для выполнения заказов. Данный режим характеризуется недостаточностью имеющихся в отдельных узлах мощностей либо запасов продукции для своевременного выполнения заказов.

В связи с этим своевременное исполнение заказов предприятиями возможно только в результате оптимизации использования мощностей.

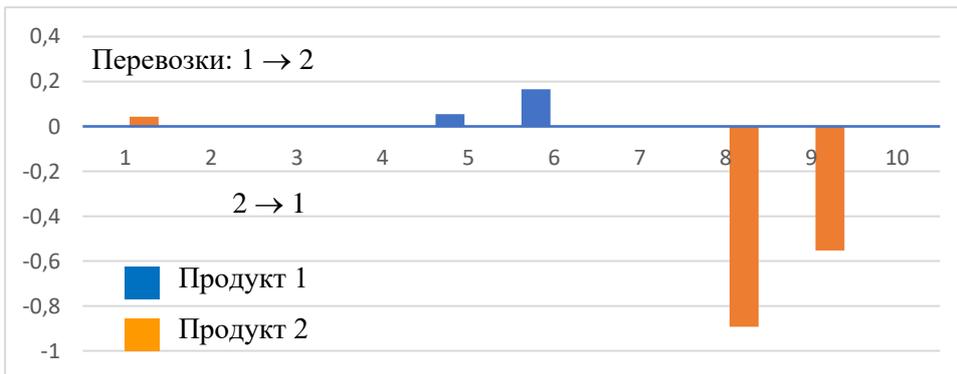
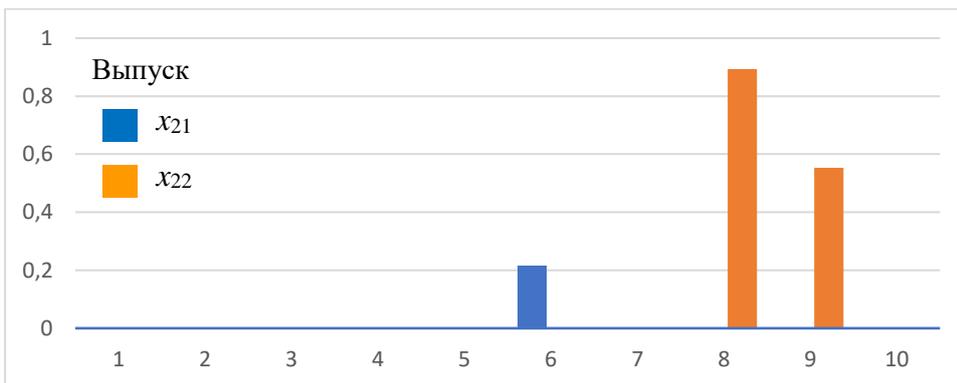


$z_{11}(0) = 0,5$
 $z_{12}(0) = 0,5$
 $c_{12}(10) = 5,0$
 $F = 17,4$

(a)



$z_{11}(0) = 0,5$
 $z_{12}(0) = 0,5$
 $c_{12}(10) = 5,0$
 $F = 13,2$



(б)

Рисунок 3.4 - Режимы работы без оптимизации (а)

и с оптимизацией мощностей (б)

Источник: расчеты автора

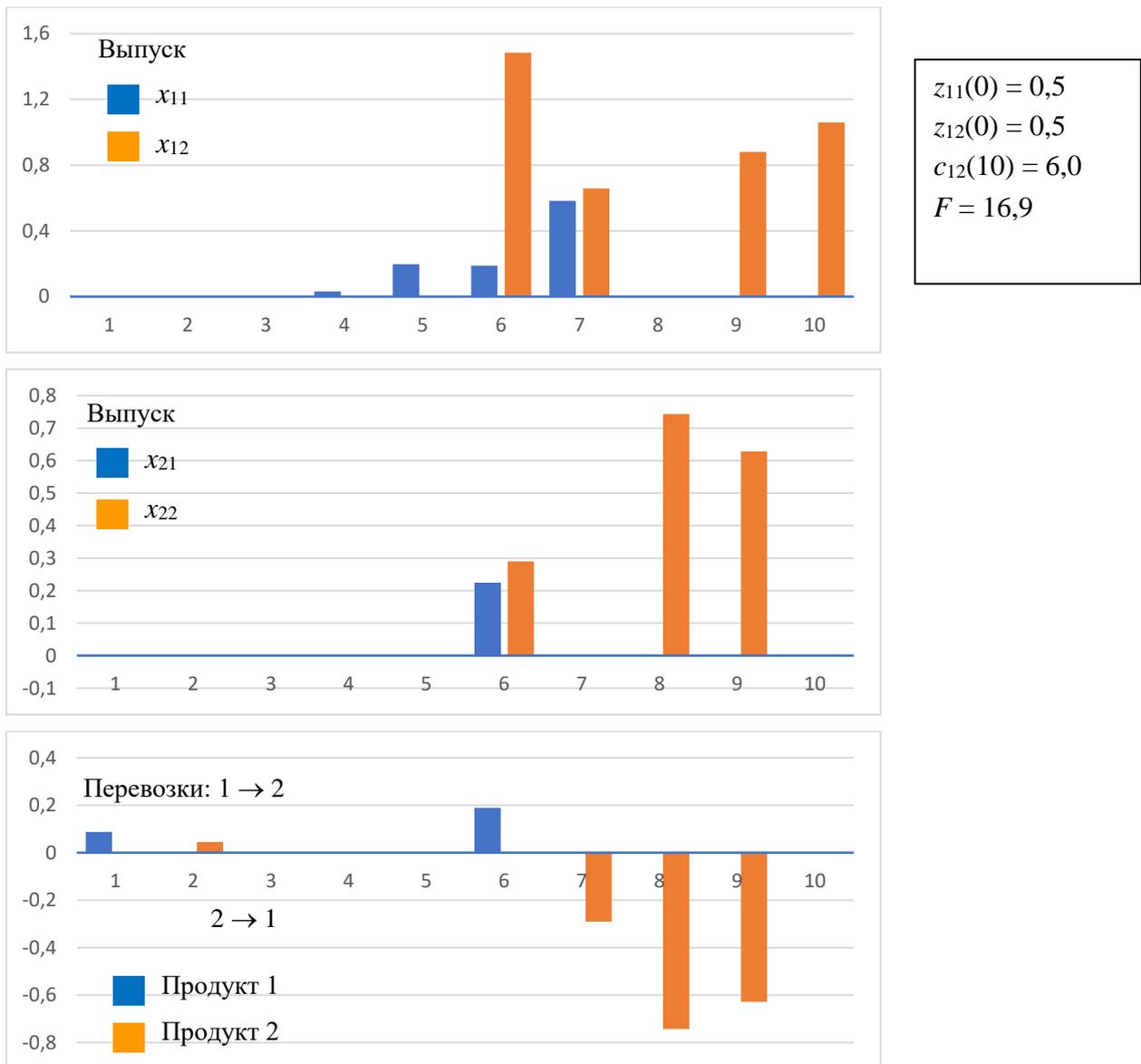


Рисунок 3.5 - Оптимальный режим работы при невозможности выполнения заказа одним предприятием

Источник: расчеты автора

Пример такого режима представлен на рисунке 3.5, в нём для сценарных условий, приведённых на рисунке 3.4, объём заказа увеличен до $c_{12}(10) = 6,0$. При независимом функционировании предприятия 1 задача оптимизации не имеет допустимых решений, т.е. заказ в таком объёме не может быть выполнен в установленный срок.

В то же время, при оптимальном распределении работ между мощностями обоих предприятий в системе выполнение данного заказа оказывается возможным.

На рисунке 3.5 видно, что на оптимальном режиме в начальные периоды осуществляются перевозки продукции из первого узла во второй для обеспечения загрузки его мощностей, а в конечные периоды – обратные перевозки для формирования запасов готовой продукции на предприятии 1.

Теперь исследуем, каким образом на оптимальный режим функционирования повлияет введение в задачу социального критерия обеспечения равномерности загрузки мощностей (3.12). С этой целью рассмотрим аддитивную свёртку критериев (3.9), (3.12) следующего вида:

$$G = \alpha F + (1 - \alpha)\bar{V} \rightarrow \min_{\{x,y\}}. \quad (3.14)$$

где α - относительная значимость критерия транспортно-логистических издержек.

Функция G является нелинейной, в связи с чем данная задача уже не может решаться с использованием методов линейного программирования. Для таких задач MS Excel предлагает использование метода обобщённого градиента.

На рисунке 3.6 приведены параметры режима функционирования системы, полученные для сценарных условий, представленных на рисунке 3.4.

Видно, что соответствующий оптимальный режим характеризуется более равномерным по времени распределением выпуска продукции на обоих предприятиях в системе, а также ростом интенсивности перевозок между ними. Это приводит к возрастанию как транспортных расходов, так и расходов на хранение, в результате чего растут совокупные затраты F . Однако этот рост компенсируется снижением вариации использования мощностей, что даёт оптимум по комплексному критерию (3.14).

Таким образом разработанный математический аппарат представляет собой универсальный инструмент для решения задач оптимального использования производственных мощностей в территориально распределённых системах предприятий. Как было показано выше, он может расширяться и дополняться с целью учёта специфических особенностей производственного процесса и целевых функций различных заинтересованных сторон.

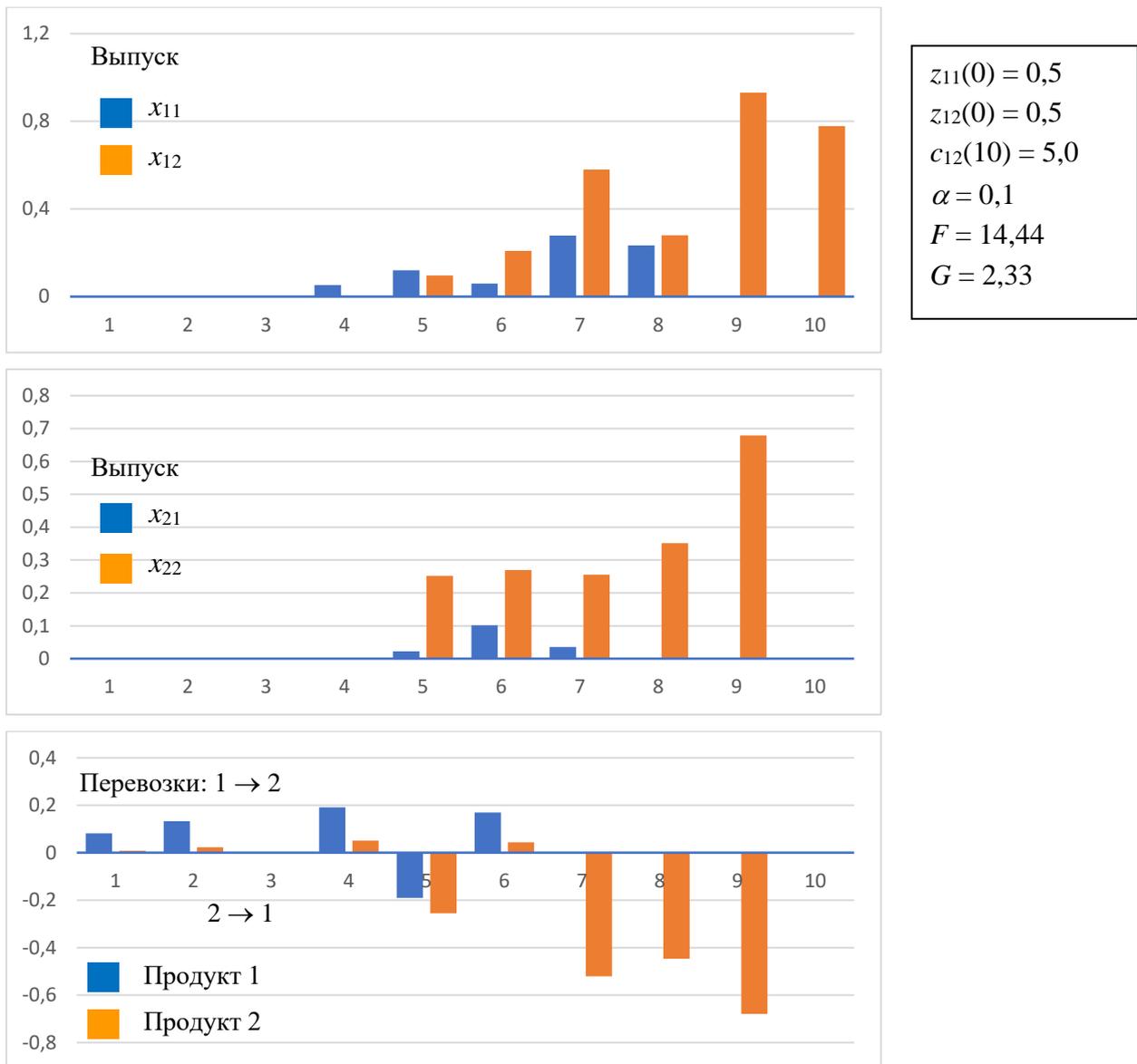


Рисунок 3.6 - Оптимальный режим работы с учётом равномерности загрузки мощностей предприятий

Источник: расчеты автора

3.3 Динамическая модель оптимизации жизненного цикла производственных активов предприятий

В изложенной выше математической модели основное внимание было сосредоточено на задаче оптимального распределения существующих производственных мощностей между производственными заказами, оставляя за

рамками вопросы их формирования и развития. Однако интеграция процессов управления производственными мощностями в рамках единой цифровой среды холдинга, помимо вопросов их оптимального использования, а предполагает также учёт всего жизненного цикла производственных активов - от их закупки у производителя до вывода из эксплуатации и утилизации.

Разработка стратегии управления производственными активами системы предприятий должна базироваться на тщательном анализе возможных финансово-экономических результатов и социальных эффектов. На основании этого анализа может быть сделан вывод о целесообразности создания интегрированного или распределённого ЦК, а также о стратегиях развития парков производственных активов в рамках этих центров (рисунок 3.7).

Использование цифровых технологий, обеспечивающих динамическое прогнозирование и оптимизацию состояния таких систем, позволяет достичь целого ряда улучшений, начиная от сокращения сроков и стоимости производства и заканчивая обоснованным сокращением неэффективно используемых производственных площадей. Более высокая, в безрисковых пределах, загрузка производственных мощностей будет способствовать росту прибыли и повышению финансовой устойчивости предприятия.

Благодаря накоплению и возможности обработки больших объёмов данных о состоянии, загрузке, планах работы имеющихся производственных мощностей, появляется возможность получить целый ряд улучшений производственных процессов, начиная от сокращения сроков и стоимости производства и заканчивая обоснованным сокращением ненужных производственных площадей.

Более высокий, в безрисковых пределах, уровень загрузки производственных мощностей будет способствовать росту прибыли и повышению устойчивости предприятия.

Использование цифровых платформ может также напрямую влиять на принятие инвестиционных решений, в том числе, за счёт оптимизации использования мощностей продлить срок службы существующего парка основных средств.

