

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения»

*На правах рукописи*

Бизина Ольга Александровна

**РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ  
ЭФФЕКТИВНО ФУНКЦИОНИРУЮЩЕГО  
РЫНКА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ**

Специальность 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика  
(экономика промышленности)

**Диссертация**  
на соискание учёной степени  
кандидата экономических наук

Научный руководитель:  
Доктор экономических наук, профессор  
Ильинская Елена Михайловна

Санкт-Петербург - 2026

## Оглавление

Введение.....	4
1. Применение теоретических и методологических подходов к исследованию рынков высокотехнологичных товаров в условиях динамических изменений.....	14
1.1. Обоснование концепции экономико-технологического развития как основы для становления и развития рынка высокотехнологичных товаров.....	14
1.2. Реализация основных тезисов и свойств фрактальной теории в рамках концепции экономико-технологического развития роботостроения.....	19
1.3. Установление тенденций, перспектив и стратегий развития мирового рынка робототехники утилитарных для российской экономики в условиях движения к многополярности .....	26
1.4. Систематизация факторов, обуславливающих особенности развития российской индустрии робототехники как экономико-технологической системы с учетом динамических изменений .....	38
2. Формирование системы инструментов для роста рынка робототехники в рамках концепции экономико-технологического развития российской экономики .....	44
2.1. Моделирование спроса для выявления и обоснования факторной зависимости на рынке робототехники .....	44
2.2. Определение условий оптимизации производства робототехнической продукции при анализе структуры многомерных данных для максимизации финансовых результатов.....	69
2.3. Выявление потенциальных драйверов развития в концепции динамического равновесия на рынке робототехнических систем.....	90
3. Методические рекомендации по оценке эффективности интеграции	

робототехнических систем в условиях неопределенности и динамических изменений.....	118
3.1. Построение алгоритма оценки эффективности инвестирования в интеграцию робототехнических комплексов в условиях неопределенности, динамики и рисков .....	118
3.2. Выбор и обоснование методов оценки синергетического эффекта от интеграции робототехнических систем в модели рыночного равновесия.....	133
Заключение .....	141
Список литературы .....	153
Приложение А. Оценка значимости факторов, влияющих на спрос на робототехнические комплексы для малых, средних и крупных предприятий.....	170
Приложение Б. Расчет коэффициента Пирсена по трем предприятиям .....	173
Приложение В. SWOT-анализ российского рынка робототехники.....	176

## Введение

**Актуальность темы исследования.** Высокотехнологичное производство способствует повышению конкурентоспособности национальной экономики, активизируя инновационную деятельность, и лежит в основе технологического суверенитета страны. Задача формирования российского рынка робототехнических систем связана с необходимостью автоматизации и роботизации производственных процессов, повышения производительности труда, расширения производства инновационной продукции, снижения и изменения структуры затрат и решения проблемы дефицита кадров. Разработанная стратегия развития отрасли до 2030 г. является основой для формирования индустрии роботостроения, увеличения показателя плотности роботизации в промышленности и повышения конкурентоспособности российских компаний.

Однако просто разработанной стратегии недостаточно для успешного решения задачи формирования рынка робототехники. Необходимо четкое стратегическое планирование с проработкой необходимых этапов, алгоритмов, инструментов для решения поставленных задач и стратегических целей. Для эффективного функционирования и обеспечения равновесия на рынке робототехники необходимо разработать модель спроса на данную продукцию с детализацией всех факторов, влияющих и обеспечивающих требуемый уровень спроса, предложить инструменты реализации эффективного спроса. Для равновесия необходима и эффективная модель предложения, которая должна строиться на основе факторного анализа и выработкой системы инструментов влияния и алгоритмов обеспечения необходимых объемов предложения робототехники на рынок.

Кроме актуальности проблемы формирования эффективного рынка робототехники как основы технологической безопасности страны, не менее актуальным является и такой аспект, как оценка эффективности роботостроения. Тем более геополитическая нестабильность, внешние

вызовы, цикличность и нелинейная динамика в экономической среде затрудняет формирование эффективно функционирующего российский рынок роботостроения. Требуется проработка методического и инструментального набора, а также алгоритма в контексте стратегического и оперативного планирования объемов спроса и предложения с оценкой эффективности роботостроения в стране.

**Степень разработанности выбранной темы** определяется вниманием исследователей к данной проблематике, а оно огромно, как со стороны Правительства, государственных органов, исследователей и ученых, а также представителей бизнеса. Это связано с актуальностью данной темы исследования, теоретического и практического интереса различных участников экономической реальности к вопросам роботизации и цифровой трансформации.

Вопросы стратегии развития роботостроения затрагиваются в трудах многих ученых и исследователей, среди которых можно назвать следующих: Д. С. Бодрунов, Н. И. Турко, Е. А. Горбашко, Ю. В. Яковец, А. В. Харламов, С. Ю. Глазьев, И. Л. Ермолов, В. И. Данилин, И. М. Степнов, В. Г. Климов, Р. Мещеряков и другие. Эта тема обсуждается и представителями государственных органов и бизнеса, среди которых большой вклад в разработку данной проблематики внесли: А. Свинцов, А. Лукин, А. Рогозин, П. Степанов, О. Мудрова, Д. Еськова и другие.

Значительный научный вклад в формирование отечественной теории рынка робототехники и искусственного интеллекта внесли такие ученые и экономисты, как: И. Меркурьев, А. Г. Макаров, А. В. Бабкин, С. А. Толкачев, А.А. Федюнина, А. Б. Николаев Н.А. Городный, Ю.В. Симачев и др. Среди представителей бизнеса вклад в исследование данной темы внесли такие специалисты, как: О. Мудрова, М. Б. Гурбашков, Е. Дудоров, А. Конюховская, П. Кривоzubов, В. Кудюкин, А. В. Лысенко, А. Головин, И. Каинов и другие.

Исследованиям в области оценки эффективности робототехники и синергетического эффекта посвятили свои труды ученые и экономисты: Е. Е. Пелевин, М. Н. Титова, И. В. Ершова, В. А. Козловский, О. Г. Туговец, К. М. Великанов, Ф. И. Пакамонов, В. В. Мыльник, И. М. Левкин и многие другие.

Вопросы управления рисками в условиях неопределенности, применения математических методов и моделей для оптимизации процесса принятия решений нашли свое отражение в трудах С. Н. Белозерова, Н. Ф. Галагуза, С. Г. Опарина, Г. Д. Дроздова, Г. Александера, Г. Марковица, Е.М. Лукиной, У. Шарпа, И. М. Зайченко и других.

Однако вопросы формирования российского рынка робототехники и моделирования спроса и предложения также освящены не детально, тем более геополитическая изменчивость и внешние вызовы требуют постоянной корректировки инструментария и алгоритмов принятия решений. Проблема методики и показателей оценки эффективности робототехники в условиях цифровой трансформации и динамических изменений требует дополнений.

**Объект исследования** - рынок робототехнических систем в концепции высокотехнологичного развития.

**Предметом исследования** выступает моделирование равновесия спроса и предложения для эффективного функционирования рынка робототехники

**Целью данного исследования** является разработка инструментария для поддержания динамического равновесия на рынке робототехнических систем.

Поставленная в научном исследовании цель достигается решением следующих **задач**:

- анализ тенденций развития мирового рынка высокотехнологичной продукции и обоснование концепции экономико-технологического развития как основы для развития индустрии роботостроения;
- описание модели спроса на рынке робототехники и формирование системы факторов стимулирования спроса и инструментов для их реализации;

- выработка рекомендаций по оптимизации производства робототехники для достижения высоких финансовых результатов;
- систематизация факторов спроса и предложения на рынке робототехники для выявления проактивных действий и драйверов развития;
- классификация различных видов эффекта и разработка алгоритма оценки эффективности инвестирования в интеграцию робототехнических комплексов в условиях динамических изменений;
- выбор и обоснование методов оценки синергетического эффекта от внедрения робототехнических систем в модели рыночного равновесия.

**Методология и методы исследования.** Теоретической и методологической основой исследования послужили фундаментальные научные труды отечественных и зарубежных ученых, обосновавших концептуальные положения в области управления инновациями, теории систем, общей теории управления, а также в области инновационного менеджмента. Методологическую основу исследования составляют диалектический метод, системный и синергетический подход, методы логического и сравнительного анализа, синтеза, декомпозиции, группировки и обобщения, экспертных оценок, регрессионного анализа, методы наблюдения, аналогии и количественного анализа, аналитические и прогностические методы. Это позволило получить качественные и количественные данные для обоснования выводов и сделанных рекомендаций.

**Информационной основой исследования** являются нормативные и правовые акты Российской Федерации, нормативные документы Правительства РФ, указы Президента РФ, материалы официальных данных Федеральной службы государственной статистики, научно-исследовательских институтов, научных и периодических изданий, бухгалтерские данные предприятий.

**Соответствие паспорту научной специальности.** Диссертация подготовлена в соответствии с паспортом специальности 5.2.3. «Региональная и отраслевая экономика», в частности, пунктами: 2.1.

Теоретико-методологические основы анализа проблем промышленного развития; 2.2. Вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях промышленности. 2.4. Закономерности функционирования и развития отраслей промышленности; 2.5. Формирование и функционирование рынков промышленной продукции. 2.11. Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в системном подходе к разработке инструментария по формированию эффективно функционирующего и динамически развивающегося российского рынка робототехнических систем.

Исследование закономерностей и механизмов функционирования отрасли роботостроения и формирования рынка робототехнических систем с учетом динамических изменений и внешних вызовов привели к результатам, содержащим, по мнению автора, **элементы научной новизны:**

1. На основе теоретико-методологического обоснования концепции экономико-технологического развития страны с учетом мировых тенденций были выявлены закономерности и систематизированы реперные точки для эффективного развития отрасли роботостроения.

2. Учет таких принципов, как системный подход, обратная связь и адаптация к неопределенности, лежащих в основе закономерностей функционирования роботостроения, позволил выявить ключевые факторы, влияющие на формирование спроса для различных типов предприятий и сформировать систему инструментов стимулирования спроса на робототехническую продукцию в рамках предложенной модели спроса на робототехнику.

3. В рамках механизма устойчивого развития разработан пошаговый алгоритм анализа маргинальных показателей, учитывающий такие закономерности развития роботостроения, как технологические прорывы в проектировании, управлении и адаптации к изменяющимся условиям и

позволяющий оптимизировать использование ресурсов, процесс производства робототехнической продукции и максимизировать финансовый результат.

4. На основе комплексного анализа (PEST, SWOT), с учетом выявленных ключевых факторов, разработана система проактивных действий и инструментов развития отрасли роботостроения, с детализацией по каждому из направлений, которая может быть положена в основу для обеспечения эффективного функционирования российского рынка робототехники.

5. В модели управления результативностью предложены и систематизированы показатели оценки результата по пяти типам эффекта от внедрения сервисной робототехники в четырех наиболее преуспевающих в данной области отраслях, что имеет особое значение не только для обеспечения прибыльности производителей, но и для улучшения благосостояния населения страны.

6. Существующая методика оценки эффективности дополнена разработанным алгоритмом оценки эффективности инвестирования в интеграцию робототехнических комплексов, с учетом неопределенности и риска по различным источникам финансирования, а включение этих дополнительных показателей непосредственно в формулы облегчает механизм расчетов.

7. Предложены показатели для расчета синергетического эффекта от интеграции роботов в бизнес-процессы при гибкой кадровой системе, сочетающей в себе работника и искусственный интеллект, лежащий в основе робототехнической системы. Детализированная структура инновационных компетенций для каждой из сторон позволит выявить наиболее значимые компетенции для достижения синергетического эффекта и реализовывать их.

**Теоретическая и практическая значимость.** Теоретическая значимость обусловлена ее научной новизной и возможностью использования результатов исследования в ходе научно-исследовательской работы и учебном процессе студентами и аспирантами. Основные положения могут быть использованы при чтении таких курсов, как «Экономика предприятия»,

«Стратегия инновационной деятельности», «Управление инвестиционной деятельностью предприятия», «Основы бизнес-планирования (по отраслям)», «Экономика» и др.

Практическая значимость состоит в прикладной направленности выполненных теоретических исследований и разработок, основные идеи которых могут быть использованы руководителями различных уровней.

Так руководители, в частности, малых и средних предприятий могут основывать свои решения по интеграции робототехнических комплексов на базе рекомендаций, сформулированных в работе в результате проведенного факторного анализа при моделировании спроса на рынке робототехники. Дополненные параметры неопределенности и риска в формуле для оценки эффективности, а также прописанный алгоритм оценки поможет руководителям предприятий, внедряющим роботов в производство, быстрее и корректнее принимать оптимальные решения. Предложенные рекомендации по выбору форм финансирования закупки роботов, позволит руководителям малых и средних предприятий выбрать наиболее оптимальный вариант инвестирования.

Рекомендации по оптимизации использования ресурсов могут быть полезны для руководителей компаний, занимающихся производством робототехники. Рекомендации по учету синергетического эффекта от внедрения робототехники в производство позволят руководителям предприятий выбрать более выгодную комбинацию инновационных компетенций.

Кроме того, рекомендации по классификации различных типов эффекта позволят специалистам региональных и муниципальных органов, связанных с сервисной робототехникой, руководителям организаций сферы услуг, обеспечивающих населению доступ к сервисной робототехнике, повысить качество обслуживания и, соответственно, уровень благосостояния людей.

Результаты комплексного анализа всех факторов, воздействующих как на спрос, так и на предложение робототехнических систем в диалектическом единстве, а также совокупность предложенных инструментов по каждому из систематизированных факторов в рамках системного подхода к исследованию рынка робототехники, могут иметь, по нашему мнению, хотя бы небольшое значение для реализации государственной стратегии формирования динамично развивающегося рынка робототехники в стране.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Успешное развитие отрасли робототехнической продукции может быть обеспечено только на основе системного подхода в концепции экономико-технологического развития страны с учетом мировых тенденций и определения реперных точки для эффективного развития, что требует их выявления и систематизацию.

2. В рамках выявленных закономерностей функционирования отрасли роботостроения для успешного развития необходимо сформировать систему инструментов стимулирования спроса на робототехническую продукцию с учетом динамических изменений в предложенной модели спроса на рынке робототехники.

3. Для выявления закономерностей развития отрасли роботостроения моделирование предложения должно базироваться на принципах оптимизации производственных процессов и использования ресурсов, что предполагает применение, как программных продуктов, так и теоретических обоснований.

4. Формирование и эффективное функционирование рынка робототехнической продукции требует разработки проактивных действий и инструментов развития отрасли роботостроения на основе комплексного анализа (PEST, SWOT) и систематизации всех выявленных факторов в диалектическом взаимодействии.

5. Динамичное развитие отрасли роботостроения требует проведение оценки эффективности инвестирования в интеграцию робототехники с

учетом неопределенности и динамических изменений, что предполагает разработку алгоритма оценки с учетом различных источников финансирования и систематизацию показателей различных видов эффекта.

6. Для обеспечения эффективного функционирования рынка робототехнической продукции необходимо рассчитывать синергетический эффект от интеграции робототехнических систем, что предполагает выбор методов и показателей его оценки.

**Степень достоверности.** Высокая степень достоверности и обоснованности результатов исследования обусловлены соответствием их базовым положениям теоретической экономики, теории систем, а также системным использованием апробированных методологических подходов, моделей, методов и инструментов, которые были доработаны с учетом сформулированных в диссертации цели и задач.

**Апробация результатов диссертационного исследования и научные публикации.** Теоретические, методические и практические результаты, полученные автором в ходе диссертационного исследования, были изложены в докладах на 23-х международных, всероссийских и межвузовских научных и научно-практических конференциях и форумах в период 2016 - 2025 гг.

Результаты исследования были внедрены в ООО «Стратегические информационные технологии» и компанию «ФИНАВТО. партс», а также учебный процесс в Государственном университете аэрокосмического приборостроения, что подтверждается актами внедрения. Основные идеи работы изложены в 42 публикациях, в том числе три - в изданиях, рекомендуемых ВАК.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, включающих 17 таблиц и 23 рисунка, заключения, трех приложений и списка литературы, состоящего из 139 источников. Объем работы составил 194 страницы печатного текста.

Структура, диссертационной работы отражает логику анализа области исследований и состав решаемых задач.

Первая глава «Применение теоретических и методологических подходов к исследованию рынков высокотехнологичных товаров в условиях динамических изменений» посвящена обоснованию концепции экономико-технологического развития, тенденциям, перспективам и стратегии развития мирового рынка робототехники.

Во второй главе «Формирование системы инструментов для роста рынка робототехники в рамках концепции экономико-технологического развития российской экономики» представлена модель спроса на рынке робототехники, обоснована факторная зависимость, определены условия оптимизации производства робототехнической продукции, выявлены потенциальные драйверы развития в концепции динамического равновесия на рынке робототехнических систем.

В третьей главе «Методические рекомендации по оценке эффективности интеграции робототехнических систем в условиях неопределенности и динамических изменений» классифицированы различные виды эффекта от внедрения сервисной робототехники и алгоритм оценки эффективности инвестирования в интеграцию робототехнических комплексов в условиях неопределенности, динамики и рисков, обоснован выбор методов оценки синергетического эффекта от интеграции робототехнических систем.

В заключении подводятся итоги проведенного научного исследования, делаются основные выводы и обобщаются авторские предложения по развитию рынка роботостроения и повышению эффективности интеграции робототехнических комплексов во все бизнес-процессы.

# **1. Применение теоретических и методологических подходов к исследованию рынков высокотехнологичных товаров в условиях динамических изменений**

## **1.1. Обоснование концепции экономико-технологического развития как основы для становления и развития рынка высокотехнологичных товаров**

Концепция экономико-технологического развития связана с вопросами инновационного развития экономики, «оценкой роли высоких технологий, исследованием взаимодействия науки и производства и другими аспектами» [1]. Разработанная в России Концепция технологического развития страны до 2030 года направлена на развитие высокотехнологичных отраслей экономики [2]. Согласно концепции, к 2030 году национальная экономика должна обеспечить производство высокотехнологичной продукции, чтобы доля таких отечественных товаров в общем объёме потребления составила не менее 75%. Важнейшими ее целями является обеспечение: национального контроля над расширенным воспроизводством передовых технологий, устойчивого развития производственных систем и инновационного экономического роста.

Должна обязательно прослеживаться прямая и обратная связь между теоретическими понятиями, теориями, моделями, концепциями, стратегиями и стратегическим планированием. Без теоретической базы и обоснования концепций невозможно разработать эффективную стратегию и стратегический план развития.