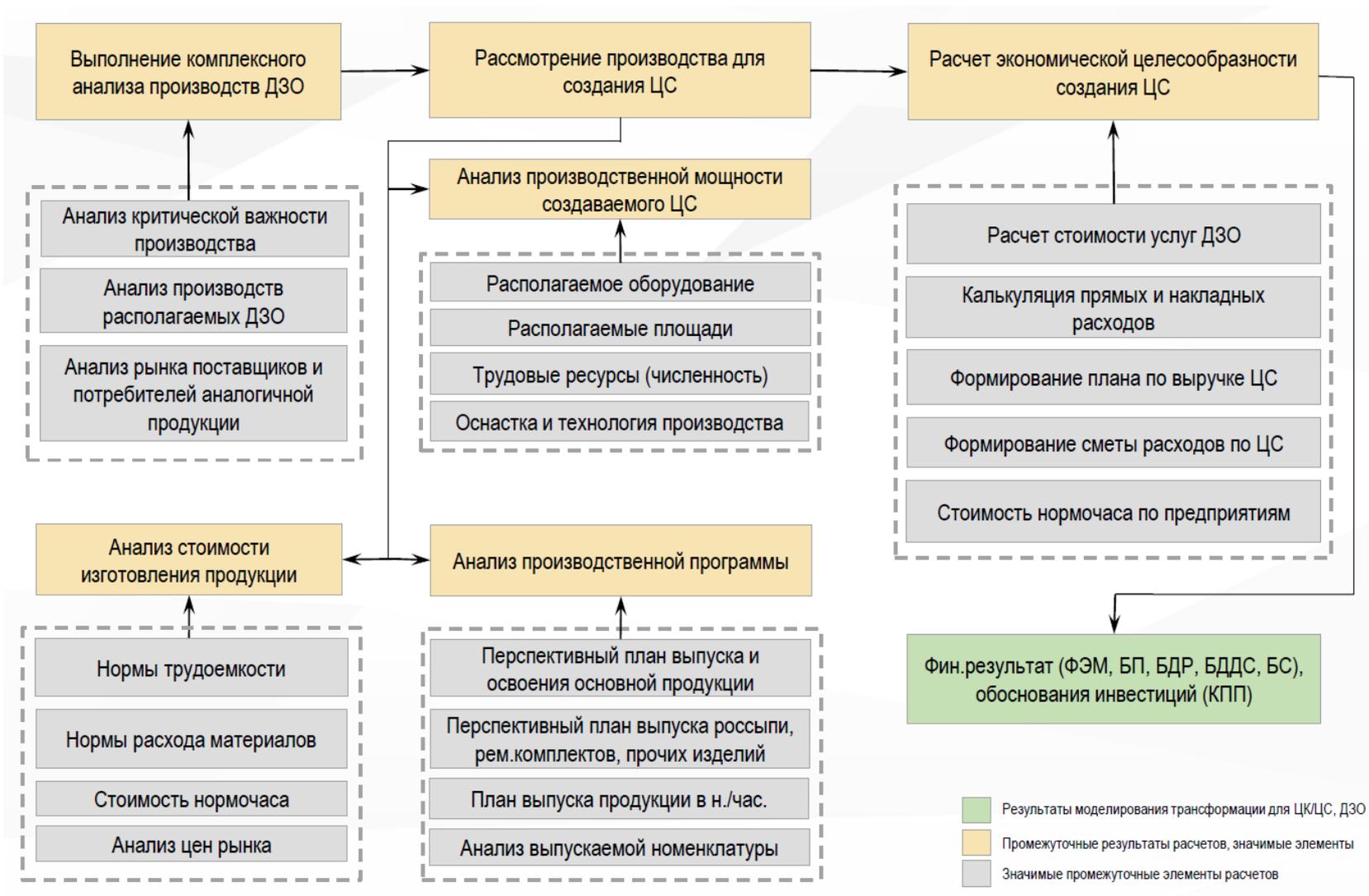


Рисунок 3.7 - Порядок оценки целесообразности создания ЦС и выбор площадки

Источник: составлено автором

Поскольку вопросы управления развитием мощностей являются достаточно типичными для крупных промышленных предприятий, масштаб системы должен предусматривать переносимость и адаптивность для производственных систем различной структуры.

В изложенной выше модели уравнение динамики (3.1) предполагало однородность состава парка производственных мощностей предприятий и наличие всего двух их состояний: используемые в производственном процессе и выведенные из эксплуатации. В реальности состав основных средств крупного промышленного предприятия неоднороден. Он характеризуется, в частности:

- большим количеством возможных состояний объектов;
- наличием ресурсов, совместно используемых в процессе их эксплуатации;
- наличием случайных факторов, влияющих на процесс эксплуатации.

Эти свойства приводят к увеличению сложности задачи оценки текущего состояния и потенциала использования основных средств, а также необходимости применения вычислительных моделей и методов для её решения. Помимо этого, совершенствование технологий приводит к необходимости совместного использования в производстве объектов основных средств разных поколений. В результате этого возникает потребность в адаптации существующих на предприятии процессов и ресурсов к эксплуатации объектов основных средств новых поколений [121].

Динамическая оптимизация использования основных фондов должна учитывать режимы их эксплуатации и технического обслуживания с учётом стадии жизненного цикла, индивидуальных характеристик, а также локальных нормативных документов и стандартов, регламентирующих данные процессы.

Для решения задач развития основных средств применительно к крупномасштабным системам целесообразно рассматривать, наряду с отдельными объектами, также их совокупность – парки основных средств. Статистический анализ их характеристик позволяет выявить для парков основных средств свойства, аналогичные жизненному циклу отдельных объектов.

В научной литературе в основном исследовался жизненный цикл отдельных объектов основных средств [15]. В то же время, анализ жизненных циклов парков основных средств осуществляется в основном на базе эмпирических методов, с минимальным привлечением математических моделей.

В результате этого задачи оптимизации загрузки, процессов технического обслуживания и ремонтов в разрезе парков основных средств исследованы недостаточно, что приводит к снижению эффективности их эксплуатации.

В связи с тем, что парк основных средств представляет совокупность большого количества сложных объектов, построение функциональной модели каждого из которых затруднено, описание его жизненного цикла может быть проведено с использованием статистических методов.

В рамках жизненного цикла парка основных средств могут быть выделены следующие этапы:

- формирование парка, включающее в себя приобретение (создание), установку и ввод в эксплуатацию объектов основных средств;
- динамическое равновесие, представляющее собой процесс нормальной эксплуатации парка основных средств, в ходе которой естественная убыль в результате износа компенсируется за счёт ввода новых объектов;
- старение, в процессе которого естественная убыль не компенсируется объектами данного типа в связи с прекращением их выпуска;
- переоснащение, в ходе которого выводимые из эксплуатации устаревшие морально и/или физически объекты парка заменяются объектами нового поколения.

Совершенствование технологий и элементной базы объектов основных средств, используемых в производственном процессе, приводит к усложнению жизненного цикла парка. Наличие нескольких поколений основных средств со схожей функциональностью требует использования многовариантной системы технического обслуживания и ремонтов, адаптированной к совместной их эксплуатации. Повышаются требования к наличию на предприятиях-изготовителях

и обслуживающих участках необходимой оснастки, запасных частей и расходных материалов.

Это приводит к увеличению издержек, связанных с обслуживанием парков основных средств.

Одним из основных показателей, определяющих эффективность эксплуатации парка основных средств предприятия, является их надёжность, которая, в свою очередь, определяется ресурсом и сроком службы [48]. Данный показатель изменяется в процессе эксплуатации объектов основных средств, в связи с чем важной задачей является его поддержание на должном уровне в течение всех этапов жизненного цикла парка.

Наличие большого числа факторов, оказывающих воздействие на режимы использования и состояние объектов основных средств, приводят к тому, что функционирование парка происходит в условиях стохастической неопределённости. С целью учёта данных условий рассмотрим математическую модель, описывающую жизненный цикл парка основных средств с использованием аппарата цепей Маркова [80]. С формальной точки зрения парк основных средств в модели может быть представлен как совокупность объектов, которые в каждую единицу времени могут находиться в одном из следующих состояний:

- 1) поступление и ввод в эксплуатацию;
- 2) использование в производственном процессе;
- 3) текущий ремонт;
- 4) капитальный ремонт;
- 5) фирменный ремонт;
- 6) модернизация;
- 7) списание.

Переход объекта из состояния i в состояние j описывается распределением Пуассона с интенсивностями λ_{ij} (рисунок 3.8), при этом вероятность перехода определяется состоянием, в котором объект находится в текущий момент, и не зависит от предшествующих его состояний.

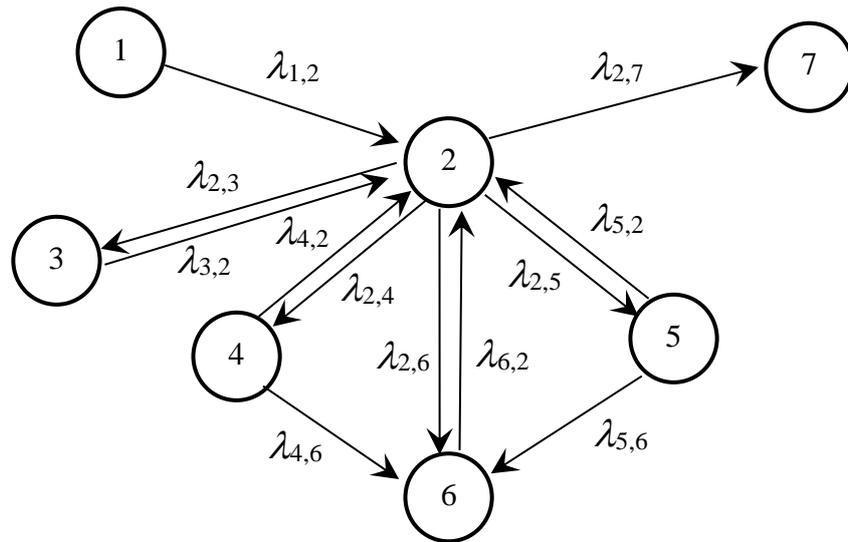


Рисунок 3.8 - Граф состояний объекта основных средств

Источник: составлено автором

Возможные направления перехода определяются в соответствии со стадиями жизненного цикла объектов. Основное перемещение происходит через стадии $1 \rightarrow 2 \rightarrow 7$. На стадии эксплуатации 2, в зависимости от состояния объектов и принятой предприятием стратегии технического обслуживания и ремонтов, объект может переходить в состояния различных ремонтов (3, 4, 5), а также в состояние модернизации 6. На модернизацию объекты могут также направляться из капитального и фирменного ремонта.

Проведём оценку интенсивностей переходов исходя из характеристик инвестиционной и производственной стратегий предприятия, а также системы технического обслуживания и ремонтов.

Предположим, что длительность интервалов времени между отдельными событиями имеет нормальное распределение $N(\tau, \sigma)$. Тогда интенсивность поставки новых объектов в парк может быть оценена как

$$\lambda_{5,1}(t) = \frac{\sqrt{\frac{2}{\pi}} \exp\left[-\frac{(\tau^* + vt - \tau T_{II})^2}{2\sigma_\tau^2}\right]}{\sigma_\tau \left[1 + \Phi\left(\frac{\tau^* + vt - T_{II}}{\sigma\sqrt{2}}\right)\right]}, \quad (3.15)$$

где T_{Π} – длительность цикла изготовления объекта.

Для оценки интенсивностей вывода объектов в ремонт, будем предполагать, что ресурс объекта в процессе эксплуатации расходуется со скоростью v . Вывод в ремонт производится при достижении определённой величины наработки ресурса τ_{pi} . При этом начальная величина наработки имеет нормальное распределение с плотностью

$$P(\tau) = \frac{c_1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\tau} \exp\left[-\frac{(\tau - \tau_p)^2}{2\sigma_\tau^2}\right], \quad (3.16)$$

где τ_p – математическое ожидание, σ_τ^2 – дисперсия, c_1 – коэффициент усечения.

Учитывая (8), длительность периода эксплуатации объекта до вывода в текущий, капитальный либо фирменный ремонт определяется выражением

$$P(t) = \frac{v}{\sigma_\tau \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(vt - \tau_p)^2}{2\sigma_\tau^2}\right], \quad (3.17)$$

где τ – наработка объекта

$$\tau = \tau^* + \tau_{исп},$$

τ^* – расход ресурса;

$\tau_{исп}$ – расход ресурса в момент t .

Принимая во внимание, что $\tau_{исп} = vt$, выражение (3.17) может быть записано в форме

$$P(t) = \frac{v \exp\left[-\frac{(\tau^* + vt - \tau_p)^2}{2\sigma_\tau^2}\right]}{\sigma_\tau \sqrt{2\pi}}. \quad (3.18)$$

Тогда интенсивности вывода объектов в ремонт будут определяться как

$$\lambda_{1,3}(t) = \frac{\sqrt{\frac{2}{\pi}} \exp\left[-\frac{(\tau^* + vt - \tau_p)^2}{2\sigma_\tau^2}\right]}{\sigma_\tau \left[1 + \Phi\left(\frac{\tau^* + vt - \tau_p}{\sigma_\tau \sqrt{2}}\right)\right]}, \quad (3.19)$$

при величине τ_p , соответствующей нормативам наработки ресурса для данного вида ремонта.

Интенсивность обратного ввода объектов в эксплуатацию из ремонтов определяется как длительностью самого ремонта, так и сопутствующих операций – демонтажа/монтажа, транспортировки, сдачи/приёмки и др. [124]. При этом общая длительность нахождения объекта в ремонте будет случайной величиной, распределённой согласно усеченному нормальному закону:

$$f(t) = \frac{\alpha}{\sigma_t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(t-t_0)^2}{2\sigma_t^2} \right], \quad (3.20)$$

где t_0 – математическое ожидание длительности ремонта;

σ_t^2 – дисперсия;

α – коэффициент усечения

$$\alpha = \frac{1}{F_0 \left(\frac{t_0}{\sigma_t} \right)},$$

где $F_0 \left(\frac{t_0}{\sigma_t} \right)$ – функция Лапласа.

Тогда выражение для определения интенсивностей поступления объектов из ремонта будет иметь вид

$$\lambda_{3,1}(t) = \frac{\sqrt{\frac{2}{\pi}} \exp \left[-\frac{(t-t_0)^2}{2\sigma_t^2} \right]}{\sigma_t \left[1 - \Phi \left(\frac{t-t_0}{\sigma_t \sqrt{2}} \right) \right]}, \quad (3.21)$$

при этом t_0 представляет собой математическое ожидание продолжительности соответствующего вида ремонта.

Модернизация объектов основных средств производится с целью устранения их морального износа, улучшения эксплуатационных характеристики и обеспечения соответствия изменениям в технологических и бизнес-процессах, связанным с научно-техническим развитием. Кроме того, возможна частичная модернизация с целью замены узлов и комплектующих, выпуск которых был

прекращён или не обеспечивается производителями, в частности, в связи с санкционными ограничениями.

Для оценки интенсивности перехода в состояние модернизации предположим, что парк основных средств включает в себя N объектов, конструктивно состоящих из K типов узлов. Замена или ремонт отказавшего узла может осуществляться из комплекта ЗИП непосредственно на предприятии, а в случае его отсутствия – в сервисной организации или на предприятии-производителе. Восстановленные узлы возвращаются для установки на объект.

В случае, если производство необходимых комплектующих не обеспечивается производителем, интенсивность перехода объекта основных средств в состояние модернизации составит

$$\lambda_{3,7}(t) = \sum_{j=1}^k \left\{ m_j \left[\frac{\tau}{t} \cdot \lambda_{1j} + \left(1 - \frac{\tau}{t} \right) \cdot \lambda_{2j} + n_{1j} \cdot \lambda_j^2 \right] \right\}, \quad (3.22)$$

где $\lambda_{1j}, \lambda_{2j}$ – интенсивности отказов узлов j -го типа, установленных на оборудовании и находящихся в комплекте ЗИП;

n_{1j} – количество узлов j -го типа в комплекте ЗИП.

В случае, если необходимые узлы отсутствуют в комплектах ЗИП:

$$\lambda_{3,7}(t) = \sum_{j=1}^k N \lambda_{1j}(t) + \sum_{j=1}^k n_{2j} \lambda_{3j}(t), \quad (3.23)$$

где n_{2j} – количество узлов j -го типа в комплекте ЗИП;

λ_{3j} – интенсивность отказа узла j -го типа в комплекте ЗИП.

Продолжительность нахождения объекта основных средств в состоянии модернизации определяется длительностью производства комплекта для модернизации, выполнения работ по модернизации, настройки и принятия в эксплуатацию, а также вспомогательных работ (транспортировки объекта, приёмосдаточных работ, хранения).

Тогда в предположении о показательном распределении времени работ, интенсивность перехода из состояния модернизации в состояние эксплуатации может быть записана в виде

$$\lambda_{7,3}(t) = \lambda_m(t) + \lambda_n(t) + \lambda_{ц}(t), \quad (3.24)$$

где λ_m , λ_n , λ_c – интенсивности получения запасных частей от предприятия – производителя, а также со склада предприятия и промежуточного склада.

Вывод из эксплуатации и списание объектов, выработавших ресурс, может быть определено по формуле:

$$\lambda_{1,6}(t) = \frac{\sqrt{\frac{2}{\pi}} \exp\left[-\frac{(\tau^* + vt - \tau_n)^2}{2\delta_{\tau_n}^2}\right]}{\sigma_{\tau_n} \left[1 - \Phi\left(\frac{\tau^* + vt - \tau_n}{\sigma_{\tau_n} \sqrt{2}}\right)\right]}. \quad (3.25)$$

где τ_n , τ^* – соответственно, предельно допустимый и средний расход ресурса;

v – скорость расхода ресурса;

δ_m^2 – дисперсия.

Параметры моделей интенсивностей переходов могут корректироваться с учётом изменения экономических, технических, производственных и других факторов.

Таким образом, жизненный цикл объекта основных средств может быть представлен в виде марковского процесса с интенсивности перехода между состояниями, определяемыми из моделей (3.15) – (3.25).

В этом случае состояние парка объектов будет определяться как средние характеристики рассматриваемой системы, которые могут быть определены на основе дифференциальных уравнений Колмогорова [80].

Обозначим через N множество объектов, составляющих парк. Состояние парка в каждый момент времени t будет определяться разбиением N на подмножества $N_i(t)$ объектов, находящихся в i -м состоянии. Очевидно, должны быть выполнены условия

$$N_i(t) \cap N_j(t) = \emptyset \text{ для } i \neq j,$$

$$N = \cup_{i=1, \dots, 7} N_i(t).$$

Отсюда следует, что число объектов, находящихся в момент t в i -м состоянии $X_i(t)$ будет удовлетворять условию

$$\sum_{i=1}^n X_i(t) = N_{\text{ш}}. \quad (3.26)$$

Величины $X_i(t)$ являются случайными функциями времени, математические ожидания которых подчиняются следующей системе дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dm_2}{dt} &= \lambda_{1,2}m_1 - (\lambda_{2,3} + \lambda_{2,4} + \lambda_{2,5} + \lambda_{2,6} + \lambda_{2,7})m_2 + \lambda_{3,2}m_3 + \\ &\quad + \lambda_{4,2}m_4 + \lambda_{5,2}m_5 + \lambda_{6,2}m_6; \\ \frac{dm_3}{dt} &= \lambda_{2,3}m_2 - \lambda_{3,2}m_3; \\ \frac{dm_4}{dt} &= \lambda_{2,4}m_2 - (\lambda_{4,2} + \lambda_{4,6})m_4; \\ \frac{dm_5}{dt} &= \lambda_{2,5}m_2 - (\lambda_{5,2} + \lambda_{5,6})m_5; \\ \frac{dm_6}{dt} &= \lambda_{2,6}m_2 + \lambda_{4,6}m_4 + \lambda_{5,6}m_5 - \lambda_{6,2}m_6; \\ m_1 &= \text{const}, m_7 = \text{const}. \end{aligned} \quad (3.27)$$

На основе данной системы уравнений может быть определено среднее число объектов в парке, находящихся в различных состояниях.

Интеграция модели динамики парка основных средств в цифровую платформу оптимизации производственных мощностей позволит осуществлять планирование производственной деятельности предприятия, а также технического обслуживания и ремонта основных средств во взаимосвязке с инвестиционной стратегией и программами инновационного развития.

Представленная выше модель представляет собой техническое описание процесса развития парка основных средств, основанное на изменении его физических характеристик.

В то же время, значительное влияние на принимаемые производственные и инвестиционные решения оказывают финансово-экономические и социальные характеристики среды, в которой предприятие ведёт свою деятельность. С целью

учёта их влияния описанная в предыдущем пункте модель должна быть дополнена описанием экономической деятельности предприятия.

С этой целью свяжем с рассматриваемым парком основных средств денежный поток $\{X_t\}_{t=0, \dots, T}$, выделяемый на финансирование обслуживания, ремонтов и модернизации.

Разобьём данный денежный поток по статьям, соответствующим расходам на ремонты $\{X_t^0\}$ и модернизацию $\{X_t^1\}$ существующих объектов, а также закупки новых объектов $\{X_t^2\}$:

$$X_t = X_t^0 + X_t^1 + X_t^2. \quad (3.28)$$

В этом случае интенсивности переходов между состояниями в системе становятся зависящими от объёмов финансирования, выделяемых по разным статьям (X_t^0, X_t^1, X_t^2) :

$$\begin{aligned} \lambda_{3,2}(t) &= G_{3,2}(t, X_t^0, \dots, X_{t-1}^0). \\ \lambda_{2,6}(t) &= G_{2,6}(t, X_t^1, \dots, X_{t-1}^1); \\ \lambda_{4,6}(t) &= G_{4,6}(t, X_t^1, \dots, X_{t-1}^1); \\ \lambda_{5,6}(t) &= G_{5,6}(t, X_t^1, \dots, X_{t-1}^1); \\ \lambda_{1,2}(t) &= G_{1,2}(t, X_t^2, \dots, X_{t-1}^2); \end{aligned} \quad (3.29)$$

Будем предполагать, что финансирование, выделяемое по всем статьям, осваивается в текущем периоде. Тогда все функции $G_{i,j}$ будут зависеть только от величин $(X_{t-1}^0, X_{t-1}^1, X_{t-1}^2)$.

С учётом этого система уравнений (19) запишется в форме

$$\begin{aligned} \frac{dm_2}{dt} &= G_{1,2}(t, X_{t-1}^2)m_1 - (\lambda_{2,3} + \lambda_{2,4} + \lambda_{2,5} + G_{2,6}(t, X_{t-1}^1) + \lambda_{2,7})m_2 + \\ &\quad + G_{3,2}(t, X_{t-1}^0)m_3 + \lambda_{4,2}m_4 + \lambda_{5,2}m_5 + \lambda_{6,2}m_6; \\ \frac{dm_3}{dt} &= \lambda_{2,3}m_2 - G_{3,2}(t, X_{t-1}^0)m_3; \\ \frac{dm_4}{dt} &= \lambda_{2,4}m_2 - (\lambda_{4,2} + G_{4,6}(t, X_{t-1}^1))m_4; \end{aligned} \quad (3.30)$$

$$\frac{dm_5}{dt} = \lambda_{2,5}m_2 - (\lambda_{5,2} + G_{5,6}(t, X_{t-1}^1))m_5;$$

$$\frac{dm_6}{dt} = G_{2,6}(t, X_{t-1}^1)m_2 + G_{4,6}(t, X_{t-1}^1)m_4 + G_{5,6}(t, X_{t-1}^1)m_5 - \lambda_{6,2}m_6.$$

В отличие от (3.27), динамическая система, описываемая уравнениями (3.30), является управляемой. Выбор стратегий финансирования ремонтов, модернизации и закупок новых объектов приводит к изменению интенсивностей перехода, а следовательно, и распределения объектов парка основных средств по состояниям.

Так как правые части уравнений (3.30) содержат слагаемые, явно зависящие от времени, рассматриваемая система является нестационарной. В связи с этим нахождение точных аналитических выражений, описывающих траектории состояний парка в общем случае представляется невозможным. Практическое решение данной задачи может быть получено с использованием численных методов.

Отметим, что выявленная зависимость траектории состояний парка основных средств от объёмов финансирования закупок, ремонтов и модернизации даёт возможность свести задачу управления парком к рассмотрению инвестиционных проектов специальной структуры.

Классический анализ инвестиционных проектов рассматривает экономические системы, ориентированные на извлечение прибыли. В соответствии с этим задача анализа заключается в сравнении затрат на реализацию проекта и получаемых от него доходов [50].

Широко используемым критерием эффективности инвестиционных проектов является показатель текущей приведённой стоимости, представляющий собой дисконтированную величину приносимой им чистой прибыли:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \beta^t (\Pi_t - X_t), \quad (3.31)$$

где $\{\Pi_t\}$, $\{X_t\}$ – соответственно, потоки доходов и затрат, возникающих при реализации проекта;

β – коэффициент дисконтирования, описывающий межвременное изменение стоимости доходов и затрат;

T – длительность периода планирования.

С учётом данного показателя задача оптимизации инвестиционного проекта может быть представлена в виде

$$NPV(a) \rightarrow \max_{a \in A}, \quad (3.32)$$

где A – множество управляемых параметров инвестиционных проектов.

С точки зрения определённых выше целевых установок, использование показателя NPV не полностью отражает эффективность управления парком основных средств.

В связи с этим стандартная постановка задачи оптимизации инвестиционного проекта должна быть дополнена для отражения специфики решаемой задачи. С этой целью может быть использован аппарат многокритериальных задач принятия решений [43].

Как указывалось в главе 2, важным критерием для предприятий ОПК служит надёжность парка основных средств, характеризующая возможность маневра ими с целью обеспечения своевременного и полного выполнения заказа. В рассматриваемом случае этот показатель будет определяться количеством объектов основных средств, используемых в производственном процессе R :

$$W = W(R). \quad (3.33)$$

Данная величина зависит от финансирования, выделенного на их закупку, ремонты и модернизацию

$$R_t = F_t(X_0, \dots, X_{t-1}), \quad (3.34)$$

где отображение $F_t(\cdot)$ определяется динамическим процессом, заданным системой (3.30).

Определение оптимального режима финансирования развития парка основных средств в этом случае представляется как многокритериальная задача:

$$V(X) = \sum_{t=0}^T \beta^t X_t \rightarrow \min, \quad (3.35)$$

$$C(R) = \min\{W(R_0), \dots, W(R_T)\} \rightarrow \max, \quad (3.36)$$

при условиях (3.34).

Дисконтированный денежный поток (3.35) в данной задаче минимизируется в связи с тем, что он включает в себя только расходы на развитие и обслуживание парка. Дополнительно вводится критерий эффективности (3.36), определяемый как минимальный уровень надёжности, обеспечиваемой парком основных средств, в течение рассматриваемого планового периода.

Будем предполагать, что W монотонно возрастает по числу исправных объектов в парке. Тогда критерий (3.36) может быть приведён к более простому виду

$$C'(R) = \min\{R_0, \dots, R_T\} \rightarrow \max. \quad (3.37)$$

Особенностью рассматриваемой задачи является то, что критерий надёжности не может быть измерен в денежном выражении, что не даёт возможности непосредственно свести её к классической однокритериальной задаче математического программирования.

В связи с этим для нахождения оптимального режима финансирования парка основных средств целесообразно использовать принципы оптимальности для многокритериальных задач.

Как указывалось ранее, основным принципом, используемым при решении многокритериальных задач, является Парето-оптимальность [43]. Для приведённой выше задачи оптимальность режима финансирования по Парето может быть сформулирована следующим образом: режим финансирования развития парка $X = \{X_t\}$ является Парето-оптимальным, если отсутствует другой допустимый режим финансирования $X' = \{X'_t\}$, такой, что выполнены условия:

$$V(X') \geq V(X), \quad C(R) \leq C(R'),$$

и хотя бы одно из них – строгое.

Экономический смысл Парето-оптимальности заключается в том, что на множестве допустимых режимов финансирования отсутствует другой режим, обеспечивающий более высокие значения показателя надёжности (3.37) при не большей, чем в текущем режиме, величине дисконтированных затрат (3.35).

Множество допустимых режимов финансирования в данной задаче формируется исходя из предъявляемых требований к уровню надёжности функционирования парка и объёму затрат.

Первое из них говорит о том, что на любом допустимом режиме финансирования доля функционирующих объектов в парке должна быть не меньше некоторого заданного уровня:

$$C(R) \geq C_0. \quad (3.38)$$

Второе представляет собой бюджетное ограничение, определяющее максимальный уровень расходов на развитие парка:

$$V(X) \geq V_0, \quad (3.39)$$

Из экономического смысла параметров следует, что данные ограничения противоречат друг другу: большее количество функционирующих объектов в составе парка может быть обеспечено только за счёт увеличения объёма расходов. Следовательно, множество допустимых режимов финансирования в данной задаче будет ограниченным (возможно, пустым).

Таким образом, определение оптимальной стратегии финансирования развития парка основных средств представляет собой определение режима X , удовлетворяющего условию Парето-оптимальности и такого, что соответствующие величины $C(R)$ и $V(X)$ удовлетворяют ограничениям допустимости (3.38) – (3.39).

Применим для решения данной задачи метод ограничений. Он заключается в сведении многокритериальной задачи к однокритериальной задаче математического программирования путём выбора одного из критериев в качестве главного и дальнейшей его оптимизации при условии, что другие критерии принимают значения, находящиеся во множестве приемлемых для лица,

принимающего решения. Известно, что решения задач оптимизации, получаемые данным методом, являются Парето-оптимальными в исходной многокритериальной задаче.

В качестве основного будем использовать критерий (3.36), представляющий собой надёжность системы, тогда как финансовая эффективность (3.35) будет играть роль ограничения на располагаемые ресурсы. В этом случае рассматриваемая задача сведётся к однокритериальной задаче оптимизации функции:

$$C(R) = \min\{W(R_0), \dots, W(R_T)\} \rightarrow \max, \quad (3.40)$$

при ограничении

$$V(X) \geq V_0, \quad (3.41)$$

а также ограничениях (3.30), описывающих режим функционирования системы.

Рассмотрим в качестве примера задачу оптимизации режима развития парка основных средств производственной системы с заданными характеристиками.

В качестве базовой рассмотрим ситуацию, когда интенсивности поступления средств из ремонтов определяются их техническими особенностями и не зависят от выделенного финансирования. Решение данной задачи будем искать в классе стационарных режимов функционирования парка, в которых его количественный состав остаётся постоянным во времени. Результаты моделирования представлены на рисунке 3.9. Видно, что при заданных интенсивностях перехода и начальных условиях количество исправных объектов основных средств в парке стабилизируется на уровне $C^0 \approx 200$ единиц.

На приведённых на рисунке 3.10 графиках представлен пример расчёта оптимального режима развития парка основных средств предприятия на горизонте планирования $T = 3$ года.

Видно, что финансирование описывается пороговой функцией:

$$X = \begin{cases} 0, & t < t_0, \\ X_{\max}, & t \geq t_0, \end{cases}$$

где момент переключения $t_0 = 13600$ ч (примерно 1,5 года).

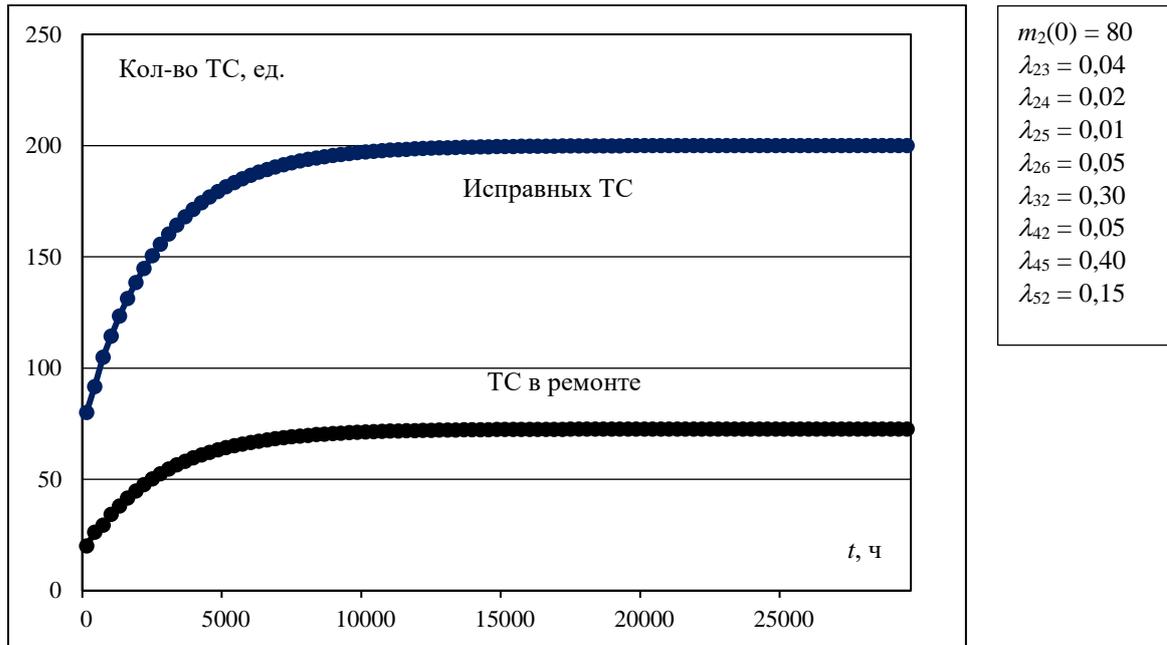


Рисунок 3.9 - Динамика парка основных средств в отсутствие финансовых ограничений

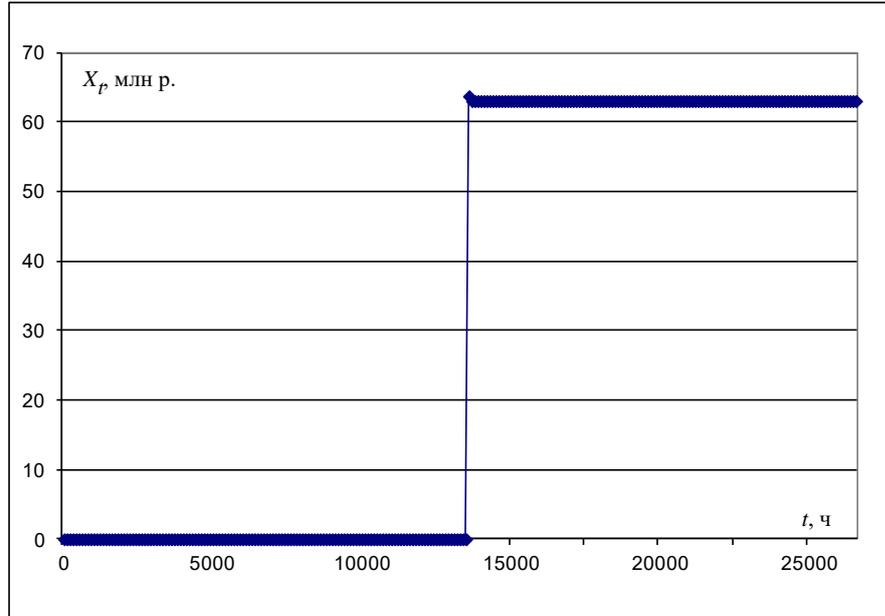
Источник: расчеты автора

В результате этого в течение первой половины планового периода устанавливается переходный режим, на котором количество исправных основных средств в парке снижается в связи с их износом.