Зарубежные и российские ученые Н. Кондратьев, И. Шумпетер, Б. Лундвал, Р. Нельсон, К. Фримен, Р. Коуз, Д. Норт внесли огромный вклад в разработку теорий инновационного развития, которые легли в основу

разработок концепций высокотехнологического развития и формирования экономики высоких технологий.

Если мы говорим о моделях, которые вызывают интерес в рамках концепции развития высокотехнологичных производств, то следует обратить внимание на следующие.

Во-первых, это модель открытых инноваций, «позволяющая сглаживать тенденцию к сокращению жизненного цикла товара, к увеличению стоимости научно-исследовательских разработок и ограниченности кадрового потенциала» [3]. В рамках данной модели предприятие активно привлекает инновации, инвестиции и компетенции из внешней среды, при этом направляя собственные невостребованные идеи и решения на внешние рынки. Недостатками при этом является усложнение управления инновациями и повышение рисков потери конкурентного преимущества и утечки информации.

Разработанная Г. Ицковицем (Великобритания) и Л. Лейдесдорфом (Голландия) «Модель тройной спирали» «отражает необходимость тесного взаимодействия бизнеса, власти и университетов, утверждая, что это три ключевых элемента инновационной системы страны» [4].

Внедрение данной модели позволяет участником спирали, объединяя активы и компетенции, получать синергетический эффект, снижает уровень неопределенности и риска.

Все элементы концепций «Индустрия 4.0» и «Индустрия 5.0» и концепции «Индустрия 6.0» должны быть эффективно задействованы в концепции развития рынка высокотехнологичных товаров.

Концепция «Индустрия 4.0» предполагает разработку модели производственно-экономического механизма развития высокотехнологичных отраслей в условиях изменений и внешних воздействий с целью оптимизации производства. Данная концепция предполагает централизованный контроль и управление.

Основные технологии – «это облачные вычисления, киберфизические системы, интернет вещей, искусственный интеллект, большие данные, виртуальные среды и цифровые двойники, машинное обучение и робототехника, экологичность и возобновляемые ресурсы» [5].

Концепция «Индустрия 5.0» нацелена на создание модели, организационно-экономического механизма развития высокотехнологичных отраслей производства, основанного на взаимодействии между человеком и машиной для применения творческого потенциала работников во всех бизнес-процессах и нацеленного на гибкость и устойчивое развитие. Концепция тяготеет к децентрализации и усилению роли локальных стимулов управления или самоорганизации.

Основными чертами и технологиями являются: «гармония через сочетание интересов бизнеса, общества и природы; жизнестойкость благодаря адаптивным и гибким технологиям; человекоцентричность посредством создания инклюзивной и безопасной среды; сетевая инфраструктура для взаимосвязи людей и машин; коллаборативные роботы, работающие во взаимодействии с человеком; метавселенные для обеспечения устойчивости производственных систем» [6].

Концепция «Индустрия 6.0» сосредоточена на разработке модели экономико-технологического механизма развития высокотехнологичных отраслей производства, где взаимодействие человека с внешней средой осуществляется с помощью когнитивных, квантовых и мультиагентных технологий. Данная концепция основывается на переходе от смарт-фабрик и продуктов к созданию симбиотических самоуправляемых систем.

Особенностями данной концепции являются: «симбиоз виртуальных двойников машины и человека, позволяющий создавать интеллектуальные экосистемы благодаря квантовым технологиям; внедрение больших языковых моделей (ChatGPT) и визуально-языковых моделей (VLM) на всех этапах бизнес-процессов; автономные производственные системы,

анализирующие с помощью LLM тенденции рынка и оптимизируя производственный процесс в рамках стратегических целей» [7].

Основные технологии – это: многовариантный искусственный интеллект; эмоциональный интеллект машин; пространственные, нейроморфные и квантовые вычисления, постквантовая криптография, расширенная реальность; виртуальные двойники машин и человека; 6G, гетерогенные роботы, мультиагентные системы.

Кроме теоретической базы при разработке концепции важнейшими являются следующие аспекты: определение критериев оценки деятельности высокотехнологичных отраслей, как уровня цифровизации, так и кадрового потенциала, способного обеспечить реализацию цифровой трансформации; моделирование развития высокотехнологичных отраслей и формулировка требований к модернизации их производственно-технологической базы.

Наряду с определением интересов высокотехнологичных предприятий, «кластерных групп и объединений» [8] для уменьшения фактора неопределенности в оценках последствий, принятых государственными органами решений, необходимо сформулировать рекомендации по инновационной и инвестиционной политике государства, поскольку без проработанной эффективной государственной политики невозможно реализовать все цели и задачи концепции и стратегии экономико-технологического развития.

Рассмотрение концепции экономико-технологического развития как основы для становления и развития рынка высокотехнологичных товаров может быть обосновано следующими положениями.

Во-первых, рынок высокотехнологичных товаров в условиях цифровой трансформации является ядром всей экономики. Высокотехнологичные производства важны для обеспечения технологической самостоятельности и лидерства страны. Реализация концепции экономико-технологического развития в динамике указанных индустрий гарантирует эффективное функционирование этого рынка.

Во-вторых, цикличность экономического развития, в том числе и наукоемких высокотехнологичных рынков, требует реализацию концепции экономико-технологического развития, которая позволит, как отмечалось выше, сгладить тенденцию к сокращению жизненного цикла товара и обеспечить открытость инноваций.

В-третьих, неравномерная динамика производительности труда в различных секторах экономики и научно-технический прогресс, концентрирующий свои достижения в высокотехнологичных и наукоемких отраслях, также требует реализацию концепции экономико-технологического развития, которая позволит посредством метавселенных обеспечить устойчивости всех производственных систем, объединяя экономику знаний с другими секторами новой экономики.

В-четвертых, более высокая маржинальность наукоемких производств и развитие рынков высокотехнологичных товаров в рамках концепции экономико-технологического развития благодаря мультипликативным эффектам обеспечит ускоренное развитие смежных отраслей, «оборонно-промышленного комплекса и экономики страны в целом» [9].

В-пятых, экономико-технологическое развитие направлено на управление инновациями в течение всего жизненного цикла производимой продукции, что обеспечит интеграцию науки и производства на всех его этапах, повышение эффективности генерации и трансфера инноваций на рынке высокотехнологичной продукции. На высокотехнологичных предприятиях осуществляется интенсивная инновационная деятельность, что способствует расширению и созданию новых рынков сбыта.

Уровень использования высоких технологий и размер наукоемкого сектора определяют научно-технический и экономический потенциал страны. «Развитие наукоемкого сектора экономики и повышение конкурентоспособности российских предприятий высокотехнологичных отраслей играет ключевую роль в обеспечении, оборонной и экономико-технологичной безопасности страны» [10. С.79].

Устойчивому и интенсивному развитию высокотехнологичного производства и соответствующего рынка продукции необходима концепция и стратегия развития, основанная на приоритете высокотехнологичного промышленного и научно-технического и кадрового потенциала.

Реализация стратегии формирования и развития рынка высокотехнологичной продукции, в том числе и робототехники, требует и соответствующей государственной политики, направленной на увеличения производства высокотехнологичной продукции и робототехнических систем, с одной стороны, и стимулирование спроса на нее со стороны предприятий и организаций, с другой.

## **1.2. Реализация основных тезисов и свойств фрактальной теории в рамках концепции экономико-технологического развития роботостроения**

Для эффективной практической реализации цели формирования роботостроения как целостной системы, встроенной в глобальную экономическую систему страны необходимо обратиться к теоретическим аспектам, в частности, к фрактальной теории и теории систем. Вклад в развитие фрактальной теории в экономике внесли американский ученый Б.Мандельброт, который описал фрактальную революцию в финансах [11, 12], Э. Петерс, разработавший гипотезу фрактальных рынков и применивший теорию хаоса к инвестициям и экономике [13], Р.Эллиотт, который обобщил теорию изменения цен на финансовые активы, используя понятие фрактал [14].

Одним из выводов фрактальной теории является невозможность точного экономического прогнозирования (предсказания будущего) из-за ошибок наблюдения и измерения, а также неполноты и асимметричности

информации, с чем в целом можно согласиться, несмотря практику экономического прогнозирования по классической теории. Больших разногласий и противоречий здесь нет, поскольку асимметричность признается и учитывается в классических исследованиях, а учет рисков и верификация расчетов также является неременным в научных исследованиях.

Можно назвать целый ряд основных тезисов фрактальной теории, описываемой иерархическую организацию природы, для нашего исследования, экономики, которые применимы для последней, три связанные с пространственным развитием и две с временным.

Первый тезис, пространство включает бесконечное число вложенных фрактальных уровней материи с подобными друг другу характеристиками. Пространство имеет дробную размерность, стремящуюся к трем.

Экономико-технологическая система весьма широкое понятие, отражающее состояние всей макроэкономической системы в ее нелинейной динамике. Экономико-технологическую систему рассматривается, не как пространство по высоте, ширине и глубине, но на трех иерархических уровнях: макро-, мезо- и микроуровень.

Каждый из уровней имеет свои особенности, а межуровневые связи не носят универсального характера, различия имеются, как по временным параметрам, так и по странам. В соответствии с фрактальной теорией, свойства большой системы присущи и ее составным частям, что позволяет рассматривать индустрию робототехники, с одной стороны, как часть глобальной промышленной системы, с другой, как самостоятельную ее подсистему, обладающую всеми общими свойствами и принципами, но имеющую свои специфические черты.

Индустрия роботостроения представляет собой мезоуровень, когда анализируются отрасли и региональные экономические комплексы. Теоретическая экономика рассматривает институциональные структуры и

механизмы, определяющие правила поведения и взаимодействия мезоэкономических структур.

Второй тезис - каждый уровень материи включает в себя носителей с определённым спектром размеров и масс.

Так, в экономике на каждом из уровней существуют разноразмерные акторы и единицы изменения.

На макроуровне рассматривается экономическая политика и совокупность четырех крупных макроэкономических субъектов, поведение которых измеряются индексами, уровнями или совокупными объемами производства и денежных масс.

На мезоуровне функционируют кластерные комплексы, финансово-промышленные группы, отрасли народного хозяйства и рынки продуктов и ресурсов, имеющие свою размерность, отличающуюся от макроэкономического уровня.

Микроуровень, характеризующийся своей размерностью, связан с деятельностью отдельных экономических агентов, включающих в себя крупный, средний и малый бизнес, отдельных потребительских групп и субъектов, которые и создают базу для существования мезо- и макроэкономического уровня, посредством осуществления инвестиций, производства и потребления продукции, генерации инноваций.

Третий тезис- пространство вечно, при этом носители материи постоянно рождаются и затем трансформируются в носители своего и/или других уровней.

Экономическое пространство также трансформируется и изменяется. Экономико-технологическая система, с точки зрения синергетики, рассматривается как неравновесная саморазвивающаяся система, воспроизводящая целостность иерархически структурированных элементов промышленной системы, способных самостоятельно эволюционировать на основе технологического отбора по экономическим законам.

Экономические акторы различных уровней появляются, трансформируются, объединяются в группы и кластеры, формируют новые отрасли и определяют тренды экономического развития. Роботостроение относительно молодая отрасль, выросшая на базе общего машиностроения и приборостроения, и, в соответствии с теорией жизненного цикла имеет тенденцию к быстрому росту.

Четвертый тезис - ход времени и вычислений гораздо быстрее на микроуровне и медленнее на макроуровне.

В микроэкономической среде появление и развитие предприятий и организаций возможно в более краткосрочной перспективе, чем формирование отрасли или региональных объединений. Интенсивность процессов и внутрипроизводственное время ускоряются из-за интенсивных контактов и межсубъектных взаимодействий.

Появление отдельных предприятий, производящих робототехнику произошло в течение короткого временного периода, а формирование индустрии роботостроения требует больших усилий и времени, а создание емкого рынка робототехнических комплексов и обеспечение функционирования роботостроения как экономико-технологической системы предполагает разработку концепции и стратегии развития.

Макроэкономические циклы различной длины предсказывают тенденции развития всех акторов и экономики в целом на длительную перспективу, и для выявления тренда требуется анализ за длительный период прошлых лет.

Пятый тезис - время во фрактальной теории — самостоятельная от пространства координата, и оно является производным от скорости движения материи.

В экономике, как отмечал американский финансист Р.Эллиот, если существует фрактальная временная структура, то есть предполагается, что время относительно в зависимости от пространственных масштабов, финансовый рынок при наличии разных инвестиционных горизонтов,

краткосрочных и долгосрочных, остается стабильным из-за большей устойчивости к ошибкам.

Управляющий активами Э. Питерс, сформулировавший гипотезу фрактального рынка, так же высказал идею, что «долгосрочные горизонты в большей степени основаны на фундаментальной информации, а краткосрочные инвесторы опираются на более техническую информацию. Пока рынок сохраняет эту фрактальную структуру без характерного временного масштаба, рынок остаётся стабильным, поскольку каждый инвестиционный горизонт обеспечивает ликвидность для других» [15].

Можно высказать предположение, что для формирования прочного рынка роботостроения так же должны существовать акторы с различными временными горизонтами, что обеспечить стабильный уровень инвестирования в отрасль.

Говоря о свойствах фракталов, таких как: самоподобие, бесконечная сложность, дробная размеренность и масштабная инвариантность, следует отметить, что они также проявляются и в экономической действительности. На любом масштабе фрактал выглядит как его часть, повторяясь в уменьшенном виде.

Экономико-технологическая система, уже с точки зрения экономики, это совокупность технологий и способов производства на макроуровне. Концепция экономико-технологического развития страны включает в себя и стратегии развития на мезоуровне, поэтому разработка стратегии развития роботостроения должна быть вписана в общую концепцию высокотехнологичного развития страны, поскольку мезо- и микроуровень, по сути, является фрактальной структурой национальной макроэкономики.

Отрасль роботостроения сама выступает в качестве системы, включающую в себя большое количество предприятий, организаций и групп компаний. И должна развиваться по тем же характеристикам, что и система национальной экономики в целом.

Таковыми характеристиками системы являются следующие.

Во-первых, любая экономическая система на макро-, мезо- и микроуровне функционирует пока имеются источники финансирования, то есть инвестиции, поддерживающие работоспособность системы.

Во-вторых, все экономико-технологические системы, в том числе и индустрия робототехники, формируются в динамической среде под воздействием внешних и внутренних факторов, с нелинейной обратной связью.

В-третьих, экономико-технологическая система подвержена циклическим колебаниям и может какое-то время поддерживать положительную динамику за счет инвестирования, но для обеспечения перманентно высоких темпов экономического роста необходимо повышать эффективность ее функционирования за счет структурных изменений и инноваций.

В-четвертых, развивающаяся экономико-технологическая система характеризуется изменениями во взаимодействии между институциональными акторами, крупными, мелкими и средними предприятиями, в структуре инновационной и инвестиционной активности и, следовательно, в структуре выпуска продукции.

Свойства фракталов проявляются и в экономической реальности.

Так свойство самоподобия проявляется в том, что на любом масштабе фрактал экономико-технологической системы выглядит как его часть, повторяясь в уменьшенном виде, поэтому индустрия роботостроения как подсистема высокотехнологического сектора экономики будет характеризоваться теми же чертами, поэтому принципы ее построения и развития соответствуют всем характеристикам высокотехнологичной системы в российской экономике.

Даже при производстве робототехнических систем свойство самоподобия позволило создать, так называемую, «фрактальную руку», устройство, которое способно с помощью только одного функционального элемента системы автоматического управления, представляющего собой

последовательно уменьшающиеся в размерах трапеции, связанные друг с другом через подвижные соединения, обхватывать предметы сложной формы.

Дробная размеренность и бесконечная сложность при изменении масштаба экономико-технологического пространства будет проявляться в новых структурах и деталях, характеризуя их сложность.

«Безмасштабное» поведение присуще экономико-технологической системе в целом и робототехнической индустрии, в частности, когда надежность функционирования или возможность сбоев в развитии не зависит от размера системы.

«Дальнодействующие» корреляции также присущи всем экономико-технологическим системам, на всех уровнях, когда изменения или нарушения в одной части системы могут влиять на события в других ее частях.

Наконец масштабная инвариантность в экономике означает способность системы выглядеть одинаково и сохранять неизменными свои основные свойства, независимо от различных факторов и условий. Свойства высокотехнологичной системы как таковой будут проявляться, в том числе и в системе робототехнической индустрии, поскольку некоторые определяющие характеристики системы на всех ее уровнях: макро-, мезо- и микроуровне будут повторяться. Кроме того, инвариантность проявляется в устойчивом повторении на различных этапах развития системы одних и тех же свойств с изменением тех или иных форм.

Особенностями фрактальной экономико-технологической системы являются следующие, она: может динамически адаптироваться к изменениям в технологиях и условиях производственной деятельности; обеспечивает высокую степень саморегуляции и оптимизации, что позволяет повышать ее эффективность; активно координирует свои действия с различными элементами, которые действуют самостоятельно и имеют свои цели и задачи; способна оценивать свое состояние и быстро реагировать на внешние и внутренние изменения, корректируя свои действия.

Таким образом, понимание фрактальной природы экономико-технологических систем необходимо при их формировании, развитии и управлении ими. Фрактальные методы необходимо использовать для оптимизации системы и повышения эффективности функционирования всех внутрисистемных связей. Хотя нельзя забывать, что все межуровневые и внутриуровневые связи не носят универсального характера, как пространственного, так и временного. С помощью фрактальных методов анализа можно определить моменты качественного изменения в поведении системы и предсказать её дальнейшее поведение в относительно долгосрочной перспективе. Методы, основанные на теории фракталов, могут способствовать реализации инновационной направленности систем.

Кроме теоретических основ и положений при разработке концепции экономико-технологического развития высокотехнологичных производств и стратегии развития индустрии робототехники необходимо изучать практику функционирования мирового рынка робототехники, поскольку теория и практика неразделимы.

### **1.3. Установление тенденций, перспектив и стратегий развития мирового рынка робототехники утилитарных для российской экономики в условиях движения к многополярности**

Динамика эволюции структуры геоэкономики включает все экономические процессы, которые вносят изменения в мировую хозяйственную систему. К этим процессам можно отнести: «перемещение центров деловой и экономической активности; перераспределение рынков накопления и концентрации капитала; изменение товарных и финансовых потоков; геоэкономические конфликты, финансово-экономические санкции и тарифы; изменения в механизмах перераспределения материальных и

финансовых ресурсов, реструктуризация мировых товарных рынков и производств» [16].