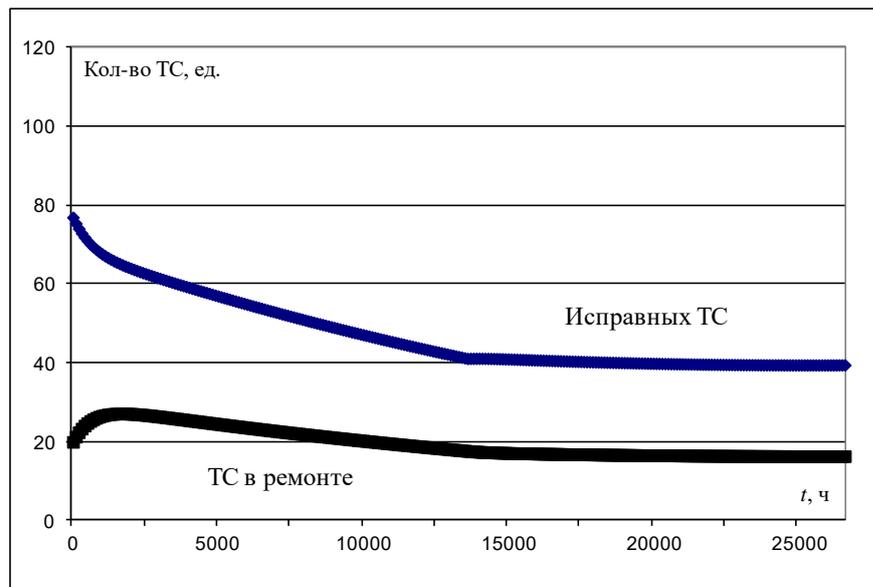
Далее финансирование поступления объектов в систему осуществляется с постоянной интенсивностью X_{\max} , такой, что количество исправных объектов на протяжении данного периода остаётся практически неизменным.

Использование данной стратегии финансирования приводит к тому, что минимальное количество исправных основных средств в течение рассматриваемого периода (29) составит $C^* = 39,5$. Это значение является максимально достижимым уровнем надёжности рассматриваемого парка при заданном бюджетном ограничении.

При наличии дополнительных ограничений на количество функционирующих объектов в системе на траектории могут возникать участки с переходными режимами.



(a)



(б)

Рисунок 3.10 - Оптимальный режим развития парка основных средств: режим финансирования (а), количество объектов в парке (б)

Источник: расчеты автора

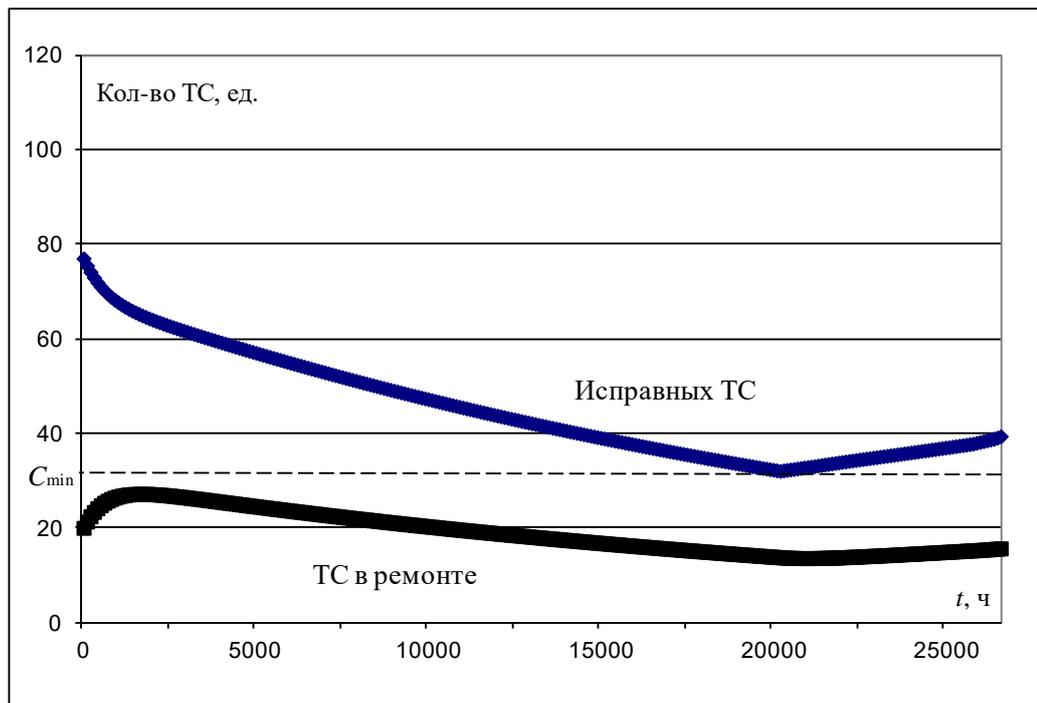


Рисунок 3.11 - Динамика числа объектов в парке при наличии краевого условия
Источник: расчеты автора

Так, на рисунке 3.11 представлена динамика числа исправных и ремонтируемых объектов, для случая, когда предъявляются дополнительные требования к количеству исправных объектов по состоянию на конец планового периода.

При этом режим финансирования будет являться возрастающей функцией, предполагающей наличие участка «форсированного» финансирования развития парка и, соответственно, переходного режима в конце интервала планирования.

Наличие в задаче бюджетного ограничения приводит к недофинансированию развития парка в предшествующий период и, соответственно, снижению минимального количества исправных объектов основных средств. В результате этого значение критерия эффективности (3.40) на данном режиме уменьшается:
 $C_{\min} = 32,04$.

Таким образом, в классе стационарных режимов функционирования рассматриваемой системы оптимальные стратегии финансирования имеют кусочно-постоянный вид, при котором финансирование развития парка

производится на заключительном этапе планового периода. Момент переключения и интенсивность финансирования выбираются из условия достижения максимально возможного количества исправных объектов основных средств на всём протяжении траектории.

При наличии краевых условий возникают участки нестационарных режимов, которые приводят к снижению значения критерия эффективности на оптимальном режиме.

Выводы по главе 3

1. Перспективным направлением повышения эффективности операционной деятельности пространственно-распределённых систем предприятий является применение цифровых технологий для реализации шеринговой модели использования ресурсов, в том числе основных производственных фондов, финансовых и нематериальных ресурсов. Данная модель предполагает сдачу в аренду временно свободных ресурсов, что позволяет проводить более гибкую политику развития и использования производственных мощностей с учётом текущей конъюнктуры рынков, способствующую повышению коэффициента их полезного использования, снижению издержек их простоя и, как следствие, увеличению операционной прибыли предприятия.

2. Стратегия шеринга активов предприятий может быть реализована в рамках подсистемы управления активами предприятий единой цифровой среды, позволяющей в реальном времени оптимизировать их использование.

3. Разработана математическая модель оптимизации использования производственных мощностей, основанная на решении производственно-транспортной задачи специфической структуры, предполагающей одновременную оптимизацию использования производственных мощностей и транспортных потоков в территориально-распределённой системе. Отличием предлагаемой модели является учёт в ней внешних эффектов, присущих деятельности предприятий ОПК, в результате чего рассматриваемая задача принимает нелинейный и многокритериальный характер.

4. Анализ модели позволил выявить три типа ситуаций, характеризующихся качественно различными оптимальными режимами:

- оптимизация мощностей не требуется;
- оптимизация мощностей приводит к снижению издержек;
- оптимизация мощностей является необходимым условием для выполнения заказов.

5. Исследовано воздействие на функционирование производственной системы введения социального критерия обеспечения равномерности загрузки мощностей. Показано, что соответствующий оптимальный режим характеризуется более равномерным по времени распределением выпуска продукции на предприятиях, а также ростом интенсивности перевозок между ними. Это приводит к возрастанию как транспортных расходов, так и расходов на хранение.

6. Разработанная модель представляет собой универсальный инструмент для решения задач оптимального использования производственных мощностей в территориально распределённых системах предприятий. Как было показано выше, он может расширяться и дополняться с целью учёта специфических особенностей производственного процесса и целевых функций различных заинтересованных сторон.

7. Разработана и исследована модель динамики парков основных средств, позволяющая учитывать при планировании весь жизненный цикл производственных активов, от их закупки у производителя до вывода из эксплуатации и утилизации, с учётом принятой инвестиционной стратегии предприятия, а также научно-технического развития.

Особенностью модели является описание в ней, наряду с технологическими факторами, финансовых ограничений, а также решений по инвестированию в развитие производственных мощностей и в организацию системы технического обслуживания и ремонтов.

8. Задача оптимизации парков основных средств рассмотрена в многокритериальной постановке, предполагающей, наряду с максимизацией экономического эффекта, обеспечение максимальной надёжности.

Сформулированы свойства оптимальных стационарных режимов развития парка для таких условий.

Интеграция динамической модели развития парков основных средств в цифровую платформу оптимизации производственных мощностей позволит осуществлять планирование производственной деятельности предприятия, а также технического обслуживания и ремонта основных средств во взаимоувязке с инвестиционной стратегией и программами инновационного развития. Ожидаемыми результатами этого является повышение эффективности использования финансовых ресурсов, выделяемых на развитие и модернизацию объектов основных средств, увеличение загрузки основных фондов и сокращение доли простаивающих мощностей.

Заключение

Проведённый в диссертации анализ влияния развития цифровых технологий на эффективность деятельности предприятий и рынков показывает, что несмотря на повышение средней производительности в промышленности, их воздействие на конкретные отрасли и предприятия является неодинаковым и определяется набором технологических и организационных факторов, а также компетенций работников, в совокупности описывающих готовность к их внедрению.

В частности, установлено, что в секторах с интенсивным использованием цифровых технологий динамичность и конкурентность рынков снижается с течением времени в связи с формированием монополистических структур и барьеров для входа новых фирм на рынки. В то же время, в традиционных отраслях промышленности внедрение цифровых технологий может привести к качественному изменению характера бизнеса и дать существенные преимущества в конкурентной борьбе.

Механизмы влияния цифровых технологий на эффективность производства разнообразны и многоплановы. Помимо собственно автоматизации бизнес-процессов, они повышают гибкость и адаптивность производства, изменяют структуру взаимосвязей и характер взаимодействия предприятия с другими заинтересованными сторонами, способы конкуренции фирм и функционирования рынков, характеристики ресурсов, используемых в производственном процессе, а также формируют новые конкурентные преимущества конечной продукции за счёт её интеллектуализации.

Оценка эффективности процесса цифровой трансформации предприятий возможна только с использованием комплексной системы показателей, характеризующей его различные аспекты. В качестве такой системы в диссертации предлагается использовать профиль цифровой трансформации предприятия, формируемый в разрезе бизнес-процессов предприятия с учётом технологической составляющей, характеристик человеческого капитала, маркетинговых стратегий и

уровня автоматизации производства. При этом важными факторами являются состояние и динамика соответствующих рынков, уровень конкуренции, а также процессы входа и выхода фирм, слияний и поглощений.

Важным фактором, стимулирующим цифровую трансформацию бизнеса, является реализация государством политики, направленной на поддержку внедрения инновационных цифровых технологий, что подтверждается опытом реализации соответствующих программ в зарубежных странах. Особенности функционирования предприятий ОПК диктуют необходимость увязки программ цифровой трансформации со стратегией реформирования Вооружённых Сил, как одного из основных заказчиков и потребителей инновационной продукции.

В России к настоящему времени в целом сформирована инфраструктура, необходимая для цифровой трансформации промышленности, накоплены существенные мощности для хранения и обработки больших данных, успешно развиваются технологии межмашинного взаимодействия, необходимые для внедрения ИИ. Однако в большинстве традиционных отраслей промышленности процесс цифровизации в настоящее время всё ещё находится на начальных этапах, что обусловлено высокой степенью неопределённости эффектов от реализации таких программ.

С целью повышения эффективности операционной деятельности разработаны положения по цифровой трансформации предприятий ОПК, предполагающие создание единого цифрового пространства, обеспечивающего информационный обмен и взаимодействие как внутри предприятия, так и с внешними заинтересованными сторонами.

На базе многофакторной модели, учитывающей циклы управления PDCA и основные направления деятельности, предложен комплекс информационных систем для реализации на предприятии цифрового производства. Описана 4-уровневая архитектура цифрового производства на основе концепции Smart Factory, включающая в себя производственные мощности предприятия с интегрированными системами автоматизации и управления производственными

процессами, цифровой двойник предприятия, а также интегрированную платформу цифрового производства.

Сформулирована дорожная карта цифровой трансформации предприятий (на примере Холдинга «Вертолёты России»), определены механизмы воздействия реализации её этапов на эффективность операционной деятельности предприятий.

С целью учёта особенностей воздействия цифровой трансформации предприятий на эффективность их операционной деятельности предложено расширить существующие методики оценки экономических выгод и издержек реализации проектов с использованием двухфакторной модели, базирующейся на показателях повышения производительности труда работников предприятия и роста оборачиваемости материальных запасов.

Работоспособность модели проверена на исходных данных, соответствующих параметрам программы цифровой трансформации Холдинга «Вертолёты России». Показано, что данная программа в среднесрочном прогнозном периоде характеризуется положительными экономическими показателями, что свидетельствует об эффективности её реализации.

С учётом особенностей функционирования предприятий ОПК, связанных с обеспечением информационной безопасности производства, развита методика оценки уровня локализации производства информационных систем, применимая к комплексным проектам цифровой трансформации предприятий. Анализ эксплуатируемых информационных систем с использованием разработанной методики позволил сделать вывод о дисбалансе уровня локализации программно-аппаратных комплексов. Специализированное программное обеспечение производственных процессов характеризуется достаточно высоким уровнем локализации. В то же время, уровень локализации аппаратной части существенно ниже, что обусловлено интенсивным использованием импортной элементной базы, прежде всего - микроэлектронных компонентов.

Данный вывод подтверждает отмечаемую рядом исследователей проблему «электронной импортозависимости» высокотехнологичных отраслей отечественной промышленности.

В рамках реализации единого информационного пространства холдинга предложено использовать в операционной деятельности подходы шеринговой экономики, в том числе при управлении основными производственными фондами, финансовыми и нематериальными ресурсами. Данная модель предполагает сдачу в аренду временно свободных ресурсов, что позволяет проводить более гибкую политику развития и использования производственных мощностей с учётом текущей конъюнктуры рынков, способствующую повышению коэффициента их полезного использования, снижению издержек их простоя и, как следствие, увеличению операционной прибыли предприятия.