Для анализа высокотехнологичных областей, например, рынка робототехники, необходимо понимать сложные и многоаспектные процессы инновационного развития; место мирового рынка высокотехнологичных товаров в мировой экономике; особенности формирования индустрии высокотехнологичных товаров как технологичной системы.

Основными тенденциями развития рынка робототехники в современный период являются: интеграция роботов в систему управления; использование искусственного интеллекта и алгоритмов машинного обучения; увеличение спроса на коллаборативных роботов, способных сотрудничать с человеком в общей рабочей среде, а также на гибкие и индивидуальные решения для робототехнических систем, которые можно перепрограммировать и использовать многократно; увеличение продаж сервисных роботов.

Перспективы развития рынка робототехники огромны. Важными направлениями являются: создание роботов для работы в космическом пространстве, в зонах с высокой радиацией, на больших глубинах океанов; разработка сверхинтеллектуальных роботов, способных обучаться в режиме реального времени и функционировать в автономных саморазвивающихся экосистемах, а также конструирование и совершенствование роботов-помощников (Robear, Obi, Walabot), роботов-компаньонов, нацеленных на оказание физической помощи больным и пожилым людям и психологической для общения (ElliQ), и умственной стимуляции (Pargo).

Важнейшим фактором, который стимулирует увеличение предложения на мировом рынке робототехники, является бурный рост инвестиций в высокотехнологичную сферу, в том числе увеличение финансирования в области роботостроения. Мощная инвестиционная база — это залог успеха генерации и трансфера инноваций. Без огромных финансовых вливаний невозможно достичь требуемого объема производства робототехнических

систем и глобальных целей повсеместного формирования роботизированных предприятий. Преуспевают в мире те, кто осознает и находит источники для инвестиционных вложений в развитие робототехнических производств.

Вторым фактором, стимулирующим развитие высокотехнологичных производств и роботостроения, является формирование спроса на данный вид продукции со стороны всех макроэкономических агентов. Именно совокупный спрос на роботов стимулирует рост мирового рынка робототехники. Его формирование и увеличение зависит от инвестиционных проектов по модернизации промышленных предприятий в различных отраслях, по развитию транспортной и логистической инфраструктуры.

Кроме того, огромное значение имеет спрос со стороны государства, например, в области укрепления обороноспособности страны, а также спрос со стороны домашних хозяйств и различных обществ на роботов-помощников, роботов-ассистентов, роботов-уборщиков и т.п. Спрос со стороны зарубежных агентов, через развитие экспортного потенциала также оказывает влияние на совокупный спрос в стране и, соответственно, на потенциал рынка робототехники. Таким образом, на стимулирование рынка робототехники влияют все виды макроэкономического спроса (спрос со стороны фирм, потребительский спрос и спрос со стороны государства и спрос за границы).

Глобальные геополитические и геоэкономические изменения в мире отражаются и на состоянии мирового рынка робототехники, который также подвергается структурным и пространственным обновлениям. Обостряется конкурентная борьба между различными научно-техническими мировыми центрами в сфере разработок и производства всевозможных робототехнических комплексов.

По данным на 2024 год, объём мирового рынка робототехники составил 94,54 млрд долл., а Азиатско-Тихоокеанского региона 43,49 млрд долл. (таблица 1.1). Ожидается, что к 2034 году этот показатель достигнет

372,59 млрд долл. и 173,25 млрд долл., соответственно, при среднегодовом темпе роста 14,7% [17].

Таблица 1.1 — Прогноз объема мирового рынка робототехники в Азиатско-Тихоокеанском регионе с 2023 по 2034 гг.

года	Объем рынка робототехники в млрд долл. США	
	Мировой рынок	Азиатско-Тихоокеанский регион
2023	82,42	37,91
2024	94,54	43,49
2025	108,43	49,88
2026	124,37	57,21
2027	142,65	65,62
2028	163,63	75,27
2029	187,68	86,33
2030	215,27	99,02
2031	246,91	113,58
2032	283,21	130,28
2033	324,84	149,43
2034	372,59	173,25

(составлено автором на основании [17])

Доля Азиатско-Тихоокеанского региона, где ведущими являются компании Китая, Южной Кореи и Индии, составляет 46%. Росту рынка робототехники в данном регионе способствует реализуемые при поддержке государства стратегии по развитию индустрии робототехники.

Европа, несмотря на увеличение стоимости энергетических ресурсов, а также трудностей в промышленном сегменте, так же стремиться к достижению высоких темпов роста в области роботостроения, в частности, интерактивных развлекательных, образовательных и сервисных роботов из-за увеличения спроса на них. Спрос на промышленных роботов в Германии, Швеции, Дании, Италии, Великобритании так же достаточно высок. То есть фактор спроса ярко проявляет себя в направлении развития рынка робототехники, при этом задача стимулирования инвестиционной деятельности в роботостроении сохраняется.

Внедрение передовых технологий в данном регионе сохраняется на высоком уровне, при этом производство робототехники смещается с

традиционных промышленных роботов в направлении создания коллаборативных роботов, предназначенных к функционированию во взаимодействии с людьми, о чем отмечалось выше.

Объем мирового рынка по различным секторам рынка робототехники и высокотехнологичной продукции в 2024 г. и прогноз до 2034 г. представлен в составленной таблице 1.2.

Таблица 1.2 — Объем мирового рынка робототехники и высокотехнологичной продукции по видам рынков в 2024 г. и прогноз до 2034 г. (в млрд долл.)

Виды рынков по товарным группам	Объем мирового рынка робототехники по товарным группам (прогноз до 2034 г.) (в млрд долл.)											Среднегодовые темпы роста в % (по 2024 г.)
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	
Рынок агентского ИИ в сфере научных открытий и исследований	0,15	0,22	0,36	0,55	0,85	1,30	2,01	3,08	4,74	7,28	11,19	<b>53,7</b>
Рынок смешанной реальности (MR) на мероприятиях в прямом эфире	3,6	5,4	8,0	11,8	17,6	26,2	38,9	57,9	86,1	128,0	190,3	<b>48,7</b>
Рынок возобновляемых дронов	0,16	0,23	0,33	0,48	0,68	0,97	1,39	1,99	2,84	4,06	5,80	<b>42,9</b>
Рынок агентов по разработке политики и управлению на основе ИИ	1,3	1,8	2,6	3,6	5,1	7,2	10,1	14,2	20,0	28,1	39,5	<b>40,7</b>
Рынок человекоподобных роботов с искусственным интеллектом	0,35	0,48	0,65	0,89	1,21	1,65	2,25	3,06	4,17	5,68	7,74	<b>36,2</b>
Рынок квантовых коммуникаций	1,7	2,3	3,1	4,1	5,6	7,5	10,1	13,6	18,3	24,7	33,2	<b>34,6</b>
Рынок AIP - безопасности	0,75	0,99	1,31	1,74	2,29	3,03	4,01	5,30	7,01	9,26	12,25	<b>32,2</b>
Рынок блокчейна для отслеживания цепочек поставок	2,9	3,8	5,0	6,6	8,6	11,3	14,9	19,5	25,7	33,7	44,3	<b>31,4</b>
Рынок ускорителя искусственного интеллекта	20,0	25,7	32,9	4,2	54,1	69,3	88,8	113,9	146,0	187,2	240	<b>28,2</b>
Рынок средств борьбы с дронами	2,5	3,2	4,1	5,2	6,6	8,4	10,7	13,6	17,3	22,0	28,1	<b>27,3</b>

Продолжение таблицы 1.2

Рынок приложений для интеллектуальных транспортных систем	48,1	58,5	71,1	86,5	105,2	127,9	155,5	189,1	229,9	279,6	340,0	<b>21,6</b>
Рынок платформ для торговли на основе ИИ	11,5	13,9	16,8	20,2	24,4	29,5	35,6	42,9	51,8	62,5	75,5	<b>20,7</b>
Рынок моделей безопасности с нулевым доверием в ERP системах	2,1	2,6	3,1	3,7	4,4	5,2	6,3	7,5	9,0	10,7	12,8	<b>19,6</b>
Рынок нано-SSD	1,8	2,1	2,5	2,9	3,5	4,1	4,9	5,8	6,9	8,2	9,7	<b>18,6</b>
Рынок робототехнических наборов для учащихся	1,07	1,26	1,48	1,74	2,05	2,40	2,82	3,32	3,90	4,58	5,38	<b>17,5</b>
Рынок роботов для очистки солнечных панелей	0,36	0,40	0,46	0,52	0,58	0,66	0,75	0,85	0,96	1,08	1,23	<b>13,2</b>
Рынок устройств для генерации речи (SGD)	0,35	0,39	0,43	0,48	0,54	0,60	0,66	0,74	0,82	0,91	1,01	<b>11,2</b>
Рынок встроенных систем безопасности	10,2	11,2	12,3	13,6	14,9	16,4	18,1	19,9	21,9	24,0	26,5	<b>10,0</b>
Рынок ИТ-устройств	2900	3100	3400	3800	4200	4600	5000	5500	6100	6700	7300	<b>9,9</b>
Рынок морских беспилотных летательных аппаратов	4,5	4,9	5,4	5,9	6,4	7,1	7,7	8,4	9,2	10,1	11,1	<b>9,4</b>
Рынок полупроводниковых фильтров	1,29	1,41	1,54	1,68	1,83	1,99	2,17	2,36	2,58	2,81	3,06	<b>9,0</b>
Рынок промышленных ПК (IPC)	6,14	6,59	7,07	7,59	8,14	8,73	9,37	10,05	10,79	11,58	12,42	<b>7,3</b>
Рынок AMHS для полупроводников	3,11	3,33	3,56	3,81	4,07	4,36	4,67	4,99	5,34	5,71	6,11	<b>7,0</b>
Рынок мультимедийных чипсетов	29,9	31,6	33,4	35,3	37,3	39,4	41,7	44,1	46,6	49,2	52,1	<b>5,7</b>
Рынок высокоточных управляемых боеприпасов	37,9	40,0	42,2	44,5	47,0	49,5	52,3	55,1	58,2	61,4	64,7	<b>5,5</b>

(составлено автором на основании [18-26])

Объем мирового рынка по различным секторам рынка робототехники и высокотехнологичной продукции в 2023 г. и прогноз до 2033 г. представлен в таблице 1.3

Таблица 1.3 — Объем мирового рынка робототехники и высокотехнологичной продукции по видам рынков в 2023 г. и прогноз до 2033 г (в млрд долл.)

Виды рынков по товарным группам	Объем мирового рынка робототехники по товарным группам (прогноз до 2033 г.) (в млрд долл.)											Средние годовые темпы роста в % (по 2023 г)
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	
Рынок искусственного интеллекта в автомобильной промышленности	5,6	7,7	10,6	14,5	20,0	27,4	37,7	51,8	71,1	97,7	134,3	<b>37,4</b>
Рынок телекоммуникационных API	276,5	326,5	385,7	455,5	537,9	635,2	750,2	886,0	1046	1236	1460	<b>18,1</b>
Рынок микроконтроллеров с ultra-low-power	5,3	5,9	6,5	7,2	7,9	8,7	9,6	10,7	11,8	13,0	14,4	<b>10,5</b>
Рынок систем управления ж/д транспортом (RMS)	49,3	54,2	59,7	65,6	72,2	79,4	87,3	96,1	105,7	116,2	127,9	<b>10</b>
Рынок носимых устройств, напечатанных на 3D-принтере	4,2	4,5	4,9	5,3	5,8	6,3	6,8	7,3	7,9	8,6	9,3	<b>8,3</b>
Рынок EMS	540	597	660	730	808	893	988	1093	1208	1336	1478	<b>7,1</b>

(составлено автором на основании [27-30])

Не смотря на достаточно условный проведенный экспертами прогноз, основанный на темпах роста за базовый год, можно утверждать, что мировой рынок роботизированной и высокотехнологичной продукции показывает тенденцию к быстрому росту. Конечно, темпы роста 2024 г. могут быть не достигнуты в последующие годы в силу различных геополитических и геоэкономических и других причин, но уже достигнутые показатели в 5-50% значительны, а некоторые и беспрецедентны. Без достижения таких значений темпов роста нельзя войти в список передовых стран в данных областях.

Как отмечено выше, доля Азиатско-Тихоокеанского региона на рынке данных типов продукции высока. Однако пока на рынке человекоподобных роботов с искусственным интеллектом ведущее место занимает Северная Америка, на ее долю приходится 53,4 % мирового рынка.

Аналитики называют различные факторы, обуславливающие значительный рост данного рынка: развитая инфраструктура исследований и разработок; раннее внедрение передовых технологий; значительные инвестиции со стороны правительства; большие объемы частных инвестиций, растущий спрос в таких отраслях как здравоохранение, розничная торговля и гостиничный бизнес. В Европе и странах Азиатско-Тихоокеанского региона также возрастает спрос на роботов с ИИ в сфере здравоохранении розничной торговле и государственных услуг, что является важным фактором роста рынка робототехники. Однако по плотности применения роботов, ведущие страны Азиатско-Тихоокеанского региона, в том числе и Китай, обгоняют США, что отражено в таблице 1.4

Таблица 1.4 — Плотность роботизации в обрабатывающей промышленности в 2016, 2021 и 2023 гг. на 10 тысяч сотрудников

Страны	2016	2021г.	2023 г	Темпы прироста 2023 к 2016 (%)	Темпы прироста 2023 к 2021 (%)
Южная Корея	631	1000	1012	60,0	1,2
Сингапур	488	670	770	57,8	14,9
Китай	68	322	470	6,9 раза	1,46 раза
Германия	309	397	429	38,8	8,1
Япония	303	399	419	38,3	5,0
Швеция	223	321	347	55,6	8,1
....					
США	189	274	295	56,1	7,7
Россия	3	8	19	6,3 раза	2,4 раза
	Средние значения плотности роботизации				
Европа	99	129	219	2.2 раза	1,69 раза
Северная Америка	84	153	197	2,3 раза	1,29 раза
Азия	63	156	182	2,9 раза	1,17 раза
Весь мир	74	141	162	2,2 раза	1,15 раза

(составлено и рассчитано автором на основании [31-36])

Данные показывают, что по плотности размещения роботов первые три места в мире занимают страны Азиатско-Тихоокеанского региона. При этом число роботов на 10 тыс. сотрудников в Китае с 2016 г. возросло к 2023 г почти в 7 раз.

В 2023 г. Южная Корея превышала среднемировые значения в 6,2 раза, Китай - в 2,9 раза, США - в 1,8 раза, Россия отставала в 8,5 раза.

В последние годы отмечаются высокие темпы роста Китая по плотности роботизации. По данным Международной федерации робототехники (IFR), в 2021 г. Китай превзошел США по плотности роботизации [33], а в 2023 году опередил Германию и Японию [37].

В 2022 году Китай импортировал промышленных роботов на сумму в 2 млрд долл. [38]. При этом китайские специалисты отмечают, что расходы Китая на технологии растут, и в 2025 году 70% всех роботов будут производиться внутри страны, поскольку «Китай стремится стать сверхдержавой в области робототехники» [39].

В августе 2024 года в Китае появился «государственный фонд с бюджетом 1,4 млрд долл. для стимулирования разработок в сфере робототехники..., а также для ускорения формирования цепочек поставок компонентов и оборудования в сфере робототехники» [37]. Цель – достижение плотности роботов в количестве 500 на 10 тыс. работников.

Во всех передовых в сфере производства робототехники странах существуют программы развития и финансирования роботостроения.

В докладе «Мировые программы исследований и разработок в области робототехники на 2025 год», опубликованном Международной федерацией робототехники, анализируются программы исследований и разработок и официальные стратегии финансирования роботостроения в Азии, Европе и Северной и Южной Америке. В таблице 1.5 отражены ключевые цели и объём финансирования отрасли роботостроения для некоторых стран.

Таблица 1.5 — Программы исследований, разработок и финансирования роботостроения

Страна	Программы исследований и разработок	Ключевые цели	Финансирование
Китай	<p>1. «14-й пятилетний план» по развитию робототехнической промышленности рассчитан до 2025 года. Программа, опубликованная в декабре 2021 г. Министерством промышленности и информационных технологий.</p> <p>2. «Основная специальная программа по интеллектуальным роботам» была обновлена в июле 2024 года.</p>	<p>Сделать Китай мировым лидером в области робототехники и промышленного развития.</p> <p>Развитие передовых фундаментальных технологий, например, обучение генеративных моделей искусственного интеллекта.</p> <p>Способствовать развитию независимых ключевых отраслей национальной экономики.</p>	<p>Бюджет в размере около 45,2 млн долларов США (около 329 млн юаней).</p>
Япония	<p>1. «Новая стратегия в области робототехники».</p> <p>2. Программа исследований и разработок Moonshot», запущенная в 2020 году, будет действовать до 2050 года.</p>	<p>Сделать страну мировым лидером в области инноваций в сфере робототехники.</p> <p>Десять целей программы Moonshot в области общества, окружающей среды и экономики направлены на достижение «благополучия человека»: старение населения и глобальное потепление.</p> <p>Создание роботов с искусственным интеллектом, обучающихся самостоятельно, адаптирующихся к окружающей среде, развивающихся интеллектуально и действующих вместе с людьми.</p>	<p>Бюджет составляет 440 млн долларов США (25 миллиардо в иен).</p>

Продолжение таблицы 1.5

Южная Корея	«4-й базовый план по интеллектуальным роботам» принятый Правительством в январе 2024 года, который будет действовать до 2028 года.	Развитие робототехнической отрасли как ключевой отрасли для Четвёртой промышленной революции, основанной на инновациях в производстве и сфере услуг. Совершенствование технологий, рабочей силы и корпоративной конкурентоспособности, составляющие основу корейской робототехнической отрасли. Укрепление стратегического межкорпоративного, международного и межрегионального сотрудничества в сфере робототехники.	Инвестиции в размере 128 млн долларов США (180 млрд вон).
Страны Евросоюза	«Горизонт Европа» — это ключевая программа Европейского союза в области исследований и инноваций, рассчитанная до 2027 года. Программа работ в области робототехники на 2023–2025 годы, которая была частично обновлена в апреле 2024 года.	Укрепление научно-технической базы ЕС, повышение инновационного потенциала и конкурентоспособности. Обеспечение промышленного лидерства в области искусственного интеллекта, данных и робототехники, перехода к чистой энергетике и инновационным инициативам в области здравоохранения.	Бюджет 100 млрд долларов США (95,5 млрд евро) Европейская комиссия выделяет 183,5 млн долл. США (174 млн евро)
Германия	1. Научно-исследовательская и инновационная программа «Стратегия высоких технологий 2025 (HTS)» рассчитана до 2026 года. 2. «План действий по исследованию робототехники»	Направлен на поддержку взаимодействия исследовательских центров, таких как «Институт робототехники Германии», поддержку квалифицированных кадров и внедрение результатов исследований в области робототехники.	Общий бюджет составляет 369,2 млн долларов США (350 млн евро).
США	1. Программы НИОКР в области робототехники, реализуемые США, проводимые Национальным научным фондом (NSF). 2. «Космическая робототехника» НАСА. 3. «Военная робототехника и автономные транспортные средства» Министерства обороны	Фундаментальные исследования в области интеллектуальной робототехники и автономных систем.  Разработка автономных и роботизированных технологий.	Бюджет Министерства обороны на 2023 10,3 млрд долларов США.  Общий бюджет «Артемиды» на

	<p>(DoD).</p> <p>4. НАСА запустило Проект «Артемида» для отправки астронавтов на поверхность Луны и разработки перспективных возможностей для полётов на Марс после 2024 года. В рамках программы по исследованию Марса.</p> <p>5. Исследовательские программы Национального научного фонда.</p>	<p>Разработка и использование робототехники на рабочих местах, в больницах, сообществах и домах.</p>	<p>2021–2025 финансовые годы составляет 53 млрд. долларов США</p> <p>Бюджет на 2024 год около 70 млн долларов.</p>
--	--	--	--

(составлено автором на основании [40,41])

Таким образом, можно заключить, что роботостроение в мире демонстрирует хорошие темпы роста и привлекает значительные инвестиции. Робототехника играет важную роль в обеспечении конкурентоспособности экономик стран. Однако, технологические и геоэкономические реалии меняют структуру мирового рынка робототехники.

Несмотря на достаточно быстрые темпы роста в США, страны Азиатско-Тихоокеанского региона демонстрируют стремительное развитие робототехнических отраслей и рынков. Южная Корея, Сингапур и теперь Китай являются тройкой лидеров в области производства робототехнических комплексов. Для развития рынка робототехники необходима поддержка научно-технического развития и стимулирование высокотехнологичных отраслей со стороны государства. Было отражено, что как в США, так и в Китае государство уделяет значительное внимание развитию отрасли роботостроения и финансирует разработки и производство робототехнических систем.

#### **1.4. Систематизация факторов, обуславливающих особенности развития российской индустрии робототехники как экономико-технологической системы с учетом динамических изменений**

В России также начали уделять большое внимание развитию роботостроения, как со стороны Правительства, так и со стороны бизнеса. Стоит задача формирования российской индустрии робототехники как экономико-технологической системы.

Необходимо учитывать особенности формирования российской индустрии робототехники как экономико-технологической системы, которые обуславливаются геополитическими, социально-экономическими, технологическими и институциональными факторами.

«Важнейшими геополитическими факторами, которые с одной стороны, затрудняют, а с другой – обуславливают необходимость скорейшего формирования эффективно функционирующего рынка робототехнических систем, являются следующие» [42, С.148].

Во-первых, «огромное количество введенных разнообразных санкций» [43, С.89], которые: свели на нет возможность приобретения готовой современной робототехники у мировых лидеров из-за ограничения валютных платежей в долларах; в условиях сильной зависимости от импортных комплектующих создали трудности с поставками и закупками комплектующих для робототехнических систем; привели к закрытию производств иностранными компаниями на территории России; закрыли каналы для иностранных инвесторов по финансированию российских производителей; ограничили доступ к зарубежным технологиям с области роботостроения.

Во-вторых, непринятие тенденции к многополярному развитию усиливает противоборство различных мировых акторов, что заставляет нашу страну отстаивать национальный суверенитет, который «опирается на экономико-технологическую безопасность страны» [44, С.34]. Стремление к

многополярности и к достижению прочных позиций в мировом геополитическом и экономическом пространстве вынуждает Россию обеспечить комплексное развитие высокотехнологических производств, в том числе и индустрии робототехники.

Финансово-экономические факторы также обуславливают некоторые особенности и сложности формирования эффективного российского рынка робототехники. Среди них надо уделить внимание следующим факторам.

Во-первых, формирование российской индустрии робототехники происходит в условиях ограниченного финансирования. Иностранные инвесторы больше не вкладывают в российскую экономику из-за введенных санкций. Российские инвесторы массово не вкладывают свои финансовые ресурсы в пока еще не сформированную индустрию робототехнических систем, кроме того, направление ресурсов в банковскую сферу в сложившихся условиях значительно выгоднее из-за высоких процентных ставок, чем вложения в реальный сектор. Кредитные источники многим предприятиям недоступны из-за высокой ключевой ставки, которая обуславливает рост процентов за кредит, превышающих норму прибыли бизнеса.

Льготные кредиты и государственное финансирование предприятий в оборонной промышленности в силу сложной, как уже отмечалось, геополитической обстановки, позволяют успешно развивать производство робототехники военного назначения, что, несомненно, является драйвером развития данной индустрии и обеспечивает оборонную безопасность страны. Но при этом проявляется структурная диспропорция в области производства робототехники для гражданской промышленности, которая тоже должна развиваться быстрыми темпами для обеспечения экономической и технологической безопасности страны.

Во-вторых, кроме финансовых ресурсов огромное значение для формирования эффективно функционирующего рынка робототехнических систем необходимо наличие сырьевых и трудовых ресурсов. Обеспеченность

сырьевыми ресурсами, в частности, энергетическими, обеспечивает потенциальную возможность успеха и быстрого прорыва в области производства робототехники. Наличие различных видов материалов, в том числе и современных их видов также является базой для успехов в производстве робототехнической продукции.

Однако с кадровыми ресурсами в стране существуют сложности из-за оттока квалифицированных кадров и специалистов в области роботостроения и высоких технологий. Более низкие заработные платы и невозможность быстро реализовать свой потенциал в России вынуждают высококвалифицированных специалистов уезжать зарубеж и реализовывать свои компетенции на иностранных рынках робототехники.

В-третьих, высокая стоимость робототехники ограничивает спрос на данную продукцию со стороны различных предприятий и организаций, которые предпочитают сохранить у себя более трудоемкое производство при не очень высоких уровнях заработной платы работников. Невозможность роботизации своих производств у большинства средних и мелких предприятий из-за финансовых и кадровых ограничений, а также инновационная пассивность уменьшают потенциальный спрос на робототехнику и не стимулируют ее предложение.

Инновационно-технологические факторы являются не менее важными.

Во-первых, зарубежные технологические решения и комплектующие лежали в основе формирования российского производства робототехники. Недостаток российских технологий, при потере доступа к иностранным технологиям из-за санкционного давления, сразу оказал негативное влияние на производство робототехнических систем. Технология – это основа производства сложной продукции во всех отраслях, в том числе и роботостроении.

Во-вторых, слабое развитие некоторых производств в стране, в частности, полупроводниковой продукции и электронных чипов, очень сильно подрывает возможность бурного развития роботостроения, что, в

свою очередь, имеет негативное влияние на развитие самих полупроводниковых заводов и снижает эффективность производства на них.

В-третьих, недостаток специализированной инновационной инфраструктуры замедляет генерацию и трансфер инноваций в области создания робототехнических систем. Кроме того, внедрение и коммерциализация инноваций отстают от имеющегося потенциала российского рынка робототехники, что проявляется в отсутствии конкурентоспособных компаний на мировой арене.

Социально-психологические факторы также обуславливают специфику формирования российского рынка робототехнических систем.

Во-первых, даже отток квалифицированных специалистов в области информационных технологий и роботостроения не ликвидирует потенциальную базу кадрового потенциала и уровня компетентности, поскольку, следует отметить, что в России всегда была традиционно сильная инженерная и физико-математическая школа. Это позволяет решать сложные комплексные технические задачи и принимать современные технологические решения на фоне роста популярности технического образования в стране.

Во-вторых, относительно небольшая численность населения по сравнению со многими другими странами не обостряет проблему потери рабочих мест из-за повсеместного внедрения роботов. При наличии дефицита кадров в стране по всем отраслям, интеграция робототехнических систем в производственный и другие процессы положительно скажется на производственную культуру и освободит человека от монотонного или вредного труда.

В-третьих, если в целом у российского населения нет опасения замены работника роботом, но восприятие, эмоциональна связь и ожидания от общения с роботами пока двойственны. Одни считают, что роботы могут быть друзьями и помощниками, способными на эмпатию, другие могут испытывать негативные эмоции и тревогу при взаимодействии с роботами.

Это становится важной проблемой при внедрении коллаборативных роботов в производство.

Природно-пространственные факторы оказывают определенное влияние на формирование рынка робототехнических систем в России.

Во-первых, огромная территория страны является отличным полигоном для повсеместного внедрения робототехнических систем, как в производственные процессы, так и транспортно-логистические сети. Огромная малонаселенная территория будет способствовать развитию беспилотного транспорта всех видов. Беспилотная техника будет способствовать укреплению безопасности России по всей более 60 тысяч километровой границе страны.

Во-вторых, дальнейшее пространственное промышленное развитие будет реализовывать ресурсный потенциал страны, включающий в себя все возможные виды природно-сырьевых ресурсов, что является мощной базой для развития всех отраслей страны, в том числе и роботостроения. Симбиоз ресурсов и технологий - это ключ для процветания страны. Ресурсы есть – главной задачей являются – технологии.

Институциональный фактор, дающий потенциальную возможность экономического развития любой отрасли в случае эффективной реализации.

Во-первых, государственная поддержка посредством субсидий, льготных кредитов высокотехнологичных производств, IT- сферы и роботостроения, в первую очередь, связанные с обеспечением обороноспособности страны, что является приоритетом в сложной геополитической обстановке.

Во-вторых, государственная политика в сфере образования, направленная на приоритетное развитие инженерного образования и профессиональную подготовку специалистов среднего технического звена. Успешная адаптация образования к новым технологическим вызовам на базе уже имеющейся классической системы физико-математического

образования обеспечит насыщенность производств высококвалифицированными специалистами.

В-третьих, осознание приоритета стратегического планирования макроэкономического развития страны позволило принять целый ряд стратегий и концепций в направлении экономико-технологического развития страны. Эффективная реализация разработанных концепций и стратегий позволит сформировать рынок высокотехнологичной продукции и повысить конкурентоспособность российских компаний на мировом рынке, в том числе и робототехники. Стратегия утверждена, но стоит задача ее эффективной реализации.

В-четвертых, обязательным для успешной реализации всех стратегических целей является наличие четкой и обоснованной законодательно-правовой базы, ее отсутствие или устаревание выступает тормозом в технологическом развитии экономики. Если теория не отражает реальную действительность, то необходима новая теория, при всей важности теоретических концепций. Если законодательно-правовая база не соответствует современной ситуации и тенденциям экономического развития, что иногда проявляется в оборонной промышленности в условиях геополитических вызовов, то необходима срочная законодательно-правовая корректировка.

Таким образом, существует огромное количество факторов, определяющих специфику и особенности формирования рынка высокотехнологичной продукции, в том числе и роботостроения. Все указанные факторы могут выступать драйвером развития всех приоритетных отраслей в случае их учета и реализации. Страна имеет огромный потенциал для технологического процветания, главное не заглушить его, а реализовать. Поэтому позитивные факторы необходимо учитывать и реализовывать, а негативные аспекты необходимо точно срочно корректировать и закрывать.

## **2. Формирование системы инструментов для роста рынка робототехники в рамках концепции экономико-технологического развития российской экономики**

### **2.1. Моделирование спроса для выявления и обоснования факторной зависимости на рынке робототехники**

Исходя из классического определения платежеспособного спроса, как требование экономического агента на товары и услуги, подкрепленное деньгами, можно отметить, что спрос на рынке робототехники представляет собой желание потребителей данного вида продукции приобрести различные типы роботов и робототехнических комплексов для интеграции их в свои производственные, сервисные или логистические процессы.

Потребители робототехнической продукции используют уже готовые роботизированные решения для автоматизации своего производства с целью повышения производительности труда и изменения структуры своих издержек и повышения качества производимой продукции.

Потребителями робототехнической продукции являются предприятия, организации и учреждения в различных сферах и отраслях. Значительной частью заказчиков робототехники являются промышленные предприятия. Предприятия включают в себя три больших сегмента: крупный бизнес, средний и малый бизнес. В большей степени они различаются по видам приобретаемых систем, а не по степени роботизации. По уровню роботизации малые предприятия могут быть сопоставимы со средними и крупными, если они приняли у себя те или иные робототехнические решения.

Различие заключается в том, что крупные предприятия с массовым и крупносерийным производством (например, автомобильным) заинтересованы в приобретении больших робототехнических систем для

обеспечения высоких требования стандартов, качества продукции и надежности оборудования. Малые и средние предприятия приобретают отдельных роботов и отдельные робототехнические решения. На малых предприятиях производственные задачи бывают более гибкими и динамичными, что требует отдельные роботизированные решения. На малых или средних предприятиях может быть организовано единичное производство сложной продукции (например, космической), когда требуется более дорогостоящее робототехническое оборудование, «что дополнительно требует внедрения стратегического управленческого учета» [45, С.4].

Следующее различие потребителей заключается в том, что некоторые предприятия, в большей степени малые и средние, заказывают весь комплект робототехнических решений, включая самих роботов, а также все мероприятия по их интеграции в производственный процесс, поскольку не обладают необходимыми компетенциями по внедрению роботизированной техники.

Кроме компетентных специалистов для роботизации требуются значительные средства. «Стоимость самих роботов может составлять около 30-50% от стоимости конечного решения – робототехнического комплекса (РТК), который включает в себя дополнительное оборудование, специализированную технику, написание программного кода для комплекса и многое другое» [46].

Другая группа предприятий, чаще всего крупные, закупают роботизированную систему и интегрируют ее собственными силами, используя имеющихся компетентных специалистов на предприятии. Хотя могут на первоначальном этапе внедрения обратиться к услугам сторонних интеграторов, а организовывать все дальнейшие технологические решения усилиями своих специалистов.

По назначению и области применения выделяют промышленную и сервисную робототехнику. Первая предназначена для использования в автоматизации промышленности, например, автомобильной

металлургической и т.п., а сервисная используется в непроизводственной сфере, например, в сельском хозяйстве, науке, медицине, быту, обороне и охранной деятельности.

Следует проанализировать отраслевое деление потребителей промышленной робототехники. Статистика из различных источников несколько отличается.

По данным Национальной ассоциации участников рынка робототехники (НАУРР) в 2018 г. больше всего роботов из 1007 применялось в автомобильной промышленности, что отражено на рисунке 2.1. На втором месте стоит машиностроение, третье место занимает пищевая промышленность.

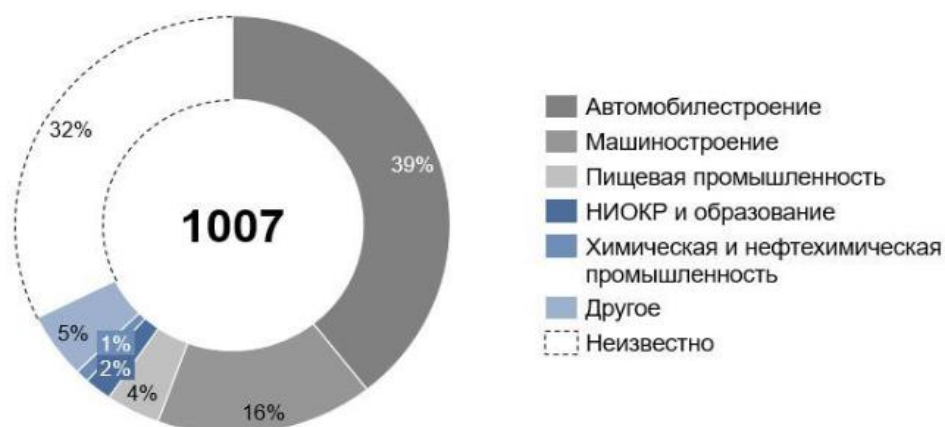


Рисунок 2.1 – Структура использования роботов по отраслям [47]

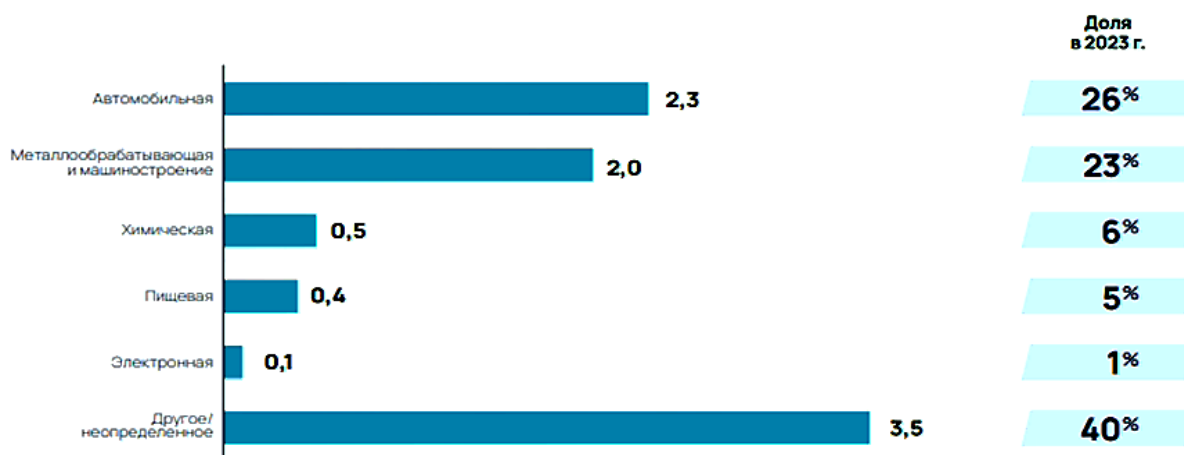
По данным Института статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ, только 18,4% предприятий активно используют промышленных роботов.

Структура использования промышленных роботов по отраслям промышленности отличается от данных НАУРР, что отражено на рисунке 2.2.