Стратегия шеринга активов предприятий может быть реализована в рамках подсистемы управления активами предприятий единой цифровой среды, позволяющей в реальном времени оптимизировать их использование.

Разработана математическая модель оптимизации использования производственных мощностей, основанная на решении производственно-транспортной задачи специфической структуры, предполагающей одновременную оптимизацию использования производственных мощностей и транспортных потоков в территориально-распределённой системе. Отличием предлагаемой модели является учёт в ней внешних эффектов, присущих деятельности предприятий ОПК, в результате чего рассматриваемая задача принимает нелинейный и многокритериальный характер.

Разработанная модель представляет собой универсальный инструмент для решения задач оптимального использования производственных мощностей в территориально распределённых системах предприятий. Как было показано выше, он может расширяться и дополняться с целью учёта специфических особенностей производственного процесса и целевых функций различных заинтересованных сторон.

Разработана и исследована модель динамики парков основных средств, позволяющая учитывать при планировании весь жизненный цикл производственных активов, от их закупки у производителя до вывода из

эксплуатации и утилизации, с учётом принятой инвестиционной стратегии предприятия, а также научно-технического развития.

Особенностью модели является описание в ней, наряду с технологическими факторами, финансовых ограничений, а также решений по инвестированию в развитие производственных мощностей и в организацию системы технического обслуживания и ремонтов.

Интеграция динамической модели развития парков основных средств в цифровую платформу оптимизации производственных мощностей позволит осуществлять планирование производственной деятельности предприятия, а также технического обслуживания и ремонта основных средств во взаимосвязке с инвестиционной стратегией и программами инновационного развития. Ожидаемыми результатами этого является повышение эффективности использования финансовых ресурсов, выделяемых на развитие и модернизацию объектов основных средств, увеличение загрузки основных фондов и сокращение доли простаивающих мощностей.

Список сокращений и условных обозначений

- АРЗ - авиационный ремонтный завод
- АРМ - автоматизированное рабочее место
- АСУ - автоматизированная система управления
- ЕИП - единое информационное пространство
- ЖЦ - жизненный цикл
- ИКТ - информационно-коммуникационные технологии
- ИТ - информационные технологии
- КБ - конструкторское бюро
- КТПП - конструкторско-технологическая подготовка производства
- НСИ - нормативно-справочная информация
- ОПК - оборонно-промышленный комплекс
- ОЭСР - Организация экономического сотрудничества и развития
- ПО - программное обеспечение
- ЦОД - центр обработки данных
- ЦС - центр специализации
- ЦТ - цифровая трансформация
- BI - business intelligence (бизнес-аналитика)
- CRM - Customer Relationship Management (управление взаимоотношениями с клиентами)
- ERP - enterprise resource planning (планирование ресурсов предприятия)
- IIoT - industrial Internet of things (промышленный интернет вещей)
- PLM - product lifecycle management (управление жизненным циклом продукции)
- QMS - quality management system (система управления качеством)
- STEM - science, technology, engineering and mathematics (наука, технологии, инженерия и математика)

Список литературы

Методические и нормативные правовые документы

1. Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием : [Одобрены на заседании Президиума Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности 06 ноября 2020 года]. – Текст : электронный // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации : [сайт]. – 2020. – URL: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/metodicheskie-rekomendatsii-po-tsifrovoj-transformatsii-gk.pdf> (дата обращения: 12.05.2022).

2. Порядок использования правила адвалорной доли в качестве критерия достаточной переработки товаров, изготовленных (полученных) с использованием иностранных товаров, помещенных под таможенную процедуру свободной таможенной зоны или таможенную процедуру свободного склада : [Утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 18 ноября 2010 года № 515]. – Текст : электронный // Евразийская экономическая комиссия : [сайт]. – 2020. – URL: http://www.eurasiancommission.org/_layouts/Lanit.EEC.Desicions/Download.aspx?IsDlg=0&print=1&ID=1549 (дата обращения: 12.05.2022).

3. Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд : Постановление Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2015 года № 1236 : [С изменениями и дополнениями от: 23 марта, 20 декабря 2017 года, 20 ноября 2018 года, 30 марта 2019 года, 20 июля 2021 года] – Текст : электронный // Информационно-справочная система Гарант : [сайт]. – 2021. – URL: <https://base.garant.ru/71252170/> (дата обращения: 12.05.2022).

4. Об утверждении дополнительных требований к программам для электронных вычислительных машин и базам данных, сведения о которых включены в реестр российского программного обеспечения, и внесении изменений в Правила формирования и ведения единого реестра российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных : Постановление Правительства Российской Федерации от 23 марта 2017 года № 325 : [С изменениями и дополнениями от 7 марта 2018 года]. – Текст : электронный // Информационно-справочная система Гарант : [сайт]. – 2021. – URL: <https://base.garant.ru/71638522/> (дата обращения: 12.05.2022).

5. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» : [Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 года № 1632-р]. – Текст : электронный // Правительство Российской Федерации : [сайт]. – 2017. – URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 12.05.2022).

6. О единых правилах определения страны происхождения товаров : Соглашение между Правительством Российской Федерации, Правительством Республики Беларусь и Правительством Республики Казахстан от 25 января 2008 года. – Текст : электронный // Евразийская экономическая комиссия : [сайт]. – 2008. – URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/trade/dotp/prav_proish/Documents/Единые_правила.pdf (дата обращения: 12.05.2022).

7. О Правилах определения страны происхождения товаров в Содружестве Независимых Государств (с внесенными изменениями) : Соглашение Правительств государств - участников стран СНГ от 20 ноября 2009 года. – Текст : электронный // Евразийская экономическая комиссия : [сайт]. – 2008. – URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/trade/dotp/prav_proish/Documents/Соглашение_о_правилах_определения_страны_происхождения_товаров_в_СНГ_от_20_ноября_2009.pdf (дата обращения: 12.05.2022).

8. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы : [Утверждена указом Президента Российской Федерации от 09 мая 2017 года № 203 «О Стратегии развития информационного

общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы»] – Текст : электронный // Информационно-справочная система Гарант : [сайт]. – 2017. – URL: <https://base.garant.ru/71670570/> (дата обращения: 12.05.2022).

9. Об информации, информационных технологиях и о защите информации : Федеральный закон № 149-ФЗ : [Принят Государственной Думой 8 июля 2006 года : Одобрен Советом Федерации 14 июля 2006 года] – Текст : электронный // Информационно-справочная система Консультант : [сайт]. – 2006. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/ (дата обращения: 12.05.2022).

10. О привлечении инвестиций с использованием инвестиционных платформ и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон № 259-ФЗ : [Принят Государственной Думой 24 июля 2019 года : Одобрен Советом Федерации 26 июля 2019 года] – Текст : электронный // Информационно-справочная система Консультант : [сайт]. – 2019. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_330652/ (дата обращения: 12.05.2022).

Научные статьи и монографии

11. Адамов, А. А., Бабкин, Г. В., Лавринов, Г. А. Инновационная деятельность высокотехнологичных оборонных предприятий среднего бизнеса в условиях интенсификации научно-технического прогресса / А. А. Адамов, Г. В. Бабкин, Г. А. Лавринов – Текст : непосредственный // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2020. – № 2 (112). – С. 17-21.

12. Астапенко, М. С., Никитская, Е. Ф., Мхитарян, С. В. Регрессионный анализ влияния социально-экономических и инфраструктурных факторов на производство инновационной продукции в экономическом пространстве макрорегиона / М. С. Астапенко, Е. Ф. Никитская, С. В. Мхитарян – Текст : непосредственный // Вестник евразийской науки. – 2019. – Т. 11. – № 5. – С. 24.

13. Афанасьев, М. А., Архипов, Р. О. Система управления корпоративной эффективностью: основные аспекты и специфика внедрения в российских

организациях / М. А. Афанасьев, Р. О. Архипов – Текст : непосредственный // Управление в России: проблемы и перспективы. – 2019. – № 2. – С. 3-7.

14. Багриновский, К. А., Егорова, Н. Е., Шилов, В. В. Адаптация фирмы в условиях неопределенности рыночной конъюнктуры (на примере предприятия с серийным типом производства) / К. А. Багриновский, Н. Е. Егорова, В. В. Шилов – Текст : непосредственный // Экономический анализ: теория и практика. – 2012. – № 33 (288). – С. 2-9.

15. Багриновский, К. А., Никонова, А. А., Соколов, Н. А. Методы технологической трансформации производственной системы / К. А. Багриновский, А. А. Никонова, Н. А. Соколов – Текст : непосредственный // Экономика и математические методы. – 2016. – Т. 52. – № 1. – С. 3-19.

16. Балычев, С. Ю., Батьковский, А. М., Батьковский, М. А., Божко, В. П. Инвестиционные проекты развития предприятий оборонно-промышленного комплекса / С. Ю. Балычев, А. М. Батьковский, М. А. Батьковский, В. П. Божко – Текст : непосредственный // Вопросы радиоэлектроники. – 2016. – № 4. – С. 151-162.

17. Батьковский, А. М. Актуальные проблемы развития управления оборонно-промышленным комплексом / А. М. Батьковский, М. А. Батьковский, В. В. Клочков, П. В. Кравчук, А. В. Леонов, А. Е. Николаев, А. Ю. Пронин, В. Я. Трофимец, А. В. Фомина, Е. Ю. Хрусталева ; под редакцией А. М. Батьковского, П. В. Кравчука. – М.: ОнтоПринт, 2017. – 512 с. – Текст : непосредственный

18. Батьковский, А. М., Калачихин, П. А., Кравчук, П. В., Тельнов, Ю. Ф. Оптимизация сетевой структуры предприятия / А. М. Батьковский, П. А. Калачихин, П. В. Кравчук, Ю. Ф. Тельнов – Текст : непосредственный // Экономический анализ: теория и практика. – 2019. – Т. 18. – № 2 (485). – С. 252-264.

19. Безделов, С. А. Финансовая цифровизация для стимулирования регионального развития и смягчения санкционных рисков / С. А. Безделов – Текст : непосредственный // Федерализм – 2018. – № 2 (90). – С. 129-140.

20. Бендиков, М. А., Ганичев, Н. А. Электронная импортозависимость и пути её преодоления (на примере космической промышленности) / М. А. Бендиков, Н. А. Ганичев – Текст : непосредственный // Экономический анализ: теория и практика. – 2015. – № 3. – С. 2-17.

21. Бендиков, М. А., Мищенко, А. В., Солодовников, В. В. Экономико-математический подход к тактическому планированию цепи поставок географически распределенных промышленных предприятий (на примере угольного холдинга) / М. А. Бендиков, А. В. Мищенко, В. В. Солодовников – Текст : непосредственный // Логистика и управление цепями поставок. – 2019. – № 3 (92). – С. 18-28.

22. Бендиков, М. А., Фролов, И. Э., Ганичев, Н. А. Миссия опытного производства машиностроения в цифровой среде / М. А. Бендиков, И. Э. Фролов, Н. А. Ганичев – Текст : непосредственный // Стратегическое планирование и развитие предприятий : Материалы XX Всероссийского симпозиума. – М.: ЦЭМИ РАН. – 2019. – С. 528-531.

23. Бендиков, М. А. Государственно-частное партнерство как механизм развития инновационной инфраструктуры / М. А. Бендиков – Текст : непосредственный // Аудит и финансовый анализ. – 2016. – № 1. – С. 357-366.

24. Бендиков, М. А., Фролов, И. Э. Высокотехнологичный экспорт как фактор промышленного роста / М. А. Бендиков, И. Э. Фролов – Текст : непосредственный // Экономическая наука современной России. – 2008. – № S1. – С. 58-60.

25. Божко, В. П. Совершенствование механизмов развития высокотехнологичных производств / В. П. Божко – Текст : непосредственный // Результаты научных исследований. Сб. статей Международной научно-практической конференции. – Тюмень, 2016. – С. 19-21.

26. Борисов, В. Н., Почукаева, О. В. Метод оценивания процесса импортозамещения на российском рынке инвестиционного оборудования и его статистическое обеспечение / В. Н. Борисов, О. В. Почукаева – Текст : непосредственный // Вестник НГУЭУ. – 2019. – № 3. – С. 94-108.

27. Борисов, В. Н., Почукаева, О. В. Анализ и прогноз конкурентоспособности российской инвестиционной техники на рынках дальнего зарубежья / В. Н. Борисов, О. В. Почукаева – Текст : непосредственный // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2021. – Т. 14. – № 2. – С. 43-58.

28. Бром, А. Е., Картвелишвили, В. М., Омельченко, И. Н. Теория и практика моделирования динамики экономических систем в промышленности / А. Е. Бром, В. М. Картвелишвили, И. Н. Омельченко. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 216 с. – Текст : непосредственный

29. Викулов, С. Ф. Военно-экономические аспекты управления обеспечением военной безопасности / С. Ф. Викулов – Текст : непосредственный // Управление экономикой: методы, модели, технологии. Материалы XIX Международной науч. конф. – 2019. – С. 54-57.

30. Виленский, П. Л., Лившиц, В. Н., Смоляк, С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика / П. Л. Виленский, В. Н. Лившиц, С. А. Смоляк – М.: ПолиПринт Сервис, 2015. – 1300 с. – Текст : непосредственный

31. Волкова, И. О., Шувалова, Д. Г., Смирнов, Д. А. Методы локализации производства оборудования и технологий в системе стратегического управления электросетевой компанией / И. О. Волкова, Д. Г. Шувалова, Д. А. Смирнов – Текст : непосредственный // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. – 2012. – № 1. – С. 15.

32. Волощук, С. Д., Колесник, Г. В., Невская, Е. М. Учет нерыночных факторов в оценке стоимости предприятий оборонно-промышленного комплекса. / С. Д. Волощук, Г. В. Колесник, Е. М. Невская. – М.: Центр оборонных проблем Академии военных наук, 2006. – 158 с. – Текст : непосредственный

33. Голикова, А. Ключевые аспекты функционирования краудфандинга / А. Голикова – Текст : непосредственный // Банковский вестник. – 2019. – № 9 (674). – С. 33-43.

34. Голиченко, О. Г. Государственная политика и провалы национальной инновационной системы / О. Г. Голиченко – Текст : непосредственный // Вопросы экономики. – 2017. – № 2. – С. 97-108.

35. Голиченко, О. Г., Самоволева, С. А., Оболенская, Л. В., Балычева, Ю. Е. Формирование и эволюция модели "подхватывания" технологий / О. Г. Голиченко, С. А. Самоволева, Л. В. Оболенская, Ю. Е. Балычева – Текст : непосредственный // Журнал экономической теории. – 2019. – Т. 16. – № 3. – С. 331-345.

36. Гольштейн, Е. Г., Соколов, Н. А. Декомпозиционный метод решения производственно-транспортных задач / Е. Г. Гольштейн, Н. А. Соколов – Текст : непосредственный // Экономика и математические методы. – 1997. – Т. 33. – № 1. – С. 112-128.

37. Грачёв, И. Д., Колесник, Г. В., Бендиков, М. А. Определение направлений развития производственных комплексов в интересах реализации политики импортозамещения на примере электротехнического оборудования / И. Д. Грачёв, Г. В. Колесник, М. А. Бендиков – Текст : непосредственный // Экономический анализ: теория и практика. – 2017. – Т. 16. – Вып. 1. – С. 4–18.

38. Гурова, И. М. Дистанционная работа как тренд времени: результаты массового опыта / И. М. Гурова – Текст : непосредственный // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2020. – Т. 11. – № 2. – С. 128-147.

39. Днепровская, Н. В. Исследование перехода предприятий к цифровой экономике / Н. В. Днепровская – Текст : непосредственный // Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова. – 2019. – № 4 (106). – С. 54-65.

40. Дрогобыцкий, И. Н. Моделирование, планирование и контроль процессов цифровизации национальной экономики / И. Н. Дрогобыцкий – Текст : непосредственный // Экономическая наука современной России. – 2020. – № 2 (89). – С. 102-113.