Отрасли обрабатывающей промышленности	Россия
Производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях и ветеринарии	35.0
Производство резиновых и пластмассовых изделий; прочей неметаллической минеральной продукции	29.7
Производство пищевых продуктов, напитков, табачных изделий	23.2
Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели; производство бумаги и бумажных изделий; деятельность полиграфическая и копирование носителей информации	20.8
Производство металла; готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	20.5
Производство компьютеров, электронных и оптических изделий	18.6
Производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов; прочих транспортных средств и оборудования	18.4
Производство электрического оборудования	17.0
Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	17.0
Производство текстильных изделий, одежды, кожи и изделий из кожи	14.8
Производство химических веществ и химических продуктов	13.5
Производство мебели; прочих готовых изделий; ремонт и монтаж машин и оборудования	5.3
Производство кокса и нефтепродуктов	4.6

Рисунок 2.2 – Удельный вес организаций обрабатывающей промышленности, использовавших «промышленных роботов в 2022 г., в процентах» [48]

Аналитики консалтингового агентства Kert отметили, ссылаясь на данные IFR, что в 2023 г., основными отраслями потребителями робототехники являются автомобильная промышленность, металлообрабатывающая и машиностроение, на которые в совокупности приходится 49% от общего количество роботов, применяемых предприятиями в России, что отражено на рисунке 2.3



Источник: IFR – World Robotics Report 2024, Industrial Robots

Рисунок 2.3 – Эксплуатационный парк промышленных роботов в России по отраслям, по данным IFR, тыс. ед. 2023 [49]

Если проанализировать потребителей промышленных роботов по типам операций, то, по мнению экспертов Военного обозрения (MilitaryReview), российская отраслевая структура применения роботов отличается от мировой. В 2019 г на первом месте 80% стояло применение роботизированных систем для сварки и резки металлов, на втором месте - штабелирование и перемещение товаров в пищевой и фармацевтической промышленности [46].

По мнению экспертов (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ, первое место по типу операций робототехнические системы использовались в 2016-2018 гг. предприятиями для перемещения материалов, второе - для сварки, третье для паллетирования, что отражено на рисунке 2.4

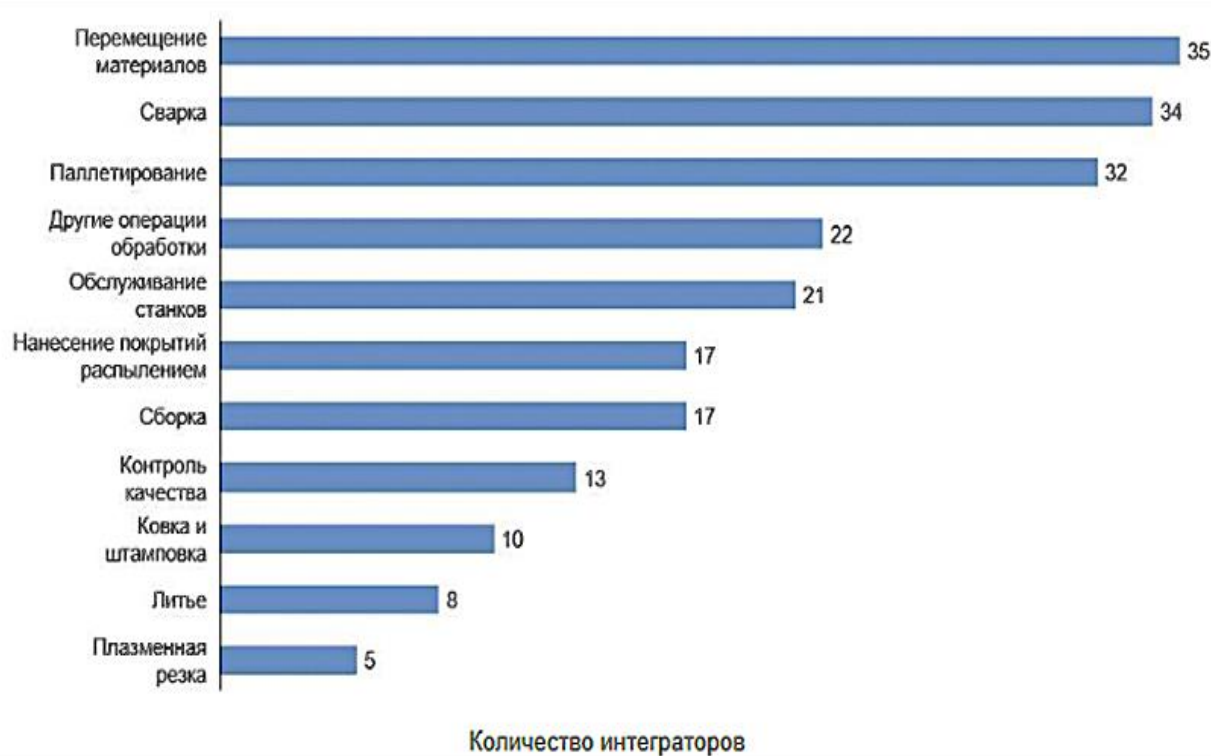


Рисунок 2.4 – Количество интеграторов, внедривших промышленных роботов для различных типов операций в период 2016-2018 гг. [48]

Эксперты консалтингового агентства Керт называют основными шесть сфер применения роботов на российском производстве, что отражено на рисунке 2.5.

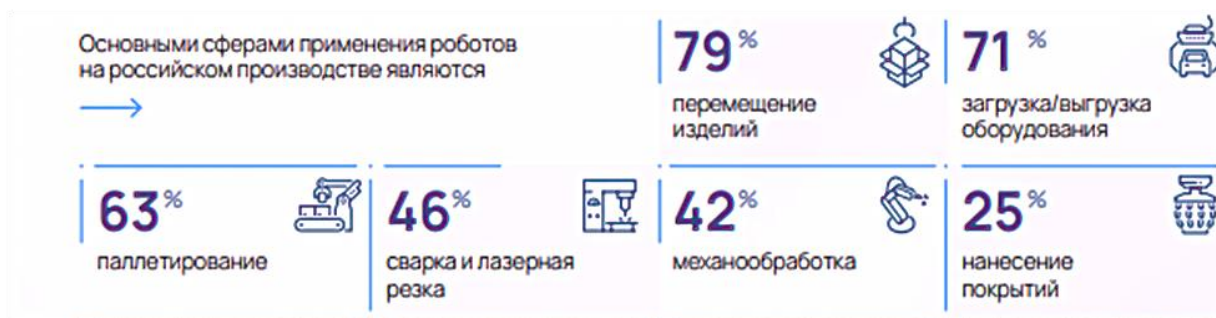


Рисунок 2.5 – Применения роботов на российском производстве [49]

По региональному аспекту внедрение промышленных роботов в 2023 и 2024 гг. по данным НАУУР первые три места занимают предприятия в Центральном федеральном округе, Северо-Западном федеральном округе и Приволжском федеральном округе, соответственно [50], что отражено в составленной таблице 2.1.

Таблица 2.1 — Доля используемых промышленных роботов в процентах от общего числа по трем ведущим по роботизации Федеральным округам

Года	Федеральные округа		
	Центральный	Приволжский	Северо-Западный
2023	33,61	31,74	18,18
2024	35,7	27,5	15,8

(составлено автором на основании [51])

По данным исследования ReIndustry, проведённого консалтинговой компанией «КСЛ», в 2025 году ожидается почти вдвое больший спрос на роботизацию и автоматизацию, по сравнению с 2024 годом. Ожидается, что показатель вырастет до 8,4% с 4,6% [52].

На мировом рынке сервисной робототехники робототехнических комплексов наблюдается рост, на эти темпы роста влияют такие факторы, как широкое внедрение цифровых технологий, повышение осведомленности о состоянии здоровья и удобство онлайн-медицинских услуг. По прогнозам, выручка на рынке сервисной робототехники в 2025 году достигнет 40,58 млрд долл. Ожидается, что среднегодовой темп роста за период 2025-2029 гг.

составит 11,01%, в результате чего к 2029 году объём рынка достигнет 61,62 млрд долл. [53].

В России также с ростом автоматизации и потребности в бесконтактных услугах рынок сервисной робототехники в рамках рынка робототехники испытывает растущий спрос на роботов в таких отраслях, как гостиничный бизнес, розничная торговля и здравоохранение. Согласно данным НАУРР, российский рынок сервисных роботов достиг объема в 5,8 млрд рублей в 2023 году [54].

Распределение по отраслям за 2023 г., по данным представленным НАУРР, отражено на рисунке 2.6.

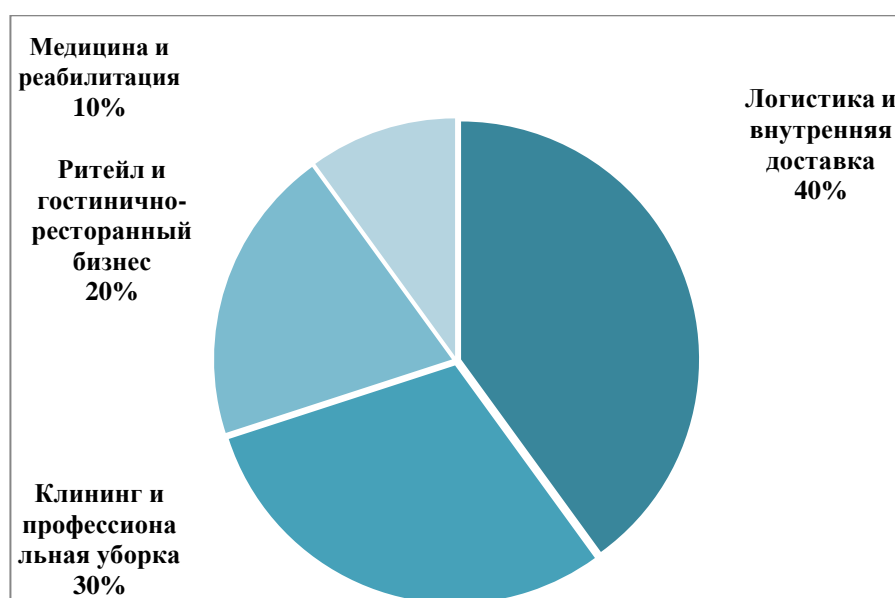


Рисунок 2.6 – Структура применения сервисной робототехники по отраслям (составлено автором на основании [54])

На формирование спроса на робототехнические комплексы влияет большое количество факторов, поэтому функцию спроса можно записать в следующем виде:

$$Q_{pk} = f(P_{pk}, I, T_i, L, B, In, W, K, E) \quad (2.1), \text{ где}$$

$Q_{pk}$  - объём спроса на робототехнические комплексы (РТК);  $P_{pk}$  - цена робототехнического комплекса;  $I$  - объём доступных инвестиций;  $T_i$  - сроки окупаемости инвестиций в РТК;  $L$  - кадровый состав предприятия;  $B$  - архитектура бизнес-процессов;  $In$  - инновационный климат на предприятии;  $W$  - уровень заработных плат;  $K$  - компетенции сотрудников;  $E$  - ожидания бизнеса.

Система принятия решения о проведении роботизации на предприятиях различных типов может быть основана на учете факторной зависимости и значимости каждого из факторов, определенной экспертным путем.

$$PP_{Qpk} = \sum_{i=1}^9 a_i \Phi_i \quad (2.2)$$

Где:  $PP_{Qpk}$  – принятие решения по формированию спроса на робототехнический комплекс по  $\Phi_i$ - i-й фактор, влияющий на принятие решения по формированию спроса на робототехнический комплекс;  $a_j$  – весовые коэффициенты каждого фактора, влияющие на принятие решения по формированию спроса на робототехнический комплекс, определяемые экспертным методом,  $\sum_{i=1}^9 a_i = 1$ .

Результаты анализа выявят те факторы, которые в большей степени влияют на принятие решения об интеграции робототехнических систем в производство. Руководители смогут уделить большее внимание тем или иным факторам и ускорить процесс роботизации, что послужит драйвером развития спроса на рынке робототехники. Опрос руководителей предприятий, аналитиками консалтингового агентства Kert, показал следующие результаты, отраженные на рисунке 2.7.

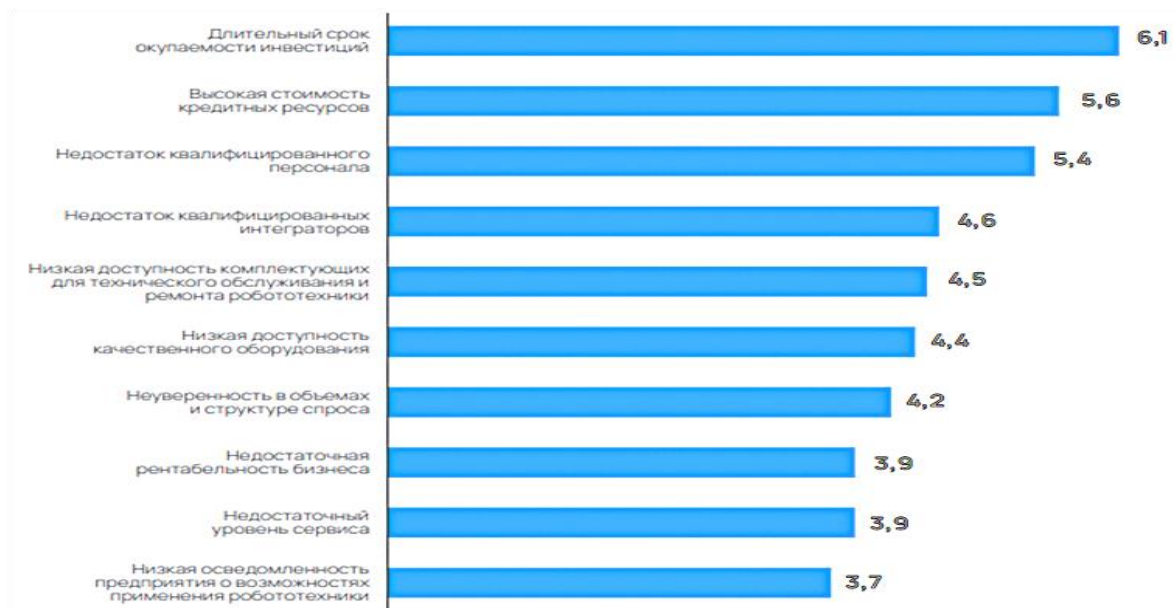


Рисунок 2.7 – Факторы, ограничивающие использование промышленных роботов. Оценка предприятий - потребителей по шкале от 1 до 10, где 10 – наиболее сильное препятствие, 1 – не препятствует развитию [49]

Анализ различных опросов и мнений экспертов консалтинговых компаний, групп и агентств, а также руководителей ряда предприятий [52,55-61] позволил произвести расчеты и выявить наиболее важные факторы, от которых зависит спрос на робототехнические системы для различных типов предприятий, что подробно представлено в приложении А.

При обработке материалов коллективной экспертной оценки были использованы методы теории ранговой корреляции. Для количественной оценки степени согласованности мнений экспертов был рассчитан коэффициент конкордации (2.3):

$$V = \frac{12d}{m^2(n^3 - n)}, \quad (2.3)$$

где  $V$  – коэффициент конкордации;  $m$  – количество экспертов;  $n$  – количество факторов, влияющих на принятие решения по формированию спроса на робототехнический

комплекс;  $d = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=2}^{m-1} r_{ij} - 0,5m(n+1) \right]^2$

Коэффициент составил 0,72, что позволяет утверждать о достаточной согласованности между собой рядов предпочтительности, построенных каждым экспертом.

Для малых предприятий, не имеющих свои интеграционные подразделения, регрессионное уравнение будет иметь следующий вид:

$$PP_{Qpk} = 0,26\Phi_{P_{pk}} + 0,11\Phi_I + 0,11\Phi_{T_i} + 0,18\Phi_L + 0,02\Phi_B + 0,06\Phi_{In} + 0,04\Phi_W + 0,18\Phi_K + 0,04\Phi_E$$

Из данного уравнения видно, что для малого предприятия на первом месте стоит показатель цены, на втором - кадры и компетенции, на третьем - срок окупаемости и объем доступных инвестиций. Остальные показатели имеют меньшее значение, и не выявляют какую-то обязательную зависимость.

«Малые предприятия в основном обладают ограниченными финансовыми ресурсами, поэтому обращают внимание на цену робототехнического комплекса» [62, С.244].

Это переносит наше внимание на себестоимость продукции робототехнических производств, что будет проанализировано в дальнейшем. Кроме того, при ограниченных собственных финансовых ресурсах и высоких процентных ставках на кредитные ресурсы у малых предприятий возникает проблема необходимого объема инвестиционных ресурсов. При использовании все же кредитных ресурсов встает вопрос о сроках окупаемости вложений.

Говоря о вторых по значимости показателях для малых предприятий, это, как было уже отмечено, кадровый состав и компетентность специалистов, которые будут работать с внедренным робототехническим комплексом. «Малые предприятия в силу ограниченного фонда оплаты труда не могут позволить себе достаточное число высококвалифицированных специалистов, способных интегрировать робототехническую систему в производственный процесс, поэтому они обращаются к компаниям-интеграторам, что еще больше удорожает процесс внедрения робототехнического комплекса и в дальнейшем его обслуживания» [63].

Аналогичные расчеты для средних предприятий, не имеющих в штате специалистов по внедрению робототехнических систем, показали следующий результат:

$$PP_{QPK} = 0,11\Phi_{P_{PK}} + 0,12\Phi_I + 0,12\Phi_{T_i} + 0,19\Phi_L + 0,02\Phi_B + 0,06\Phi_{In} + 0,04\Phi_W + 0,19\Phi_K + 0,15\Phi_E$$

На первые три места вышли показатели кадрового состава и компетенции сотрудников, на втором месте показатель ожидания бизнеса, на третье место вышли показатели срока окупаемости и объема доступных инвестиций.

«Проблема с высококвалифицированными специалистами остра, как и для малых предприятий, и стоит на первом месте. Отсутствие отдела по интеграции робототехнических систем сильно ограничивает приобретение, в целом более сложных в ряде случаев робототехнических систем, чем закупки малых предприятий, в силу более масштабных и сложных производственных процессов. В связи с этим перед средними предприятиями, поставившими

перед собой цель роботизации производства, стоит задача организации собственных отделов по интеграции робототехнических систем, или хотя бы по их дальнейшему обслуживанию» [63].

Показатель ожидания бизнеса является достаточно важным для средних предприятий, поскольку в случае негативных прогнозов, закупка сложных робототехнических систем становится очень рискованной, что начинает тормозить процесс роботизации. С этим связаны и показатели третьего места – это срок окупаемости и объем инвестиционных ресурсов.

Длительный срок окупаемости при недостаточных позитивных ожиданиях заставит руководство предприятий отказаться от рискованных приобретений робототехнических систем. При этом отсутствие требуемого объема инвестиций при высоких процентных ставках, длительных сроках окупаемости и негативных ожиданиях также приведет к откладыванию решения о приобретении сложных робототехнических комплексов.

Для крупных предприятий, обладающими компетенциями по интеграции робототехнических комплексов, результат получился следующим:

$$PP_{Qpk} = 0,06\Phi_{P_{pk}} + 0,09\Phi_I + 0,10\Phi_{T_i} + 0,08\Phi_L + 0,20\Phi_B + 0,18\Phi_{In} + 0,05\Phi_W + 0,08\Phi_K + 0,16\Phi_E$$

Для крупных предприятий наибольшее значение имеют показатель архитектуры бизнес-процессов, на втором месте инновационный климат, на третьем - ожидания бизнеса. Относительно крупных компаний имеет значение еще позитивный имидж и престиж, показатель, который не учитывался при расчетах.

«У крупных предприятий в основном глобальные проблемы с финансовыми ресурсами, не позволяющими приобрести робототехнические системы, отсутствуют. Поэтому ценовой показатель и объем требуемых инвестиций не стоят на первых местах как у малых и средних предприятий. Зато архитектура бизнес-процессов имеет большое значение, поэтому крупные предприятия уделяют этому вопросу внимание. Архитектура

бизнес-процессов с одной стороны определяет решение по интеграции робототехнических систем, а с другой стороны, оптимизируется за счет их внедрения» [63].

Инновационный климат на крупных предприятиях является более располагающим для интеграции робототехнических систем, чем на средних и малых предприятиях, где не всегда инновационный аспект является ведущим. Мы не говорим о малых инновационных предприятиях, у которых показатели, определяющие спрос на робототехнические комплексы может отличаться от средних значений по предприятиям в целом. Конечно, различия существуют и в отраслевом разрезе, но это уже более детальный и конкретный анализ по отраслям.

В целом крупные предприятия обладают достаточными внутренними финансовыми, кадровыми и другими ресурсами, поэтому более неопределенным является аспект внешнего близкого и дальнего окружения. В связи с этим на третьем месте оказывается показатель ожидания бизнеса, особенно в сложных геополитических условиях.

Таким образом, исходя из проведенного анализа, можно давать рекомендации предприятиям, на какие факторы следует обратить внимание и усилия. Что необходимо изменить, чтобы ускорить процесс интеграции робототехнических систем во все бизнес-процессы.

В заключение следует отметить, что отсутствие достаточного спроса на различные робототехнические системы тормозит развитие рынка робототехники. Как показал анализ спроса со стороны предприятий, объем спроса зависит от огромного числа факторов, которые зачастую несут негативную окраску и требуют комплексную проработку для превращения их в стимулы, а не в тормоз роста спроса на робототехнику.

Кроме спроса со стороны промышленных, логистических и сельскохозяйственных предприятий огромное значение имеет потребительский и государственный спрос в стране. Роботы за рубежом активно применяются в системе государственных, сервисных и медицинских

служб, что отмечалось в первом разделе. «Широко применяются робототехнические устройства и в рамках потребительского спроса со стороны населения в промышленно развитых странах» [64, С.112].

Спрос робототехнических устройств со стороны населения на микроэкономическом уровне, зависит как от цены на продукцию, так и от доходов населения, при наличии и других социально-психологических факторов, на макроэкономическом уровне спрос зависит и от численности населения страны. Данные по числу население, отраженные в таблице 2.2 констатируют, что внутренний рынок Китая и Индии огромны, в Европе хоть и сокращается население, но оно еще достаточно велико, в США население растет и доходы пока достаточны для обеспечения емкости внутреннего рынка.

Таблица 2.2 — Численность населения по странам с 2020 по 2024 и прогноз на 2025 гг. (млн человек)











года	2020	2021	2022	2023	2024	2025 (прогноз)
Китай	1426,106	1426,437	1425,180	1422,585	1419,321	1416,096
Индия	1402,618	1414,204	1425,423	1438,070	1450,936	1463,866
США	339,436	340,161	341,534	343,477	345,427	347,276
Россия	146,371	145,836	145,580	145,440	144,820	143,997
Европа	749,524	748,615	746,964	745,602	745,083	744,399

(составлено автором на основании [65,66])

В России ситуация пока не столь благоприятна, как с численностью населения, так и с реальными доходами, которые при высокой ключевой ставке и существующем уровне инфляции не выступают драйвером увеличения спроса на робототехнические устройства со стороны населения.

При этом нельзя говорить, что в стране отсутствует потребительский спрос на робототехнику. Эксперты Института статистических исследований и экономики НИУ ВШЭ в 2023 г выделили 10 наиболее перспективных

областей применения персональных роботов, что представлено на рисунке 2.8.

Функциональные области / сферы применения	Вид возможного воздействия	Исследования		Рынок	
		Ранг	Индекс значимости	Индекс значимости	Ранг
Образование		1	1.00	0.45	3
Терапия аутизма		2	0.84	0.19	6
Личная мобильность		3	0.58	0.28	4
Помощники (вспомогательные роботы)		4	0.48	0.48	2
Охрана		5	0.46	1.00	1
Услуги медсестры		6	0.31	0.16	7
Реабилитация		7	0.23	0.11	8
Компаньоны (социальные роботы)		8	0.17	0.11	9
Развлечения		9	0.16	0.25	5
Замещение и восстановление утраченных органов и их функций		10	0.16	0.09	10



**Легенда:**  Физическое воздействие  Нефизическое воздействие

Рисунок 2.8 – Топ-10 функциональных областей персональной робототехники [55]

Первые три места занимают: образование, терапия аутизма и личная мобильность. «В сфере образования роботы широко используются для обучения различных категорий населения и формирования разных навыков, таких как: программирование, обучение иностранным языкам и т.п.» [67, С.22]. Роботы для терапии аутизма могут адаптироваться к уровню навыков ребенка, помогать их улучшить, например, демонстрируя допустимые социальные реакции.

К роботам, обеспечивающим личную мобильность, относятся, например, интеллектуальные инвалидные коляски с голосовым управлением. Они могут ориентироваться в окружающей среде и определять свое местоположение за счет датчиков. Данный тип роботов востребован, особенно в современных условиях, когда увеличилось число инвалидов,

поскольку снижают зависимость от близких людей или медицинских работников и повышают качество жизни пользователей.

С увеличением числа пожилых людей у потребителей растет потребность в роботах - медсестрах, роботах-компаньонах. Следует отметить, что недостаточный потребительский спрос на данные типы роботов из-за высокой стоимости компенсируется спросом со стороны государственных учреждений или поддерживается бюджетным субсидированием.

Развивается тренд роботов в сфере развлечения, например, повышается спрос на роботов-собак, музыкальных роботов, а также в сфере оказания бытовых услуг – на роботов-трансформеров, роботов-помощников, роботов-пылесосов и т.п. По словам экспертов, продажи роботизированной техники растут примерно на 25-30% ежегодно [55].

Третьим актором совокупного спроса в стране является государство. Спрос со стороны государственных учреждений в социальной и оборонной областях, наряду со спросом со стороны различных предприятий и населения, также может выступать драйвером совокупного спроса на различные типы робототехнических комплексов. Еще в октябре 2023 г Президент России В.В. Путин поручил повысить уровень роботизации в государственных компаниях.

Увеличение спроса на робототехнические комплексы в медицинских учреждениях, как государственных, так и частных с целью автоматизации, снижения затрат на уход за пациентами, улучшения результатов лечения и уменьшения человеческих ошибок, оптимизации использования ресурсов и повышения эффективности медицинской деятельности и мониторинга пациентов будет способствовать формированию совокупного спроса на рынке робототехники.

Размер мирового рынка медицинских роботов был оценен в 12,8 млрд долл. в 2024 году [68]. Увеличению спроса на робототехнические комплексы способствуют: использование хирургических роботов, внедрение

телемедицинских решений, роботизация систем реабилитации, развитие персонифицированной медицины.

По прогнозам, выручка на рынке медицинской робототехники за 2025 г. в мире достигнет 14,42 млрд долл., а к 2029 г. при совокупном среднегодовом темпе роста 9,97 % достигнет 21,09 млрд долл. [69].

Однако отмечается, что даже в мировом масштабе развитие рынка робототехники медицинского направления характеризуется все же умеренным ростом из-за ограниченного рыночного спроса и медленного внедрения новых технологий. Хотя существует специфика развития рынка по странам.

Так, например, в Японии из-за быстрого старения населения и нехватки медицинских работников возрастает спрос на медицинские роботы, которые помогают ухаживать за пожилыми и больными людьми. Медицинские учреждения являются пионерами роботизированных лапароскопических технологий, подтверждая преимущества роботизированной хирургии с точки зрения точности, быстрого восстановления и минимально инвазивных операций и процедур. Японское правительство поддерживает технологические достижения в области здравоохранения, что также стимулирует спрос на медицинских роботов [69].

В Китае развитию рынка и быстрому внедрению робототехники в медицине способствует, кроме старения населения, нехватки хирургов и медперсонала за уходом за пожилыми людьми, мощная государственная поддержка инновационной деятельности в области медицинского роботостроения. Правительство Китая поддерживает развитие отрасли медицинских роботов через различные инициативы, такие как, финансовая поддержка через инвестиционные программы и фонды, создание специализированных зон развития робототехники, реализации национальных проектов, в частности, Made in China 2025 [70].

В Германии четко проработанная нормативно-правовая база и высокий уровень стандартизации способствует быстрому развитию рынка

качественных и безопасность медицинских роботов. В Германии созданы благоприятные условия для инноваций, в частности, в области медицины. Так, например, проводятся «исследования в области датчиков и контроля микророботов в медицинских целях» в подразделении университета Штутгарта «Биомедицинские микросхемы» [71].

Технологические инновации, способствующие миниатюризации робототехнических комплексов и созданию более гибких роботов, позволяют выполнять задачи с минимальным нарушением тканей человека, в микрохирургии, эндоскопии, доставке лекарств в заданные точки в организме человека.

В Северной Америке доход в размере 7,8 млрд долл. на рынке медицинских роботов был достигнут благодаря значительным расходам на здравоохранение со стороны правительства и расширением осведомленности граждан о своих хронических болезнях (ожирение, диабет, желудочно-кишечные расстройства и сердечно-сосудистые заболевания) [68].

Быстрыми темпами развивается в регионе бариатрическая хирургия, удаление желчного пузыря и колоректальные операции путем лапароскопических операций, проводимых с помощью робототехники. Расширению применения хирургических роботов способствуют многочисленные учебные программы для роботизированной хирургии.

В Великобритании центральную роль в стимулировании спроса на роботизированные лапароскопические операции Национальная служба здравоохранения Великобритании (NHS). Она способствует интеграции в больничные комплексы роботизированных систем, которые повышают точность и уменьшают число возможных ошибок во время операции, а также сокращают время восстановления из-за меньшей инвазивности и повышают эффективность лечения [68].

В России спрос на робототехнику в медицине также растет, что «обусловлено увеличением спроса на малоинвазивную хирургию, средства протезирования и реабилитации» - как отметила Ольга Мудрова,

исполнительный директор НАУР - «причины роста данного сегмента рынка — это высокий процент успешных операций, снижение влияния человеческого фактора, увеличение числа задач, разрешаемых в единицу времени, сокращение периода реабилитации» [72].

В России правительство уделять особое внимание развитию системы здравоохранения. По инициативе Президента реализуется комплекс мер, направленных на развитие медицинской реабилитации и протезирования, что имеет особое значение в современных условиях из-за геополитической ситуации.

В стране разработки в сфере медицинской робототехники ведут около 50 компаний. К 2025 году отечественная продукция должна занять 52% рынка реабилитационной индустрии, а увеличение объема экспорта российской реабилитационной продукции до 4,5 млрд руб. к 2025 году, что отражено на рисунке 2.9.



Рисунок 2.9 – «Стратегия развития производства промышленной продукции реабилитационной направленности, разработанная Минпромторгом» [73]

В рамках государственной программы «Доступная среда» предусмотрено увеличение финансирования комплекса мероприятий,

направленных на обеспечение инвалидов техническими средствами реабилитации, что отражено в таблице 2.3.

Таблица 2.3 — Объемы запланированного финансирования обеспечения инвалидов техническими средствами реабилитации по государственной программе «Доступная среда» в млрд руб.

2024	2025	2026
55,78	55,89	55,96

(составлено автором на основании [76])

Таким образом, государство стимулирует увеличение спроса на сервисную робототехнику, в частности медицинской направленности.

Что касается спроса на робототехнику в области обороны со стороны как российского государства, так и в мире в целом, то следует отметить, что, несомненно, увеличение государственных расходов происходит на фоне усложнения геополитической ситуации и рисков. Кроме того, этому способствует повсеместное внедрение искусственного интеллекта, что повышает эффективность и адаптивность автономных систем военной робототехники.

Статистика, предоставляется различными исследовательскими компаниями и агентствами различается, однако, тенденция и порядок данных, в целом совпадают. Так, по прогнозам, сделанным компанией Global Market Insights, занимающейся глобальными исследованиями рынка, в период с 2024 по 2032 год рынок автономных систем военной робототехники будет увеличиваться более чем на 10%. Этому способствуют повышенные оборонные бюджеты и растущий спрос на беспилотные системы [77].

Выручка на мировом рынке военных дронов, по данным исследовательского агентства Verified Market Reports, в 2024 году оценивалась в 11,75 млрд долл. и, по прогнозам, достигнет 30,29 млрд долл. к 2033 году [78], что отражено на рисунке 2.10.

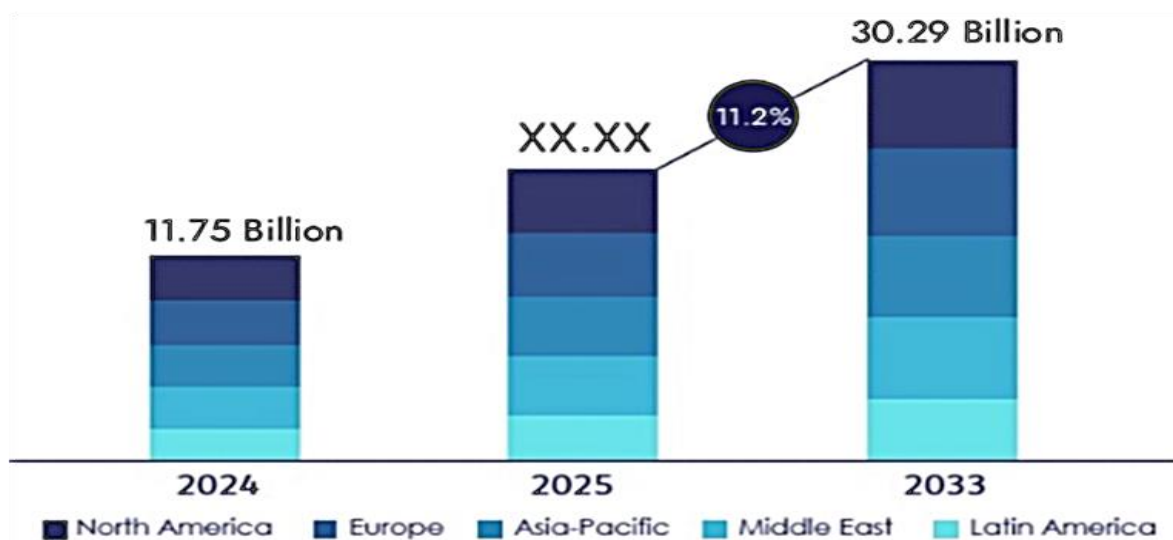


Рисунок 2.10 – Объем рынка военных дронов, исследования, рост отрасли и прогноз на 2033 год [78]

Эксперты исследовательского агентства Kings Research отмечают, что глобальный размер рынка военных роботов составил 18,45 млрд долл. в 2024 году и, по прогнозам, будет расти с 19,67 млрд долл. в 2025 году до 32,47 млрд долларов США к 2032 году, что отражено на рисунке 2.11 [79].

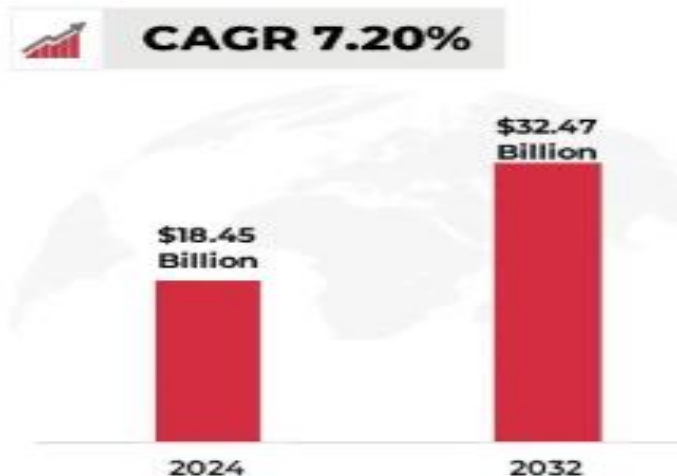


Рисунок 2.11 – Объем рынка военных дронов в мире. [79]

Увеличение объема рынка военных роботов в мире, по данным консалтинговой компанией Research Nester, отражено в таблице 2.4.

Таблица 2.4 — Объем рынка военных роботов в мире с прогнозом до 2034г. в млрд долл.

2024	2025 (оценка)	Среднегодовые темпы роста (2024-2034 гг.)	2034 (прогноз)
18,56	19,85	8,2	40,82

(составлено автором на основании [80])

Основной тенденцией в структуре военных роботов является растущий спрос на беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Прогнозируется, что к 2034 г. доля сегмента воздушных роботов на рынке военных роботов составит 59,2%, что отражено на рисунке 2.12.

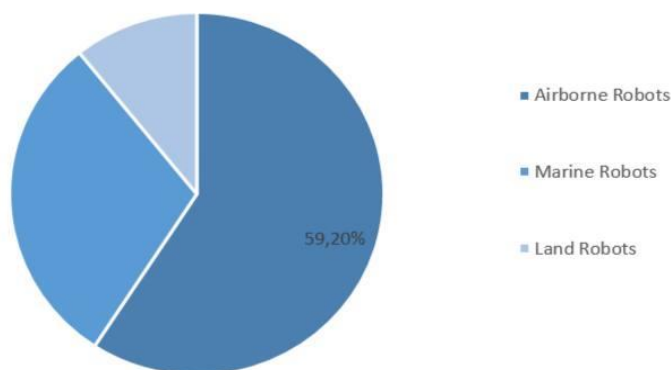


Рисунок 2.12 – Доля сегмента воздушных роботов на рынке военных роботов [90]

По данным Международной организации гражданской авиации (ИКАО), ожидается, что количество производимых БПЛА увеличится с 2,5 млн единиц в 2021 г. до 6,5 млн единиц к 2030 г. [80].