41. Дроговоз, П. А., Гарина, И. О. Анализ транзакционных издержек в контрактах жизненного цикла в машиностроительной отрасли / П. А. Дроговоз, И. О. Гарина – Текст : непосредственный // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 9 (122). – С. 1105-1111.

42. Дроговоз, П. А., Куликов, С. А., Ралдугин, О. В. Национальные модели стратегического развития оборонной промышленности: зарубежный опыт и отечественная практика / П. А. Дроговоз, С. А. Куликов, О. В. Ралдугин – Текст : непосредственный // Экономические стратегии. – 2016. – № 4. – С.20-37.

43. Дубов, Ю. А., Травкин, С. И., Якимец, В. Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем / Ю. А. Дубов, С. И. Травкин, В. Н. Якимец. – М.: Наука, 1986. – 296 с. – Текст : непосредственный

44. Дуброва, Т. А., Ермолина, А. А. Детерминанты инновационной активности предприятий обрабатывающей промышленности России / Т. А. Дуброва, А. А. Ермолина – Текст : непосредственный // Друкеровский вестник. – 2019. – № 5 (31). – С. 79-89.

45. Дуброва, Т. А., Есенин, М. А. Облачные сервисы в малом и среднем предпринимательстве: проблемы и перспективы / Т. А. Дуброва, М. А. Есенин – Текст : непосредственный // Экономические системы. – 2020. – Т. 13. – № 4. – С. 21-31.

46. Ерешко, Ф. И., Турко, Н. И. Процедуры организации государственно-частного партнёрства в отраслях промышленности / Ф. И. Ерешко, Н. И. Турко – Текст : непосредственный // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. – 2016. – № 6. – С. 49-56.

47. Загидуллин, Р. Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP / Р. Р. Загидуллин. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 371 с. – Текст : непосредственный

48. Иовлев, Г. А., Зорков, В. С. Оценка влияния объемов и сроков вложения денежных средств в техническую готовность парка транспортно-технологических машин на предприятиях АПК / Г. А. Иовлев, В. С. Зорков – Текст : непосредственный // Агропродовольственная политика России. – 2013. – № 1 (13). – С. 27-37.

49. Карачев, А. А. Методические рекомендации по организации цифрового производства на предприятиях ОПК как инструмент мониторинга процессов цифровизации / А. А. Карачев – Текст : электронный // VII форум

«Информационные технологии на службе оборонно-промышленного комплекса» ИТОПК-2018 : [сайт]. – 2018. – URL: <https://итопк.рф/wp-content/uploads/2018/05/Karachyov-20.04.18.pdf> (дата обращения: 22.12.2021).

50. Картвелишвили, В. М., Крынецкий, Д. С., Лебедюк, Э. А. Системно-динамическая модель иерархических отношений социально-экономических субъектов / В. М. Картвелишвили, Д. С. Крынецкий, Э. А. Лебедюк – Текст : непосредственный // Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова. – 2017. – № 3 (93). – С. 127-141.

51. Кещян, В. Г. Проблемы оценки инвестиций в IT-проекты и совершенствования систем управления коммерческими организациями / В. Г. Кещян – Текст : непосредственный // Финансы и кредит. – 2013. – № 19 (547). – С. 36-39.

52. Китова, О. В. Модели и технологии цифровой трансформации предприятий / О. В. Китова – Текст : непосредственный // Цифровизация общества: состояние, проблемы, перспективы. Материалы VI Всерос. научно-практической конференции. – М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2019. – С. 102-108.

53. Китова, О. В. Разработка моделей, методов и информационно-аналитических технологий повышения результативности государственного и корпоративного управления в условиях цифровой трансформации / О. В. Китова – Текст : непосредственный // Плехановский научный бюллетень. – 2017. – № 2 (12). – С. 91-96.

54. Клейнер, Г. Б. Интеллектуальная экономика цифрового века. Цифровой век: шаги эволюции / Г. Б. Клейнер – Текст : непосредственный // Экономика и математические методы. – 2020. – Т. 56. – № 1. – С. 18-33.

55. Клейнер, Г. Б. Декоммерциализация общества - условие интеллектуализации экономики / Г. Б. Клейнер – Текст : непосредственный // Экономическое возрождение России. – 2021. – № 1 (67). – С. 23-30.

56. Клочков, В. В. Влияние технологий «цифровой экономики» на индустриальный сектор / В. В. Клочков – Текст : непосредственный // Друкерровский вестник. – 2018. – № 2 (22). – С. 59-67.

57. Ключков, В. В. Искусственный интеллект и цифровая экономика: социальные аспекты / В. В. Ключков – Текст : непосредственный // Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика. Материалы 1-й Международной научно-практической конф. – М.: ГУУ, 2017. – С. 26-33.

58. Колесник, Г. В., Рыбаков, М. Б. Модель оптимизации структуры основных фондов предприятия в условиях цифровой трансформации / Г. В. Колесник, М. Б. Рыбаков – Текст : непосредственный // Экономический анализ. Теория и практика. – 2021. – Т. 20. – Вып. 2. – С. 357-378.

59. Колесник Г.В., Рыбаков М.Б. Математическая модель совместного использования производственных мощностей предприятий машиностроения / Г. В. Колесник, М. Б. Рыбаков – Текст : непосредственный // Экономика и математические методы. – 2021. – Т. 57. – № 4. – С. 96-107.

60. Косоруков, О. А., Цурков, В. И. Задачи минимизации времени перевозок в сетях с переменными интенсивностями потоков / О. А. Косоруков, В. И. Цурков – Текст : непосредственный // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2021. – № 3. – С. 71-84.

61. Кошовец, О. Б., Ганичев, Н. А. Глобальная цифровая трансформация и ее цели: декларации, реальность и новый механизм роста / О. Б. Кошовец, Н. А. Ганичев – Текст : непосредственный // Экономическая наука современной России. – 2018. – № 4 (83). – С. 126-143.

62. Лавринов, Г. А. Диверсификация производства оборонно-промышленного комплекса: проблемы и направления повышения ее эффективности / Г. А. Лавринов – Текст : непосредственный // Проблемы и перспективы развития промышленности России. Материалы III Международной научно-практической конференции. – М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2018. – С. 15-20.

63. Лебедев, В. В., Лебедев, К. В., Михайлов, А. А. К вопросу о применимости производственных функций для системного анализа реальной экономики / В. В. Лебедев, К. В. Лебедев, А. А. Михайлов – Текст :

непосредственный // Системный анализ в науке и образовании. – 2014. – № 1. – С. 90-96.

64. Логачева, А. И. Вещевая служба военной организации государства в условиях цифровизации экономики и промышленности / А. И. Логачева – Текст : непосредственный // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. – 2018. – № 2 (36). – С. 41-45.

65. Львов, Д. С., Медницкий, В. Г., Медницкий, Ю. В., Овсиенко, Ю. В. Об оценке эффективности функционирования крупномасштабных хозяйственных объектов / Д. С. Львов, В. Г. Медницкий, Ю. В. Медницкий, Ю. В. Овсиенко – Текст : непосредственный // Экономика и мат. методы. – 1996. – Т. 32. – Вып. 1. – С. 5-18.

66. Манилов, А. Н. Итеративный алгоритм решения производственно-транспортных задач размещения с нелинейной функцией затрат на производство / А. Н. Манилов – Текст : непосредственный // Известия СПбГАУ. – 2017. – № 49. – С. 237-244.

67. Маркова, В. Ю., Шувалова, Д. Г. Разработка методики оценки уровня локализации для предприятий электротехники и энергомашиностроения / В. Ю. Маркова, Д. Г. Шувалова – Текст : непосредственный // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2015. – № 6. – С. 73-80

68. Матвеева, Е. А., Смагина, С. Г. Моделирование и оптимизация загрузки производственных мощностей предприятия с мелкосерийным типом производства / Е. А. Матвеева, С. Г. Смагина – Текст : непосредственный // Отходы и ресурсы. – 2019. – Т. 6. – № 2. – DOI: 10.15862/16ECOR219.

69. Медницкий, В. Г., Фаттахов, Р. В., Бушанский, С. П. Крупномасштабные инвестиционные проекты: Моделирование и экономическая оценка / В. Г. Медницкий, Р. В. Фаттахов, С. П. Бушанский. – М.: Наука, 2003. – 264 с. – Текст : непосредственный

70. Мельникова, Е. А., Макаров, В. И., Брагина, З. В. Самовоспроизводящиеся инновации: цифровизация рыночных процессов / Е. А.

Мельникова, В. И. Макаров, З. В. Брагина – Текст : непосредственный // Medline.ru. Российский биомедицинский журнал. – 2018. – Т. 19. – № 4. – С. 1229-1244.

71. Меркулина, И. А. Теоретические аспекты формирования понятия «цифровая экономика» / И. А. Меркулина – Текст : непосредственный // Фундаментальные и прикладные вопросы эффективного предпринимательства: новые решения, проекты, гипотезы. – М.: «Дашков и К», 2017. – С. 311-313.

72. Мищенко, А. В., Пилюгина, А. В. Динамические модели управления научно-производственными системами / А. В. Мищенко, А. В. Пилюгина – Текст : непосредственный // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2019. – № 2 (125). – С. 56-75.

73. Назарова, В. В., Ильина, М. Е. Оценка стоимости компаний информационно-технологического сектора (ИТ-сектора) / В. В. Назарова, М. Е. Ильина – Текст : электронный // Интернет-журнал Науковедение. – 2014. – № 3 (22). – С. 50. – URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/118EVN314.pdf> (дата обращения: 27.01.2021).

74. Никитская, Е. Ф., Мхитарян, С. В., Астапенко, М. С. Анализ факторов развития инновационной деятельности в экономическом пространстве макрорегиона / Е. Ф. Никитская, С. В. Мхитарян, М. С. Астапенко – Текст : непосредственный // Федерализм. – 2019. – № 2 (94). – С. 116-137.

75. Ничипоренко, А. Локализация по законам глобализации / А. Ничипоренко – Текст : непосредственный // Журнал ИКС. – 2011. – № 4. – С. 35-36.

76. Нуруллаева, Э. Р., Франчук, М. В. Экономический эффект от изменения оборачиваемости активов / Э. Р. Нуруллаева, М. В. Франчук – Текст : непосредственный // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 4. – С. 154-155

77. Пайсон, Д. Б. Матричное моделирование взаимодействия участников цепочек создания ценности в задачах управления структурным преобразованием ракетно-космической промышленности / Д. Б. Пайсон – Текст : непосредственный // Проблемы управления. – 2016. – № 6. – С. 26 – 34.

78. Панфилова, Е. Е. Управление внедрением и сопровождением информационных систем на промышленном предприятии / Е. Е. Панфилова – Текст : непосредственный // Сила систем. – 2019. – № 3 (12). – С. 6-31.

79. Пименов, В. В. Промышленная политика: основные направления и приоритеты в условиях цифровой трансформации / В. В. Пименов – Текст : непосредственный // Вооружение и экономика. – 2017. – № 5 (42). – С. 49-56.

80. Петроченков, А. Б., Бочкарёв, С. В., Ромодин, А. В., Елтышев, Д. К. Планирование процесса эксплуатации электротехнического оборудования с использованием теории марковских процессов / А. Б. Петроченков, С. В. Бочкарёв, А. В. Ромодин, Д. К. Елтышев – Текст : непосредственный // Электротехника. – 2011. – № 11. – С. 20 - 24.

81. Платонова, Е. Д. Исследование генезиса и эволюции концепции шеринговой экономики в зарубежных публикациях (по материалам базы данных Scopus) / Е. Д. Платонова – Текст : непосредственный // Вестник евразийской науки. – 2019. – Т. 11. – №1. – С. 34-45.

82. Плотников, В. А., Вертакова, Ю. В. Импортозамещение: теоретические основы и перспективы реализации в России / В. А. Плотников, Ю. В. Вертакова – Текст : непосредственный // Экономика и управление. – 2014. – № 11. – С. 38-47.

83. Полтерович, В. М. Институциональные ловушки и экономические реформы / В. М. Полтерович – Текст : непосредственный // Экономика и математические методы. – 1999. – Т. 35. – № 2. – С. 3-20.

84. Попович, Л. Г., Дроговоз, П. А. Организационно-экономическое проектирование интегрированных производственных структур в оборонно-промышленном комплексе РФ / Л. Г. Попович, П. А. Дроговоз – Текст : непосредственный // Аудит и финансовый анализ. – 2009. – № 1. – С. 284-302.

85. Потапов, А. П. Ресурсное обеспечение продовольственной независимости России в условиях экономических санкций / А. П. Потапов – Текст : непосредственный // Научное обозрение: теория и практика. – 2016. – № 2. – С. 29-39.

86. Потравный, И. М., Новоселов, А. Л., Новоселова, И. Ю. Развитие методов экономической оценки ущерба от загрязнения окружающей среды и их практическое применение / И. М. Потравный, А. Л. Новоселов, И. Ю. Новоселова – Текст : непосредственный // Экономическая наука современной России. – 2018. – № 3 (82). – С. 35-48.

87. Ревенко, Н. С. Европейский Союз на пути к единому цифровому рынку / Н. С. Ревенко – Текст : непосредственный // Мир новой экономики. – 2016. – № 2. – С. 6-15.

88. Рогулин, Р. С., Нечаев, П. В., Плешанов, Д. Е. Обобщение задач транспортной, учета времени, максимального потока в рамках единой экономической модели / Р. С. Рогулин, П. В. Нечаев, Д. Е. Плешанов – Текст : непосредственный // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 9 (98). – С. 813-816.

89. Рожков, А. А., Сукачев, А. Б., Карпенко, С. М. Импортозависимость в угольной промышленности и перспективы импортозамещения горно-шахтного оборудования / А. А. Рожков, А. Б. Сукачев, С. М. Карпенко – Текст : непосредственный // Горная промышленность. – 2017. – № 2 (132). – С. 25.

90. Рыбаков, М. Б. Формирование единого информационного пространства в контексте цифровой трансформации машиностроительного холдинга / М. Б. Рыбаков – Текст : непосредственный // Экономический анализ. Теория и практика. – 2022. – № 3. – С. 442-460.

91. Рыбаков, М. Б., Колесник, Г. В. Оценка влияния цифровых технологий на эффективность промышленного предприятия / М. Б. Рыбаков, Г. В. Колесник – Текст : непосредственный // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2020. – Т. 16. – № 8. – С. 1545-1565.

92. Рыбаков, М. Б., Колесник, Г. В. Реинжиниринг бизнес-процессов высокотехнологичных предприятий машиностроения в условиях цифровизации / М. Б. Рыбаков, Г. В. Колесник – Текст : непосредственный // Экономика отраслевых рынков: формирование, практика и развитие. Материалы V Всерос. научно-практич. конф. – М.: Дашков и К, 2021. – С. 170-176.

93. Рыбаков, М. Б., Колесник, Г. В. Оценка влияния цифровых технологий на производительность промышленных предприятий / М. Б. Рыбаков, Г. В. Колесник – Текст : непосредственный // Трансформация предпринимательской деятельности: новые технологии, эффективность, перспективы. Материалы VIII международного научного конгресса. – М.: Финуниверситет, 2020. – С. 334-341.

94. Седунова, Р. Т., Голиченко, О. Г. Технологический оптимум производства инновационной продукции на предприятиях России / Р. Т. Седунова, О. Г. Голиченко – Текст : непосредственный // Друкеровский вестник. – 2021. – № 4 (42). – С. 73-88.

95. Селезнева, И. Е., Ключков, В. В. Проблемы принятия решений в сфере инновационного развития российской высокотехнологичной промышленности / И. Е. Селезнева, В. В. Ключков – Текст : непосредственный // Друкеровский вестник. – 2020. – № 2 (34). – С. 89-106.

96. Селезнева, И. Е. Организационные и экономические механизмы государственного регулирования развития высокотехнологичной промышленности : специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / И. Е. Селезнева ; Центральный экономико-математический институт РАН. – Москва, 2018. – 160 с. – Текст : непосредственный.

97. Соловьев, А. И., Куприяновский, В. П., Соловьев, С. А. Единый цифровой рынок Европейского Союза: текущие состояние и направления развития / А. И. Соловьев, В. П. Куприяновский, С. А. Соловьев – Текст : непосредственный // Int-1 J. of Open Information Technologies. – 2017. – Vol. 5. – No. 10. – P. 47-54.

98. Тельнов, Ю. Ф. Цифровые двойники и цифровая трансформация предприятий / Ю. Ф. Тельнов – Текст : непосредственный // Цифровая экономика: тенденции и перспективы развития. Сб. тезисов докладов национальной научно-практической конференции. – М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2020. – С. 63-65.

99. Титов, В. А. Сквозные технологии цифровой трансформации / В. А. Титов – Текст : непосредственный // Цифровая экономика: тенденции и

перспективы развития. Сб. тезисов докладов национальной научно-практической конференции. – М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2020. – С. 66-67.

100. Титов, В. А., Вейнберг, Р. Р., Галстян, Н., Тимофеев, А. Г., Неделькин, А. А. Нейронные сети как часть цифровой экономики Российской Федерации / В. А. Титов, Р. Р. Вейнберг, Н. Галстян, А. Г. Тимофеев, А. А. Неделькин – Текст : непосредственный // Транспортное дело России. – 2018. – № 5. – С. 41-43.

101. Толстикова, В. А., Убайдуллаева, У. М. Международный лизинг и особенности его использования в России / В. А. Толстикова, У. М. Убайдуллаева – Текст : непосредственный // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2020. – № 2 (70). – С. 59-71. – DOI: 10.24143/1812-9498-2020-2-59-71.

102. Турко, Н. И., Цвиркун, А. Д., Чурсин, А. А., Ерешко, Ф. И. Синтез организационных структур в крупномасштабных проектах цифровой экономики / Н. И. Турко, А. Д. Цвиркун, А. А. Чурсин, Ф. И. Ерешко – Текст : непосредственный // Автоматика и телемеханика. – 2018. – № 10. – С. 121-142.

103. Туякова, З. С., Черемушникова, Т. В. Особенности учета и оценки основных средств на различных этапах их жизненного цикла в соответствии с требованиями МСФО / З. С. Туякова, Т. В. Черемушникова – Текст : непосредственный // Международный бухгалтерский учет. – 2015. – № 38 (380). – С. 2-23.

104. Уринцов, А. И., Староверова, О. В., Свиридова, Е. С. Перспективные digital-тренды и их влияние на развитие цифровой экономики / А. И. Уринцов, О. В. Староверова, Е. С. Свиридова – Текст : непосредственный // Вестник Московского университета МВД России. – 2019. – № 4. – С. 268-272. – DOI: 10.24411/2073-0454-2019-10237.

105. Уринцов, А. И., Староверова, О. В. Некоторые тенденции информатизации общества / А. И. Уринцов, О. В. Староверова – Текст : непосредственный // Образование. Наука. Научные кадры. – 2016. – № 4. – С. 125-128.

106. Фёдоров, И. Г. Комплексная трансформация предприятия при переходе к процессному управлению / И. Г. Фёдоров – Текст : непосредственный // Открытое образование. – 2015. – № 6 (113). – С. 52-59.

107. Фёдоров, И. Г. Реинжиниринг 2.0: цифровая трансформация бизнеса / И. Г. Фёдоров – Текст : непосредственный // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2018) : Сб. науч. трудов XXI Российской научной конференции. – М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2018. – С. 320-325.

108. Халиков, М. А. Методы и модели оценки уровня достижения показателей цифровой трансформации организации / М. А. Халиков – Текст : непосредственный // В сб.: Цифровая экономика: тенденции и перспективы развития. Тезисы докладов национальной научно-практической конференции. – М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2020. – С. 77-79.

109. Халиков, М. А., Никифорова, М. А. Модели моно- и многопродуктовой фирмы в рамках неоклассического подхода / М. А. Халиков, М. А. Никифорова – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2018. – № 4. – С. 130-137.

110. Хрусталёв, Е. Ю. Методы оптимизации инвестиций в производственную инфраструктуру наукоемких и высокотехнологичных предприятий в условиях неопределенности и риска / Е. Ю. Хрусталёв – Текст : непосредственный // Аудит и финансовый анализ. – 2018. – № 2. – С. 257-263.

111. Хрусталёв, Е. Ю., Хрусталёв, О. Е. Моделирование жизненного цикла программы создания наукоемкой продукции / Е. Ю. Хрусталёв, О. Е. Хрусталёв – Текст : непосредственный // Экономический анализ: теория и практика. – 2012. – № 16. – С. 2-12.

112. Циренщиков, В. С. Цифровизация экономики Европы / В. С. Циренщиков – Текст : непосредственный // Современная Европа. – 2019. – №3. – С. 104-113. – DOI: 10.15211/soveurope 32019104113.

113. Чаднов, А. П., Гудков, М. А., Гель, В. Э. "Цифровые" Вооруженные Силы Российской Федерации. Часть 1. Роль военных сетевых цифровых технологий в строительстве и развитии ВС РФ нового облика / А. П. Чаднов, М. А.

Гудков, В. Э. Гель – Текст : непосредственный // Информация и космос. – 2018. – № 1. – С. 25-32.

114. Шваб, К. Четвёртая промышленная революция / К. Шваб – М.: ЭКСМО, 2016. – 288 с. – Текст : непосредственный

115. Швец, Н. Н. Реализация стратегии импортозамещения в контексте обеспечения энергетической безопасности России / Н. Н. Швец – Текст : непосредственный // Вестник Академии военных наук. – 2016. – № 2 (55). – С. 139-144.

116. Швец, Н. Н. Импортозамещение: границы энергетической безопасности / Н. Н. Швец – Текст : непосредственный // Вестник МГИМО-Университета. – 2016. – № 1 (46). – С. 180-187.

117. Швец, Н. Н., Романов, В. В., Ткачева, О. В. Модель оценки эффективности динамики стратегических направлений производственной деятельности предприятия ОПК / Н. Н. Швец, В. В. Романов, О. В. Ткачева – Текст : непосредственный // Вестник Академии военных наук. – 2007. – № 4 (21). – С. 135-140.

118. Швец, Н. Н., Лунин, К. А., Колесник, Г. В., Дядькин, И. А. Методологический подход к определению понятий «продукция российского происхождения» и «российский производитель» / Н. Н. Швец, К. А. Лунин, Г. В. Колесник, И. А. Дядькин – Текст : непосредственный // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2015. – № 38. – С. 10-21.

119. Швец, Н. Н., Лунин, К. А., Колесник, Г. В., Дядькин, И. А. Об определении страны происхождения высокотехнологичной продукции (на примере вторичного электротехнического оборудования) / Н. Н. Швец, К. А. Лунин, Г. В. Колесник, И. А. Дядькин – Текст : непосредственный // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2016. – № 12. – С. 44-54.

120. Шмелева, А. Н., Безделов, С. А., Рыбаков, М. Б. Перспективы развития шеринговой экономики в России / А. Н. Шмелева, С. А. Безделов, М. Б. Рыбаков – Текст : непосредственный // Компетентность. – 2020. – № 7. – С. 4-10.

121. Шумов, Д. В. Формирование эффективного парка технических средств предприятий по оказанию услуг населению / Д. В. Шумов – Текст : непосредственный // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2012. – Т. 8. – № 3. – С. 57-61.

122. Юдин, Д. Б., Гольштейн, Е. Г. Задачи и методы линейного программирования. Задачи транспортного типа / Д. Б. Юдин, Е. Г. Гольштейн – М.: URSS, 2010 – 320 с. – Текст : непосредственный.

123. Яшина, М. Н., Бочарова, С. В., Пименов, В. В. Модернизация промышленных предприятий в условиях цифровой экономики / М. Н. Яшина, С. В. Бочарова, В. В. Пименов – Текст : непосредственный // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2018. – № 4 (73). – С. 22-27.

124. Ящура, А. И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования. Справочник / А. И. Ящура – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 360 с. – Текст : непосредственный.

125. Arnold, J., Javorcik, B., Mattoo, A. Does services liberalization benefit manufacturing firms? Evidence from the Czech Republic / J. Arnold, B. Javorcik, A. Mattoo – Текст : непосредственный // Journal of International Economics. – 2011. – Vol. 85. № 1. – P. 136-146. – DOI: 10.1016/j.jinteco.2011.05.002

126. Autor, D., Dorn, D., Katz, L., Patterson, C., Van Reenen, J. Concentrating on the Fall of the Labor Share / D. Autor, D. Dorn, L. Katz, C. Patterson, J. Van Reenen – Текст : непосредственный // American Economic Review Papers and Proc. – 2017. – Vol. 107. – № 5. – P. 180–185.

127. Baines, T. S., Lightfoot, H. W., Benedettini, O., Kay, J. M. The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges / T. S. Baines, H. W. Lightfoot, O. Benedettini, J. M. Kay – Текст : непосредственный // J. of Manufacturing Technology Management. – 2009. – Vol. 20 (5). – P. 547-567. – DOI: 10.1108/17410380910960984

128. Bajgar, M., Berlingieri, G., Calligaris, S., Criscuolo, C., Timmis, J. Industry Concentration in Europe and North America / M. Bajgar, G. Berlingieri, S. Calligaris, C.

Criscuolo, J. Timmis – Текст : непосредственный // OECD Productivity Working Papers. – 2019. – № 18. – DOI: 10.1787/2ff98246-en

129. Batkovskiy, A. M., Batkovskiy, M. A., Klochkov, V. V., Semenova, E. G., Fomina, A. V. Analysis of the efficiency of specialization centers formation in high-tech industry / A. M. Batkovskiy, M. A. Batkovskiy, V. V. Klochkov, E. G. Semenova, A. V. Fomina – Текст : непосредственный // J. of Applied Economic Sciences. – 2017. – No. 12(3). – P. 671–686.

130. Bettoni A., Barni, A., Sorlini, M., Menato, S., Giorgetti, P., Landolfi G. Multi-Sided Digital Manufacturing Platform Supporting Exchange of Unused Company Potential / A. Bettoni, A. Barni, M. Sorlini, S. Menato, P. Giorgetti, G. Landolfi – Текст : непосредственный // IEEE Int-l Conf. on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC). – 2018. – P. 1-9. – DOI: 10.1109/ICE.2018.8436294.

131. Bowersox, D. J., Closs, D. J., Drayer, R. W. The digital transformation: Technology and beyond / D. J. Bowersox, D. J. Closs, R. W. Drayer – Текст : непосредственный // Supply Chain Management Rev. – 2005 – No. 9 (1) – P. 22-29.

132. Boyd, D., Crawford, K. Critical questions for Big Data / D. Boyd, K. Crawford – Текст : непосредственный // Information, Communication & Society. – 2012. – Vol. 15(5). – P. 662-679. – DOI: 10.1080/1369118X.2012.678878

133. Brynjolfsson, E., Rock, D., Syverson, C. Artificial intelligence and the modern productivity paradox: A clash of expectations and statistics / E. Brynjolfsson, D. Rock, C. Syverson – Текст : непосредственный // The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda. – Univ. of Chicago Press. – 2019. – P. 23 – 51.

134. Calvino, F., Criscuolo, C., Marcolin, L., Squicciarini, M. A taxonomy of digital intensive sectors / F. Calvino, C. Criscuolo, L. Marcolin, M. Squicciarini – Текст : непосредственный // OECD Science, Technology and Industry Working Papers. – 2018. – № 2018/14. – DOI: 10.1787/f404736a-en

135. Calvino, F., Criscuolo, C. Business dynamics and digitalization / F. Calvino, C. Criscuolo – Текст : непосредственный // OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. – 2019. – № 62. – DOI: 10.1787/6e0b011a-en

136. Cheng, M. Sharing economy: A review and agenda for future research / M. Cheng – Текст : непосредственный // Int-l J. of Hospitality Management. – 2016. – Vol. 57. – P. 60-70. – DOI: 10.1016/j.ijhm.2016.06.003

137. Christensen, C. M. The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail / C. M. Christensen – Boston: Harvard Business School Press, 1997. – 256 p. – Текст : непосредственный

138. Colecchia, A., Schreyer, P. The contribution of information and communication technology to economic growth in nine OECD countries. / A. Colecchia, P. Schreyer – Текст : непосредственный // OECD Economic Studies. – 2002. – № 34. – P. 153 - 171.

139. David, P. A. The dynamo and the computer: an historical perspective on the modern productivity paradox / P. A. David – Текст : непосредственный // AEA Papers and Proc. – 1990. – Vol. 80. – № 2. – P. 355-361.

140. Draca, M., Sadun, R., Van Reenen, J. Productivity and ICTs: A review of the evidence / M. Draca, R. Sadun, J. Van Reenen – Текст : непосредственный // The Oxford Handbook of Information and Communication Technologies : [Eds. C. Avgerou, R. Mansell, D. Quah] – Oxford Univ. Press, 2009. – DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199548798.003.0005

141. Ferran, V.-H., Bustinza, O., Parry, G., Georgantzis, N. Servitization, digitization and supply chain interdependency / V.-H. Ferran, O. Bustinza, G. Parry, N. Georgantzis – Текст : непосредственный // Industrial Marketing Management. – 2017. – Vol. 60. – P. 69-81. – DOI: 10.1016/j.indmarman.2016.06.013

142. Fiodorov, I., Ochara, N. M. The impact of digital transformation on economic of BRICS countries / I. Fiodorov, N. M. Ochara – Текст : непосредственный // CEUR Workshop Proc. Selected Papers of the 22-nd Int. Conf. "Enterprise Engineering and Knowledge Management", ЕЕКМ. – 2019. – P. 23-31.

143. Gal, P., Nicoletti, G., Renault, T., Sorbe, S., Timiliotis, C. Digitalisation and productivity: In search of the holy grail – Firmlevel empirical evidence from EU countries / P. Gal, G. Nicoletti, T. Renault, S. Sorbe, C. Timiliotis – Текст : непосредственный //

OECD Economics Department Working Papers. – 2019. – No. 1533. – 63 p. – DOI: <https://doi.org/10.1787/5080f4b6-en>.

144. Gordon, R. J. Hi-tech Innovation and Productivity Growth: Does Supply Create Its Own Demand? / R. J. Gordon ; National Bureau of Economic Research – Текст : электронный // NBER Working Paper. – 2003. – No. 9437 – URL: <https://www.nber.org/papers/w9437.pdf> (дата обращения: 10.04.2020).

145. Hilbert, M. R. From Industrial Economics to Digital Economics: An Introduction to the Transition / M. R. Hilbert - Santiago: United Nations Publication 2001. – 126 p. – Текст : непосредственный.

146. Jovanovic, B., Rousseau, P. General purpose technologies / B. Jovanovic, P. Rousseau – Текст : непосредственный // Handbook of economic growth, P. Aghion and S. Durlauf (Eds.). – Elsevier, 2005. – Vol. 1. – P. 1181-1224.

147. Kim, T., Kim, E., Park, J., Hwang, J. The Faster-Accelerating Digital Economy / T. Kim, E. Kim, J. Park, J. Hwang – Текст : непосредственный // Economic Growth. – Berlin: Springer. – 2014. – P. 163-191. – DOI: 10.1007/978-3-642-40826-7_5

148. Kiseleva, I. A., Sadovnikova, N. A., Gasparian, M. S., Korneev, D. G., Sysoev, N. A. Model of optimal funds allocation with due consideration for risk minimization / I. A. Kiseleva, N. A. Sadovnikova, M. S. Gasparian, D. G. Korneev, N. A. Sysoev – Текст : непосредственный // Int-l J. of Innovative Technology and Exploring Engineering, – 2019. – Vol. 8. – No. 6. – P. 699-702.

149. Klepper, S. Entry, exit, growth, and innovation over the product life cycle / S. Klepper – Текст : непосредственный // The American Economic Review. – 1996. – Vol. 86. – № 3. – P. 562-583.

150. Kolesnik, G., Rybakov, M. A Digital Tool for Capacity Load Optimization in Spatially Distributed Production Systems / G. Kolesnik, M. Rybakov – Текст : непосредственный // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – V. 666 – 062118.

151. Kolesnik, G., Rybakov, M. A Model for the Production Capacity Structure Optimizing in the Context of Digital Transformation / G. Kolesnik, M. Rybakov – Текст : непосредственный // CEUR Workshop Proc. Proc. of the XXIII Int. Conf. "Enterprise

Engineering and Knowledge Management" (EEKM 2020). – 2021. – Vol. 2919. — P. 13-25.