Спрос на все беспилотные системы, в том числе на беспилотные авиационные системы (БПЛА), беспилотные наземные транспортные средства (БГА), беспилотные подводные аппараты (НПА) увеличивается, в частности, по геополитическим причинам, поскольку они используются для разведки, боевых действий, логистики и поисковых операций.

Во всех странах спрос на военных роботов возрастает. Основными драйверами развития рынка военных робототехнических комплексов

являются: искусственный интеллект, машинное обучение и автономные системы для повышения обороноспособности, о которых упоминалось выше. Увеличению спроса государства на военную робототехнику способствует ряд факторов: усиление геополитической напряженности и трансграничных угроз; возрастающая потребность в разведке в реальном времени; террористические атаки; угроза распространения химического, биологического радиологического и ядерного оружия; увеличение государственных расходов на оборону.

В России, по словам президента Владимира Путина, создаются войска беспилотных систем как отдельный род войск, было предложено заслушать предложения по модернизации средств ПВО, беспилотных летательных аппаратов и робототехнических комплексов. А в апреле 2025 г. на заседании военно-промышленной комиссии России поручил ускорить создание робототехнических комплексов и лазерных систем, уделяя особое внимание безэкипажным катерам и другим морским системам.

Глава Министерства обороны Российской Федерации, Андрей Белоусов отметил, что «количество поставляемых в войска сухопутных роботизированных систем в 2025-м году увеличится по сравнению с несколькими сотнями, поставленными в 2024 году» [81].

По данным «Ростеха», работа над боевыми робототехническими комплексами началась в 2009 году, в 2017 году в интересах Минобороны велось 138 научно-исследовательских работ в области их разработки. «Основной пакет документов, регламентирующих разработку и применение робототехнических комплексов военного назначения до 2025–2030 годов, был сформирован к 2014–2015 гг.» [82].

По оценке инвестфонда ЭРА, объем рынка военных технологий в России в 2024 году составил 300 млрд руб. «Ключевыми сегментами стали БПЛА — более 100 млрд руб. — и средства РЭБ — около 30 млрд руб. (около 10%). По этим сегментам объем выручки вырос более чем в два раза, по сравнению с 2023 г.» [83]. По мнению директора департамента развития

небанковских сервисов Промсвязьбанка В. Мужельского, «в 2025 году ключевыми направлениями для развития воентеха будут автоматизированные БПЛА, средства РЭБ, биомедицина, робототехника и искусственный интеллект» [83].

Партнер инвестиционной группы Kama Flow Евгений Борисов отмечает, что рынок воентеха разделяется на три ключевых сегмента: гособоронзаказ, прямые закупки оборудования и аппаратуры военизированными и прочими структурами, а также закупки гражданскими силовыми министерствами [85].

Ограничивающими факторами для роста рынка военных дронов являются: нормативно-правовая база, определяющая строгие правила использования БПЛА, особенно в гражданском воздушном пространстве, а также проблемы, связанные с конфиденциальностью и безопасностью данных. Кроме того, высокая стоимость продукции из-за больших затрат, связанных с разработкой и обслуживанием передовых военных беспилотников для стран с небольшим оборонным бюджетом ограничивает спрос на военных воздушных роботов. А потребность в больших объемах инвестиций на исследования и разработки инновационной военной роботизированной продукции ограничивает возможность выхода на рынок новых производителей и уменьшает предложение, что может вызвать рост рыночной цены, что, в свою очередь, может уменьшить объем спроса.

В Российской Федерации, поскольку рынок воентеха является достаточно закрытым, развитию коммерческого рынка воентеха в России может препятствовать дефицит частных инвестиций, в то время как в мире вложения в военные технологии и смежные направления являются стратегическим фокусом не только для государств, но и для венчурных фондов.

До 2030 года из государственного бюджета собираются выделить около 350 млрд рублей на реализацию федерального проекта «Развитие промышленной робототехники и автоматизации производства». В 2025 и

2026 годах в разных федеральных округах России планируют открыть ещё два центра развития промышленной робототехники [86].

Государственный заказ может способствовать развитию в основном мелкосерийного высокотехнологичного производства. Разработка высокотехнологичной продукции, в частности робототехнических систем и массовое производство могут окупиться только при значительном объеме спроса на продукцию. В условиях недостаточного спроса очень сложно окупить затраты на производство высокотехнологичной продукции, потому что для того, чтобы стоимость специализированных компонентов и электроники и самого конечного продукта должно быть организовано массовое производство или хотя бы крупносерийное, которые очень сложно обеспечить при низком спросе на продукцию.

«Пока же на повестке дня стоит диалектическое противоречие. Массовое производство робототехники, способное обеспечить приемлемые издержки и, соответственно, доступную стоимость продукта, может существовать при высоком спросе, отсутствие достаточного спроса ограничивает развитие массового производства, что, в свою очередь, повышает затраты и стоимость продукции и, следовательно, еще уменьшает платежеспособный спрос и объем спроса на робототехнические системы» [75].

Следует обращать внимание на факторы, стимулирующие спрос на робототехнику, к которым относятся: автоматизация производства, быстрый рост сегмента логистики, старение населения в мире и развитие здравоохранения, появление искусственного интеллекта и машинного обучения, потребности и предпочтения клиентов, демография и психология населения, окружающая среда и ожидания клиентов и другие.

Поскольку потенциал роботизации в стране еще реализован не полностью и технологический уровень отраслей машиностроения еще не достиг своих высот, нужны дополнительные стимулы со стороны государства, которые учитывают все задачи развития обрабатывающих

производств. «Именно поэтому Правительство запустило национальный проект по развитию станкоинструментальной промышленности и робототехники, где были предложены различные инструменты поддержки отрасли» [62].

Значимыми инструментами поддержки станкостроения и других отраслей являются льготный лизинг и кредитование приобретения промышленных роботов для обеспечения основы для реализации стратегических инициатив по расширению парка роботов. «По расчетам Минпромторга России предприятия должны использовать 94 тыс. роботов к 2030 г.» [88].

Это обусловлено Указом Президента России «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года», которым была поставлена задача вхождения в топ-25 стран мира по показателю плотности роботизации к 2030 г. [89].

Основными эффектами, которых предприятия достигают после внедрения промышленных роботов, являются: повышение производительности, улучшение качества продукции, снижение операционных расходов, повышение безопасности труда. Однако, производители сталкиваются с высокой себестоимостью продукции и зависимостью от импортных компонентов, интеграторы имеют низкую производительность, что ограничивает масштабы внедрения, а потребители избегают роботизации из-за высоких затрат, низкой осведомленности о роботизации и опасений менеджмента относительно сложностей внедрения.

Таким образом, особенно в условиях недостаточного спроса на рынке робототехники, огромное значение приобретает проблема предложения, то есть производства робототехнических систем. Равновесие на рынке может достигаться при определенных объемах спроса и предложения, через воздействие на обе стороны. Поэтому следующий параграф и будет посвящен вопросам производства робототехнической продукции.

## **2.2. Определение условий оптимизации производства робототехнической продукции при анализе структуры многомерных данных для максимизации финансовых результатов**

Как отмечалось в предыдущем параграфе, чтобы издержки были допустимыми, а стоимость робототехнической продукции была приемлемой для заказчика, необходимо создать массовое производство робототехнической продукции, при успешном стимулировании спроса. Если мы говорим об оборонной промышленности, что значительную часть составляет серийное, а не массовое производство. «Однако производство беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), как показала сегодняшняя геополитическая обстановка обязательно должно быть организовано как массовое производство, поскольку на данный вид продукции имеется огромный спрос в оборонных целях, но и для многих гражданских видов деятельности эти товары также будут широко востребованы» [62].

Организация любого процесса производства осуществляется в соответствии с типом производства, методом его организации и формой, характерной для производства. Каждый тип производства имеет свои особенности, а метод организации отражает масштабность выпуска продукции.

«Тип производства также можно рассматривать как совокупность организационно-технических и экономических характеристик и особенностей сочетания факторов и элементов организации производства, обусловленных номенклатурой, масштабом и регулярностью выпуска продукции» [90]. На рисунке 2.13 представлены различные типы производства.

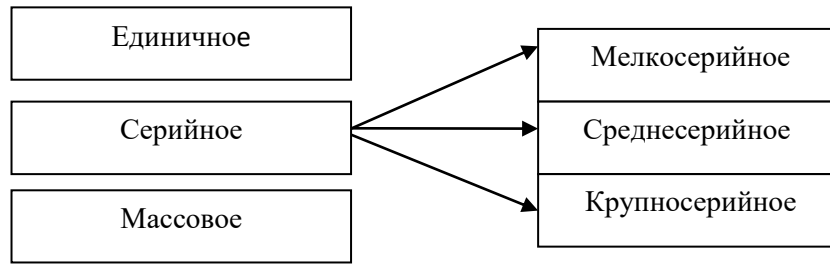


Рисунок 2.13 – Типы производства (авторская разработка)

«При единичном типе производства различные виды продукции изготавливаются в одном или нескольких экземплярах. На предприятиях применяется универсальное оборудование, сборочные процессы характеризуются значительной долей ручных работ, персонал обладает универсальными навыками. Это производство является достаточно гибким и приспособленным к выполнению различных производственных заказов. Производственные участки оснащаются универсальным оборудованием, а на операциях используются универсальные специалисты высокой квалификации» [90].

При изучении перспектив развития роботостроения по типам производственных систем, мы отмечали, что «основными особенностями единичного производства являются: непостоянный характер производственного процесса; широкая и непостоянная номенклатура выпускаемых изделий; рассредоточение производства по специализированным подразделениям предприятия; изготовление продукции на основе индивидуальных заказов; использование в процессе производства работников высокой квалификации; повышенная длительность производственного цикла; контроль качества каждого готового изделия. Единичное производство характеризуется высокой трудоемкостью и значительным уровнем издержек. Структура себестоимости изделий отличается высокой долей затрат на заработную плату, которая достигает 20-25%» [90, С.7].

«Серийное производство характеризуется изготовлением ограниченной номенклатуры деталей партиями, повторяющимися через определенные промежутки времени. Это позволяет использовать кроме универсального оборудования, различные виды специального. Производственный процесс характеризуется более низкой, чем при единичном типе, трудоемкостью и себестоимостью изделий» [91].

«В зависимости от количества изделий в партии или серии и значения коэффициента закрепления операций различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство» [90].

«Недостатками серийного типа производства являются: увеличение непроизводительных затрат за счет частых переналадок оборудования, длительных перерывов в производственном процессе, снижения оборачиваемости оборотных средств, сокращение производительности труда и увеличение издержек» [92]. В данном случае интеграция робототехнических комплексов в производственный процесс позволит уменьшить указанные недостатки.

Мелкосерийное производство имеет схожие черты с единичным типом производства. Среднесерийное производство характеризуется большим количеством серий ограниченной номенклатуры. Крупносерийное производство характеризуется закреплением за рабочим местом небольшого числа операций, а партии обрабатываемых изделий велики и устойчиво повторяются, через заранее определенные промежутки времени. В крупносерийном производстве номенклатура выпускаемой продукции устойчива, но ограничена. Рабочие места специализированы, оборудование обычно специальное.

Нами была сделана сравнительная характеристики различных типов производства представленная в таблице 2.5.

«Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна

рабочая операция. Коэффициент закрепления операций для массового производства можно принять за единицу. Примерами такого производства могут служить процессы изготовления автомобилей, компьютеров, бытовой электронной техники, шарикоподшипников, массовое обслуживание в сфере сервиса – процессы функционирования метро, универмагов, аэропортов» [90].

Таблица 2.5 — Сравнительная характеристика различных типов производства

Признак	Тип производства		
	Единичное	Серийное	Массовое
Номенклатура продукции, выпускаемой за год	неограниченная номенклатура, изготавливаемая по заказу	широкая номенклатура, изготавливаемая партиями с ограниченными сериями	ограниченная номенклатура, изготавливаемая в большом объеме
Повторяемость выпуска	отсутствует	периодическая	постоянная
Уровень специализации	низкий	средний	высокий
Коэффициент закрепления операций	свыше 40	3-40	1-2
Уровень унификации изделия	высокий	средний	низкий
Технологический процесс изготовления	маршрутная технология	подетальная, пооперационная	пооперационная технология
Технологическое оборудование	универсальное	универсальное, частично специальное	в основном специальное
Расположение оборудования	групповое	групповое или цепное	цепное
Квалификация рабочих	высокая	средняя	низкая
Взаимозаменяемость	неполная	полная	полная
Уровень автоматизации производства	0,3-0,45	0,45-0,65	0,9-0,99
Трудоемкость и издержки	высокие	средние	низкие
Степень реализации основных принципов организации производства	низкая степень непрерывности процессов	средняя степень поточности производства	высокая степень непрерывности и прямоточности производства

Продолжение таблицы 2.5

Признак	Тип производства		
	Единичное	Серийное	Массовое
Длительность производственного цикла	значительная	стандартная	стандартная
Незавершенное производство	высокое	незначительное	низкое
Централизация функций управления	низкая	централизация	высокая
Закрепление операций за станками	отсутствует	ограниченное число деталей операций	одна – две операции на станок
Форма передачи предметов труда	последовательная	параллельно-последовательная	параллельная
Форма организации	технологическая	гибкая предметная	прямолинейная

(авторская разработка)

Преимуществами массового тип производства являются высокий уровень производительности труда, наиболее низкие издержки, быстрая оборачиваемость оборотных средств.

Поскольку при массовом типе производства используется пооперационная технология и низкоквалифицированная рабочая сила, как отражено в таблице 2.5, внедрение робототехнических систем способствует росту эффективности и качества производимой продукции.

Каждому типу производства соответствуют свои методы организации производства, учет которых необходим и в процессе реструктуризации предприятий [93], то есть способы осуществления производственного процесса, совокупность и приемов его реализации характеризующихся рядом признаков, главным из которых является взаимосвязь последовательности выполнения операций техпроцесса с порядком размещения оборудования и степени непрерывности производственного процесса.

Различают три основных метода организации производства: индивидуальный, партионный и поточный. Для уменьшения рисков и уменьшения перечисленных недостатков как раз и осуществляется интеграция робототехнических систем в производство, которые повышают качество и эффективность производственного процесса, снижают издержки и освобождают рабочих от монотонных действий. Внедрение

робототехнического комплекса позволит уменьшить количество оборудования, повысить производительность труда и эффективность в целом. Кроме типа производства и методов организации производства большое значение для организации производства имеют формы производства. По различным критериям нами были выделены различные классические формы организации производства.

«Формы организации производства по различным критериям» [95, С.16] представлены на рисунке 2.14.



Рисунок 2.14 – Формы организации производства по различным критериям (авторская разработка)

Такие технологические подходы, как автоматизация и роботизация, схожи по целям, но различаются способами реализации. Автоматизация, направленная на повышение эффективности рабочих процессов, представляет собой внедрение систем и программ для выполнения производственных и логистических задач без участия человека, например,

использование скриптов для автоматической обработки данных, программирование и управление процессами, но не предполагает никаких физических манипуляций.

Роботизация же, направленная на повышение эффективности, снижения издержек и улучшения качества продукции, представляет собой применение роботов и робототехнических комплексов, выполняющих различные операции и действия. При этом робототехнические системы способны не только реализовывать физические задания, но и принимать решения на основе полученных данных из внешнего окружения, взаимодействовать с другими машинами или людьми, адаптироваться к изменениям и вызовам.

Они могут быть как стационарными, так и передвижными, в частности, подводными, надводными, подземными, наземными и летальными. Как уже отмечалось, широко применяются в пищевой, электронной, электротехнической, автомобильной, химической промышленности, логистике и на транспорте. Существуют различные перспективы развития, такие как, создание полностью автономных фабрик, развитие технологий удаленного управления, интеграция искусственного интеллекта для автономного обучения роботом и многие другие.

Следует отметить, что, современная производственная система должна сочетать гибкость низших (единичного, мелкосерийного) и высокую производительность высших (крупносерийного, массового) типов производства. «При этом под гибкостью производства понимается его способность обеспечивать освоение новых изделий в кратчайшие сроки и с минимальными затратами трудовых и материальных ресурсов вне зависимости от изменения конструктивных и технологических характеристик изделий» [96, С.125].

Как отмечалось выше, при единичном и мелкосерийном производстве сложно добиться снижения издержек из-за эффекта масштаба, поэтому производство робототехнической продукции необходимо переформатировать

на серийное и массовое производство. Однако этому должно способствовать расширение спроса на робототехническую продукцию, который мы анализировали в прошлом параграфе.

В условиях ограниченного спроса и инвестиционных ресурсов робототехническая продукция производится и малыми предприятиями. Для уменьшения издержек им следует проводить факторный анализ, способствующий выявлению неэффективного использования ресурсов. То есть для повышения эффективности производства, при ограниченных источниках финансирования и недостаточных оборотах, и доходах, необходимо обращать внимание на пути сокращения издержек. Факторный анализ производства робототехнической продукции имеет большое значение для средних и малых предприятий.

Благодаря факторному анализу руководители малых предприятий смогут упростить структуру данных, выявить скрытые закономерности и создать интегрированные характеристики для прогнозирования результатов.

Определив степень влияния различных факторов на производственный процесс, предприятие сможет построить прогностическую модель дохода. А также факторный анализ очень полезен для сравнения показателей за различные периоды, чтобы выявить тенденции развития.

Существующие два метода факторного анализа – детерминированный и стохастический имеют свои плюсы и недостатки.

Детерминированный метод имеет широкое применение, поскольку позволяет математически выразить зависимость с помощью измеримых переменных, но не учитывает фактор неопределенности, который имеет огромное значение в экономических условиях нестабильности и неопределенности, что может привести к неточностям в прогнозах.

Стахостический метод позволяет оценить вероятность того, что изменение одного фактора приведет к изменению других. Особенно подходящим данный метод становится в условиях неопределенности и непредсказуемости будущего. Однако у него также имеются недостатки, в

частности, необходимость больших объемов данных для учета изменчивости и случайности, а также сложность интерпретации результатов. В данном случае огромную пользу может принести использование искусственного интеллекта в управленческих процессах на предприятии.

Чтобы полученные результаты были достоверными, необходимо провести сравнение показателей по различным шкалам и определить корреляцию полученных значений. Так в прошлом параграфе, был рассчитан коэффициент конкордации, который отличается тем, что он оценивает согласованность мнений экспертов, когда как коэффициент корреляции оценивает степень связи между переменными.