152. Kurzweil, R. The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology / R. Kurzweil – London: Penguin Books Ltd., 2005. – 652 p. – Текст : непосредственный.

153. Lu, Y. Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues / Y. Lu – Текст : непосредственный // J. of industrial information integration. – 2017. – Vol. 6. – P. 1-10. – DOI: 10.1016/j.jii.2017.04.005

154. Mair, J., Reischauer, G. Capturing the dynamics of the sharing economy: Institutional research on the plural forms and practices of sharing economy organizations / J. Mair, G. Reischauer – Текст : непосредственный // Technological Forecasting and Social Change. – 2017. – V. 125(C). – P. 11-20. – DOI: 10.1016/j.techfore.2017.05.023

155. Mithas, S., Tafti, A., Mitchell, W. How a Firm's Competitive Environment and Digital Strategic Posture Influence Digital Business Strategy / S. Mithas, A. Tafti, W. Mitchell – Текст : непосредственный // MIS Quarterly. – 2013. – Vol. 37. – No. 2. – P. 511-536.

156. Muñoz, P., Cohen, B. Mapping out the sharing economy: A configurational approach to sharing business modeling / P. Muñoz, B. Cohen – Текст : непосредственный // Technological Forecasting and Social Change, – 2017. – V. 125(C). – P. 21-37. – DOI: 10.1016/j.techfore.2017.03.035

157. Porter, M. Technology and Competitive Advantage / M. Porter – Текст : непосредственный // J. of Business Strategy. – 1985. – Vol. 5. – No. 3. – P. 60-78. – DOI: 10.1108/eb039075

158. Scaraboto, D. Selling, sharing, and everything in between: The hybrid economies of collaborative networks / D. Scaraboto – Текст : непосредственный // J. Consumer Research. – 2015. – Vol. 42. – No.1. – P. 152-176.

159. Silva, H., Soares, A., Bettoni, A., Barni, A., Albertario, S. A Digital Platform Architecture to Support Multi-dimensional Surplus Capacity Sharing / H. Silva, A. Soares, A. Bettoni, A. Barni, S. Albertario – Текст : непосредственный // Collaborative Networks and Digital Transformation. PRO-VE 2019. IFIP Advances in Information and Communication Technology. – 2019. – Vol. 568. – DOI: 10.1007/978-3-030-28464-0_28

160. Smirnov, S., Esareva, A., Mochalina, E., Ivankova, G., Tatarnikov, O. Application of Industry 4.0 methods in Russian industrial companies: a qualitative approach / S. Smirnov, A. Esareva, E. Mochalina, G. Ivankova, O. Tatarnikov – Текст : непосредственный // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – Vol. 1159. – P. 578-588. – DOI: 10.1007/978-3-030-45688-7_58

161. Solow, R. We'd better watch out / R. Solow – Текст : непосредственный // The New York Times Book Review. – 1987. – July, 12. – P. 36.

162. Vandermerwe, S., Rada, J. Servitization of business: Adding value by adding services / S. Vandermerwe, J. Rada – Текст : непосредственный // European Management J. – 1988. – Vol. 6 (4). – P. 314-324. – DOI: 10.1016/0263-2373(88)90033-3

Электронные ресурсы

163. Андреев, Ф. Национальные инвестиционные платформы способны привлечь в экономику страны триллионы рублей / Ф. Андреев – Текст : электронный // Российская Газета : [сайт] – 2020. – 16 янв. – URL: <https://rg.ru/2020/01/16/nacionalnye-investicionnye-platformy-sposobny-privlech-v-ekonomiku-strany-trilliony-rublej.html> (дата обращения: 16.02.2021).

164. Повышение качества и снижение затрат при производстве – Текст : электронный // Портал TAdviser.ru: [сайт] – 2018. – 01 окт. – URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Teamcenter> (дата обращения: 22.03.2021).

165. Ларина, Е., Овчинский, В. Председатель Си: «Данные предпочтительнее слов» / Е. Ларина, В. Овчинский – Текст : электронный // Завтра.ру : [сайт] – 2019. – 19 нояб. – URL: https://zavtra.ru/blogs/predsdatel_si_dannie_predpochtitel_nee_slov (дата обращения: 02.02.2021).

166. Промышленный интернет вещей в России. – Текст : электронный // TAdviser.ru : [сайт] – 2018. – 21 мая. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ИоТ_2018:_Рынок_промышленного_интернета_вещей_в_России (дата обращения: 20.01.2021).

167. Технет. – Текст : электронный // Национальная технологическая инициатива : [сайт] – 2021. – URL: <https://nti.one/markets/technet> (дата обращения: 20.01.2021).

168. ЦБ зафиксировал резкое падение интереса россиян к краудфандингу. – Текст : электронный // РБК : [сайт] – 2019. – 18 нояб. – URL: <https://www.rbc.ru/finances/18/11/2019/5dcd55c19a794751a1a5c3ca> (дата обращения: 18.03.2021).

169. Частных продавцов в интернете стало больше покупателей – Текст : электронный // РБК : [сайт] – 2019. – 23 окт. – URL: <https://www.rbc.ru/business/23/10/2019/5daff0bd9a794715e7d154b3> (дата обращения: 18.03.2021).

170. Экономика совместного потребления в России-2019. – Текст : электронный // ТИАР-Центр : [сайт] – 2020. – URL: https://tiarcenter.com/wp-content/uploads/2020/03/RAEC_Sharing-economy-in-Russia-2019_March-2020.pdf (дата обращения: 28.12.2020).

171. The Defining Workforce Challenge in U.S. Aerospace & Defense. STEM Education, Training, Recruitment & Retention. – Текст : электронный // Aerospace Industries Association: [сайт] – 2016. – URL: https://www.aia-aerospace.org/wp-content/uploads/2016/09/STEM_Report_lowres_V11.pdf (дата обращения: 12.03.2021).

172. Alternative Lending report 2020. Statista Digital Market Outlook – Текст : электронный // Statista: [сайт] – 2021. – URL: <https://www.statista.com/study/50625/fintech-report-alternative-lending/> (дата обращения: 18.10.2021).

173. Ji, D. Big data in China: From myth to political economy / D. Ji – Текст : электронный // DOC Research Institute : [сайт] – 2018. – 09 июл. – URL: <https://doc-research.org/2018/07/big-data-china-myth-political-economy/> (дата обращения: 02.02.2021).

174. China Digital Economic Development and employment white paper (2019). – Текст : электронный // CAICT : [сайт] – 2019. – URL: <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/201904/P020190417344468720243.pdf> (дата обращения: 08.10.2020)

175. DESI - Digital Economy and Society Index. – Текст : электронный // Digital Scoreboard : [сайт] – 2020. – URL: <https://digital-agenda-data.eu/datasets/desi/visualizations> (дата обращения: 28.01.2021)

176. Guide to High-Speed Broadband Investment. – Текст : электронный // European Commission : [сайт] – 2014. – 22 окт. – URL: https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/presenta/broadband/broadband_investment.pdf (дата обращения: 16.10.2020)

177. The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business. – Текст : электронный // OECD Library : [сайт] – 2017. – 10 мая. – URL: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/the-next-production-revolution_9789264271036-en (дата обращения: 10.04.2020)

178. World Leasing Review. – Текст : электронный // World Leasing Review : [сайт] – 2021. – URL: <http://newsletter.world-leasing-yearbook.com/winter-2021> (дата обращения: 12.03.2021)

Приложение А
(справочное)

Оценка агрегированного показателя уровня цифровизации по секторам промышленности и услуг стран ОЭСР

Таблица А.1 - Агрегированный показатель уровня цифровизации секторов промышленности и услуг стран ОЭСР

| Сектор экономики | Уровень цифровой трансформации | Сектор экономики | Уровень цифровой трансформации |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Промышленность | | Услуги | |
| Сельское хозяйство | Низкий | Торговля | Выше среднего |
| Добывающая промышленность | Ниже среднего | Транспорт и логистика | Ниже среднего |
| Пищевая промышленность | Ниже среднего | Отельный бизнес | Ниже среднего |
| Лёгкая промышленность | Ниже среднего | Медиа | Выше среднего |
| Древообработка | Ниже среднего | Телекоммуникации | Высокий |
| Нефтехимия | Ниже среднего | ИТ | Высокий |
| Химическая промышленность | Ниже среднего | Финансы | Высокий |
| Фармакалогия | Ниже среднего | Недвижимость | Низкий |
| Производство пластиков | Выше среднего | Бухучёт и юриспруденция | Высокий |
| Металлопродукция | Ниже среднего | Научные исследования | Высокий |
| Производство электроники | Выше среднего | Маркетинг | Высокий |
| Электротехническое оборудование | Выше среднего | Управление | Высокий |
| Станкостроение | Выше среднего | Государственное управление | Выше среднего |
| Транспортное машиностроение | Высокий | Образование | Ниже среднего |
| Мебельная промышленность | Выше среднего | Здравоохранение | Ниже среднего |
| Электро- и газоснабжение | Низкий | Социальная работа | Ниже среднего |
| Водоснабжение | Низкий | Искусство и развлечения | Ниже среднего |
| Строительство | Ниже среднего | Прочие услуги | Выше среднего |

Приложение Б
(обязательное)

**Оценка экономической эффективности процессов цифровой трансформации
на примере предприятий холдинга «Вертолеты России»**

Таблица Б.1 - Доля использования информационных систем в деятельности подразделений (на основании экспертных оценок)

| Структурное подразделение (СП) | Доля персонала в СП, % | В переводе на численность работающих, % | | | | |
|---|------------------------|---|------|----------|--------|-----------------------------|
| | | ERP | НСИ | PLM-КТПП | Прочие | Неавтоматизированные работы |
| ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА | | | | | | |
| Конструкторское бюро | 6,37 | 0,88 | 0,72 | 4,62 | 0,08 | 0,08 |
| Планово-диспетчерский отдел | 0,85 | 0,60 | 0,02 | 0,09 | 0,13 | 0,01 |
| Службы технологической подготовки | 5,15 | 0,90 | 0,62 | 3,56 | 0,03 | 0,04 |
| Служба МТО и комплектации | 2,87 | 2,30 | 0,19 | 0,32 | 0,01 | 0,06 |
| Производство (менеджмент) | 5,35 | 2,78 | 0,19 | 2,26 | 0,09 | 0,03 |
| Производство (рабочие) | 43,20 | 2,48 | 1,08 | 3,56 | 0,22 | 35,86 |
| ЛИК/ЛИС (менеджмент) | 0,36 | 0,18 | 0,01 | 0,15 | 0,01 | 0,01 |
| ЛИК/ЛИС (рабочие) | 3,32 | 0,10 | 0,10 | 0,83 | 0,02 | 2,27 |
| Служба управления качеством | 5,09 | 0,23 | 0,46 | 0,98 | 0,32 | 3,10 |
| ППО | 3,05 | 1,98 | 0,09 | 0,67 | 0,27 | 0,04 |
| УПРАВЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ | | | | | | |
| Администрация | 2,19 | 0,66 | 0,07 | 0,60 | 0,66 | 0,21 |
| Бухгалтерия | 1,34 | 1,28 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,02 |
| Правовое управление | 0,45 | 0,09 | 0,01 | 0,00 | 0,07 | 0,28 |
| Управление персоналом | 0,97 | 0,78 | 0,03 | 0,00 | 0,10 | 0,07 |
| Служба маркетинга и сбыта | 0,88 | 0,61 | 0,03 | 0,18 | 0,04 | 0,02 |
| Цифровые технологии/ цифровая трансформация | 1,59 | 0,56 | 0,32 | 0,60 | 0,04 | 0,08 |
| Служба по экономике и финансам | 2,05 | 1,75 | 0,06 | 0,18 | 0,03 | 0,04 |

| Структурное подразделение (СП) | Доля персонала в СП, % | В переводе на численность работающих, % | | | | |
|--|------------------------|---|------|----------|--------|-----------------------------|
| | | ERP | НСИ | PLM-КТПП | Прочие | Неавтоматизированные работы |
| Служба по развитию и капитальному строительству | 1,30 | 1,00 | 0,04 | 0,11 | 0,13 | 0,02 |
| Дирекция программ | 1,69 | 0,21 | 0,05 | 0,21 | 0,97 | 0,24 |
| ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ (ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ) ПРОЦЕССЫ | | | | | | |
| Охрана труда, ГО и ЧС, экология | 0,56 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,06 | 0,47 |
| Служба главного энергетика (менеджмент) | 0,30 | 0,14 | 0,01 | 0,10 | 0,03 | 0,02 |
| Служба главного энергетика (рабочие) | 2,64 | 0,53 | 0,13 | 0,26 | 0,26 | 1,45 |
| Служба главного механика (менеджмент) | 0,41 | 0,20 | 0,01 | 0,15 | 0,01 | 0,03 |
| Служба главного механика (рабочие) | 3,75 | 0,75 | 0,31 | 0,75 | 0,38 | 1,57 |
| Прочие подразделения | 4,28 | 0,43 | 0,21 | 0,21 | 0,00 | 3,43 |

Таблица Б.2 - Эффект от оптимизации производственных процессов при внедрении систем PLM, ERP и НСИ

| Наименование инвестиционного проекта | Бюджет проекта, млн р. | До внедрения технологий | | | После внедрения технологий | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|--|--------------------------|-------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------|
| | | Доля технологий проекта в деятельность и компании, % | Временные затраты, чел/ч | Стоимость, млн р. | Снижение временных затрат, % | Снижение временных затрат, чел/ч | Снижение временных затрат, млн р. | Временные затраты с учётом снижения, ч | Стоимость, млн р. |
| PLM КТПП | 5 842 | 20 | 13 289 027 | 6 382 | 30 | 3 986 708 | 1 915 | 9 302 319 | 4 467 |
| ERP | 705 | 21 | 13 941 772 | 6 695 | 24 | 3 389 207 | 1 628 | 10 552 565 | 5 068 |
| НСИ | 290 | 5 | 3 127 056 | 1 502 | 15 | 469 058 | 225 | 2 657 998 | 1 276 |

Таблица Б.3 - Расчет эффекта от оптимизации производственных процессов при внедрении системы PLM

| PLM | График финансирования с наложенными эффектами по годам, тыс. р. | | | | | | | | | |
|--|---|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | Всего |
| Финансирование работ, млн р. | -1 212 | -1 197 | -1 198 | -1 093 | -485 | -607 | -50 | - | - | -5 842 |
| Эффект повышения производительности труда, млн р. | - | - | 574 | 957 | 1 340 | 1 915 | 1 915 | 1 915 | 1 915 | 10 531 |
| Эффект от снижения объемов материальных запасов на направление, млн р. | - | - | 234 | 234 | 234 | 234 | 234 | - | - | 1 170 |
| Общий эффект от реализации проекта, млн р. | -1 212 | -1 197 | -389 | 98 | 1 089 | 1 542 | 2 099 | 1 915 | 1 915 | 5 859 |

Таблица Б.4 - Расчет эффекта от оптимизации производственных процессов при внедрении системы ERP

| ERP | График финансирования с наложенными эффектами по годам, тыс. р. | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | Всего |
| Финансирование работ, млн р. | -180 | -177 | -156 | -140 | -52 | - | - | - | - | -705 |
| Эффект повышения производительности труда, млн р. | - | - | 488 | 814 | 1 139 | 1 628 | 1 628 | 1 628 | 1 628 | 8 952 |
| Эффект от снижения объемов материальных запасов на направление, млн р. | - | - | 246 | 246 | 246 | 246 | 246 | - | - | 1 229 |
| Общий эффект от реализации проекта, млн р. | -180 | -177 | 578 | 920 | 1 333 | 1 874 | 1 874 | 1 628 | 1 628 | 9 476 |

Таблица Б.5 - Расчет эффекта от оптимизации производственных процессов при внедрении системы НСИ

| НСИ | График финансирования с наложенными эффектами по годам, тыс. р. | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | Всего |
| Финансирование работ, млн р. | -113 | -177 | - | - | - | - | - | - | - | -290 |
| Эффект повышения производительности труда, млн р. | 112 | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 | - | - | 1 462 |
| Эффект от снижения объемов материальных запасов на направление, млн р. | Учтен при расчете эффекта от снижения объем материальных запасов на направление PLM | | | | | | | | | |
| Общий эффект от реализации проекта, млн р. | -1 | 48 | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 | - | - | 1 172 |