«Коэффициент корреляции Пирсона, рассчитываемый по формуле 2.7, и варьирующийся от -1 до 1, количественно оценивает силу и направление взаимосвязи между переменными» [62]

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \text{ где (2.7)}$$

$r_{xy}$  – коэффициент корреляции Пирсона;  $n$  – объем выборки;  $x_i$  –  $i$  элемент выборки  $X$ ;  $y_i$  –  $i$  элемент выборки  $Y$ ;  $\bar{x}$  – среднее значение выборки  $X$ ;  $\bar{y}$  – среднее значение выборки  $Y$

Значение коэффициента близкое к единице (0,7 - 0,9) говорит о наличии сильной связи между переменными, если коэффициент составляет менее 0,3, то можно утверждать, что связь очень слабая. Положительный коэффициент говорит о положительной линейной связи, при отрицательном значении – одна переменная увеличивается в случае уменьшения другой.

Нами был произведен расчет данного коэффициента на примере трех предприятий. По всем предприятиям основные затраты были сгруппированы по одинаковым семи группам затрат, что детально отражено в приложении Б.

Произведенные нами расчеты по предприятиям малого бизнеса, представленные в таблице 2.6 показали, что сильная степень корреляции существует между совокупным доходом, ценообразованием и различными типами расходов по разным предприятиям.

Таблица 2.6 — Коэффициент Пирсона по трем предприятиям малого бизнеса

Совокупный доход	Комплекующие	IT затраты	Транспортные расходы	Затраты на рекламу	Затраты на аренду и коммунальные платежи	заработная плата	Хозяйственные расходы
Предприятие А	0,929304	0,4988	0,0208	-0,146	0,53548	0,194808	0,0246
Предприятие Б	0,617838	0,0111	0,4527	0,3821	0,08929	0,722975	0,4351
Предприятие С	0,540364	-0,065	0,735	0,7164	0,82048	0,664822	-0,208

(составлено и рассчитано автором)

Наиболее сильная корреляция на предприятии А имеется с группой затрат «комплекующие» (0,93).

На предприятии Б - с группой затрат «заработная плата» (0,72).

На предприятии С - с группой затрат «аренда и коммунальные платежи» (0,82), «транспортные расходы» (0,74) и «затраты на рекламу» (0,72).

Расчет данного коэффициента позволит руководителям дополнить расширить инструментальный анализа структуры затрат и их влияния на получаемый доход и механизм ценообразования на изготавливаемую продукцию.

Основными задачами факторного анализа являются: определение необходимых показателей; выбор параметров для анализа; классификация показателей; установление взаимосвязи между факторами и результатом; выявление силы влияния и оценка роли каждого фактора.

Анализ проводится по каждому из факторов, от которых зависит значение результата. «Факторный анализ прибыли представляет собой способ нахождения зависимости между параметрами ресурсов и финансовыми результатами и выявление влияния каждого из факторов на результаты деятельности предприятия» [97, С. 137].

Основные методы факторного анализа отражены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 — Основные методы факторного анализа

Наименование	Суть метода
Метод разниц	Сравниваются фактические и плановые показатели
Метод цепных подстановок	Анализируются последовательно каждый из факторов
Индексный метод	Используются для анализа индексы
Регрессионный анализ	Выявляет фактор, наиболее влияющий на результат

(составлено автором на основании [97])

Нам очень важно определить, какие факторы оказывают наибольшее положительное или негативное влияние на производственный процесс и финансовые результаты. Поскольку современное состояние рынков, в частности робототехнической продукции, находится в условиях экономической нестабильности и геополитической изменчивости, наряду с детерминированным анализом необходимо применять и стохастические модели и методы исследования, учитывая неопределенность и риски.

Кроме объема спроса равновесие на рынке зависит и от объема предложения. Задача организации рационального производства предполагает обеспечение наиболее эффективного соединения всех факторов производственного процесса с целью максимизации прибыли. Она предполагает решение задачи на минимакс, то есть необходимо выбрать из множества возможных вариантов комбинации ресурсов наиболее оптимальное решение, то есть используется рекурсивный просчет всех возможных вариантов с возвратом к предыдущему варианту, если данный вариант не удовлетворяет условиям. Процесс рекурсии будет продолжаться

до тех пор, пока все возможные варианты не будут проверены или будет найдено оптимальное решение.

Использование компьютерных технологий, а в современный период и искусственного интеллекта, позволяет ускорить нахождение оптимального решения. «При этом теоретический анализ и математическое изложение также должны осуществляться для систематизации и логической интерпретации решения задачи организации эффективного производственного процесса» [95].

Для того чтобы узнать, какая структура приобретаемых ресурсов обеспечит предприятию оптимизацию производственного процесса и извлечение максимальной прибыли, мы предлагаем «пошаговый алгоритм анализа маржинальных (предельных) показателей для оптимизации процесса производства робототехнической продукции и максимизации финансовых результатов» [95.]

Алгоритм анализа маржинальных (предельных) показателей  
(авторская разработка)

Шаг первый. Запись производственной функции.

В общем виде производственная функция выражается так:

$$Q = f(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n) \rightarrow \max \quad (2.8)$$

$Q$  – объем произведенной продукции;  $X_1, \dots, X_n$  – факторы производства

Шаг второй. Определение условия оптимального использования ресурсов без учета финансовых ограничений.

«Если функция прироста продукции от дополнительной единицы ресурса (фактора ( $X_i$ ))  $MP_{X_i} = \frac{\partial TP}{\partial X_i}$  непрерывна, то оптимальное использование ресурсов с учетом их цен, обеспечивающее максимизацию прибыли, будет характеризоваться следующим равенством» [95]:

$$\frac{MP_{X_1}}{P_{X_1}} = \frac{MP_{X_2}}{P_{X_2}} = \dots = \frac{MP_{X_i}}{P_{X_i}} = \dots = \frac{MP_{X_n}}{P_{X_n}} \quad (2.9)$$

где:  $P_{X_i}$  – цена  $i$ -го фактора производства (ресурса);  $MP_{X_i}$  – прирост продукции на дополнительную единицу  $i$ -го фактора (ресурса);  $TP$  – общий объем продукции

Условием оптимальной комбинации использованных ресурсов является равенство отдачи от каждого из ресурсов с учетом их цен.

Шаг третий. Учет финансовых возможностей предприятия и выведение финансового ограничения.

Если предприятие приобретает  $n$  видов ресурса  $(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n)$ , то финансовое ограничение будет иметь следующий вид:

$$C = P_{X_1} X_1 + P_{X_2} X_2 + \dots + P_{X_i} X_i + \dots + P_{X_n} X_n, \quad (2.10)$$

где:  $C$  – объем финансовых ресурсов предприятия

Шаг четвертый. Составление функции Лагранжа.

С учетом финансового ограничения функция Лагранжа в данном случае будет иметь следующий вид:

$$F_L = X_1^\alpha \cdot \dots \cdot X_i^\beta \cdot \dots \cdot X_n^\gamma - \lambda (P_{X_1} X_1 + \dots + P_{X_i} X_i + \dots + P_{X_n} X_n - C) \quad (2.11)$$

где  $\alpha, \dots, \beta, \dots, \gamma$  – степенные коэффициенты эластичности факторов производства,  $0 < \alpha < 1, \dots, 0 < \beta < 1, \dots, 0 < \gamma < 1$ ,  $\lambda$  – множитель Лагранжа, характеризующий скорость изменения целевой функции при изменении значения ограничений, метод множителей Лагранжа используется для оптимизации функции прибыли с ограничениями на доступные ресурсы или затраты

Шаг пятый. Составление условия для оптимизации производства и максимизации финансового результата.

«Для того чтобы узнать, какая структура приобретаемых ресурсов обеспечит предприятию извлечение максимальной прибыли, необходимо максимизировать функцию Лагранжа. Продифференцировав функцию по объему ресурсов и приравняв ее к нулю можно записать следующие условия ее максимизации» [95]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F_L}{\partial X_1} &= \alpha X_1^{\alpha-1} \cdot \dots \cdot X_i^\beta \cdot \dots \cdot X_n^\gamma - \lambda \cdot P_{X_1} = 0 \Rightarrow \alpha X_1^{\alpha-1} \cdot \dots \cdot X_i^\beta \cdot \dots \cdot X_n^\gamma = \lambda P_{X_1} \\ \frac{\partial F_L}{\partial X_i} &= \beta X_1^\alpha \cdot \dots \cdot X_i^{\beta-1} \cdot \dots \cdot X_n^\gamma - \lambda \cdot P_{X_i} = 0 \Rightarrow \beta X_1^\alpha \cdot \dots \cdot X_i^{\beta-1} \cdot \dots \cdot X_n^\gamma = \lambda P_{X_i} \quad (2.12) \\ \frac{\partial F_L}{\partial X_n} &= \gamma X_1^\alpha \cdot \dots \cdot X_i^\beta \cdot \dots \cdot X_n^{\gamma-1} - \lambda \cdot P_{X_n} = 0 \Rightarrow \gamma X_1^\alpha \cdot \dots \cdot X_i^\beta \cdot \dots \cdot X_n^{\gamma-1} = \lambda P_{X_n} \end{aligned}$$

Шаг шестой. Выведение условия оптимального использования ресурсов и максимизации прибыли с учетом финансовых ограничений.

Можно записать условие оптимального использования ресурсов с учетом их цен и финансового ограничения следующим образом:

$$\frac{\alpha \cdot X_1^{\alpha-1} \cdot \dots \cdot X_i^{\beta} \cdot \dots \cdot X_n^{\gamma}}{P_{X_1}} = \frac{\beta \cdot X_1^{\alpha} \cdot \dots \cdot X_i^{\beta-1} \cdot \dots \cdot X_n^{\gamma}}{P_{X_i}} = \frac{\gamma \cdot X_1^{\alpha} \cdot \dots \cdot X_i^{\beta} \cdot \dots \cdot X_n^{\gamma-1}}{P_{X_n}} = \lambda, \quad (2.13)$$

В числителях стоят значения прироста продукции с дополнительной единицы каждого из ресурсов, что отражает равный вклад каждого из ресурса с учетом их цен в производство продукции, обеспечивающий максимальную прибыль.

«Производительность каждого их ресурса для оптимизации производственного процесса с учетом их цен и финансовых возможностей предприятия должна быть на одинаковом уровне, в противном случае от какого-то ресурса отдача будет меньше, в результате возникнет упущенная выгода, и предприятие не получит максимально возможную прибыль» [98, С.259].

Если приростные значения считать сложнее, без использования компьютерных программ, то контроль над средними значениями возможен и необходим. Так анализ производительности каждого из ресурсов является первостепенной задачей, стоящей перед предприятиями. Средним продуктом  $i$ -го ресурса называется отношение общего объема продукции (TR) к объему использования этого ресурса ( $X_i$ ), который отражает производительность каждого из ресурсов, то есть рассчитываются такие показатели, как фондоотдача, материалоотдача, энергоотдача, зарплатоотдача, общая ресурсоотдача и производительность труда (трудоотдача). Общая формула для расчета:

$$AP_i = \frac{TP}{X_i}, \quad (2.14)$$

где:  $AP_i$  - производительность  $i$  – го ресурса или средний продукт каждого ресурса

Факторий анализ по каждому из ресурсов, задействованных в производственном процессе, позволит определить то, насколько эффективно используется ресурс, какова отдача от его применения. Возможен сравнительный анализ производительности факторов и приростных значений продукции при использовании дополнительной единицы фактора (ресурса) для выработки более эффективной политики использования ресурсов и роста производительности труда.

Так, если значения прироста производимой продукции от дополнительной единицы ресурса превышает средние значения продукции, то производительность труда и других факторов возрастает. Если значения прироста становятся меньше значений среднего продукта, то производительность труда и других факторов начинает сокращаться. Конечно, бесконечное увеличение производительности труда и других факторов при неизменных условиях невозможно, поскольку вступает закон Кларка, закон убывающей производительности труда.

Для поддержания возрастающих темпов производительности труда необходимо менять масштаб производства, увеличивая производственные мощности предприятия. Это является актуальным и для производителей робототехники, как отмечалось выше, переход к крупносерийному или массовому производству позволит обеспечить высокую производительность труда, снижения издержек и, соответственно, цены на производимую продукцию и привлекательность продукции для клиентов. А увеличение спроса будет, в свою очередь, стимулировать и объемы производства робототехнической продукции.

Поскольку наряду с производительностью труда, следует анализировать и издержки, необходимо параллельно просчитывать и обратные величины, такие как фондоемкость, материалоемкость, энергоемкость, трудоемкость производства, то есть затраты каждого из ресурсов на единицу продукции. Чтобы выявить факторы, имеющие значительную емкость в производственном процессе, но низкий уровень

отдачи, чтобы предприятие могло изменить ресурсную политику и характер использования ресурсов (факторов производства). Общая формула для расчета затрат на единицу производимой продукции имеет следующий вид:

$$AC_i = \frac{TC_i}{Q} \quad (2.15)$$

где:  $AC_i$  - затраты  $i$ -го ресурса на единицу выпускаемой продукции;  $TC_i$  - общие затраты  $i$ -го ресурса на объем выпускаемой продукции;  $Q$  - объем выпускаемой продукции

Кроме проблемы эффективности использования различных факторов производства (ресурсов), комплектующих и программных продуктов, «огромной проблемой для российских производителей являются технологии, применяемые при производстве робототехнической продукции» [99].

«На современную мобильную робототехнику могут накладываться такие требования, как автономность робота, робастность его поведения при взаимодействии с неопределенной внешней средой, точность навигации, определяемая требованиями к мобильному комплексу» [62].

На конечную стоимость робототехнических систем оказывает влияние технология производства. Например, первые модели промышленных роботов с более или менее автономной навигацией, созданные в 60-е годы XX века, передвигались по маршруту, жестко заданному с помощью электрических кабелей, проложенных под полом заводских сооружений. Но такая схема была дорогой и негибкой.

С появлением первых систем машинного зрения удалось отказаться от применения кабелей и перейти к навигации по флуоресцентным линиям на полу или маркерам заданной формы. Робот с помощью камеры следил за такой линией или маркером и самостоятельно двигался вдоль них.

Более современной технологией является глобальная или GPS навигация. Глобальная спутниковая система GPS, стартовавшая в 1973 г.

усилиями ВМС, ВВС и министерства транспорта США имеет популярность у разработчиков навигационных систем для автономных роботов.

Российская спутниковая система навигации (ГЛОНАСС), разрабатывалась с 1976 г. вначале как военная программа, а с 2010 г стала полноценно функционировать для определения местоположения и скорости движения объектов по всей территории планеты.

При радиолокационном методе навигации и управлении для повышения эффективности используются непрерывные радиометки, однако они дороги и не всегда надежны. «Робототехнические системы с машинным зрением способны осуществлять навигацию по естественным или искусственным ориентирам. При естественных ориентирах большинство робототехнических систем с машинным зрением основываются на определении длинных отрезков прямых» [62].

Данный метод навигации популярен у разработчиков систем пассивной локальной навигации. Он неплохо реализован в коммерческих версиях, и робот, снабженный системой машинного зрения, может довольно точно рассчитать расстояние до вышки по анализу изменения геометрических размеров ее видимого образа.

Большинство роботов, ориентирующихся на местности, полагаются на одометрию (odometry - измерение пройденного пути) как на основу навигационной системы. Обычный одометрический измеритель включает в себя оптические кодировщики (инкрементальные энкодеры), спаренные с вращающимися осями.

«Одометрия дает хорошую кратковременную точность, данная технология недорогая и обладает очень большой частотой дискретизации. Однако объединение увеличивающейся во времени двигательной информации, которое неизбежно приводит к накоплению ошибок позиционирования» [101].

Альтернативным методом одометрии является инерционная навигация, которая относится к инерционным навигационным системам (ИНС).

«Принцип работы включает непрерывное считывание даже малейшего ускорения по каждой из трех осей направлений и перемещение во времени, чтобы вычислить положение направления и скорости движения» [62].

К плюсам такой навигации можно отнести возможность обеспечивать быстрые, низко латентные динамические измерения и возможность получения навигационной информации автономно, т.е. без привлечения внешних источников информации (сигналов со спутников или радиомаяков). Минусом является также накапливание ошибок позиционирования.

«Технология навигации с помощью систем технического зрения для прокладки маршрута предполагает использование стационарных телекамер, которые контролируют рабочее пространство робота. На основании поступающей видеоинформации составляется план сцены, и выделяются свободные участки пространства, которые можно использовать для движения робота. Далее оператор программно указывает начальную (стартовую) и конечную (финишную) точки маршрута» [62].

На последнем этапе обработки, как один из вариантов, траектория движения робота может строиться с помощью алгоритма Дейкстры. Для этого на полученное изображение накладывается сетка из  $N \times M$  вершин графа. Время построения траектории зависит от требуемого качества — чем больше матрица  $NM$  вершин графа, тем выше точность.

При технологии картографического позиционирования робот использует сенсоры для построения локальной карты местности, которая сравнивается с глобальной, предварительно сохраненной в памяти. После нахождения совпадений робот вычисляет свое текущее положение и ориентацию на местности. В качестве предварительно записанной карты может выступать САПР модель местности, или она может быть построена по предварительно полученным от сенсоров данным.

Для поддержания точности позиционирования в различных случаях необходимо использовать несколько систем навигации одновременно. Основная специфика управления движением мобильных роботов

заключается в том, что ему приходится перемещаться по большой рабочей зоне и в неопределенности внешней среды. Для оптимального планирования маршрутов достижения цели роботу необходимо знать, как можно большее представление о внешней среде, поэтому составление карты рабочей зоны мобильного робота необходимо для всех методов навигации мобильного робота.

Выбор технологии навигации сказывается на издержках производства и эффективности функционирования роботов, но, в свою очередь, зависит от множества факторов, в том числе от типов робототехнических систем.

Существует задача выявления наиболее востребованных видов робототехники для промышленных предприятий, государственных учреждений и населения.

Наиболее перспективными направлениями является производство коллаборативных роботов, так называемых коботов, которые обеспечивают безопасное взаимодействие робота и человека. Они сочетают элементы классической робототехники и машинного обучения, технологии сенсорики и адаптивного управления. Они способны изменять свою траекторию и параметры работы в зависимости от внешних условий.

Очень востребованы и перспективны они для сферы производства и сборочных линий, логистики и складской автоматизации, а также образования, лабораторных и медицинских исследований.

В связи с этим коботы бывают промышленные, сервисные и образовательные. Передовые производственные технологии промышленной робототехники представлены на рисунке 2.15.

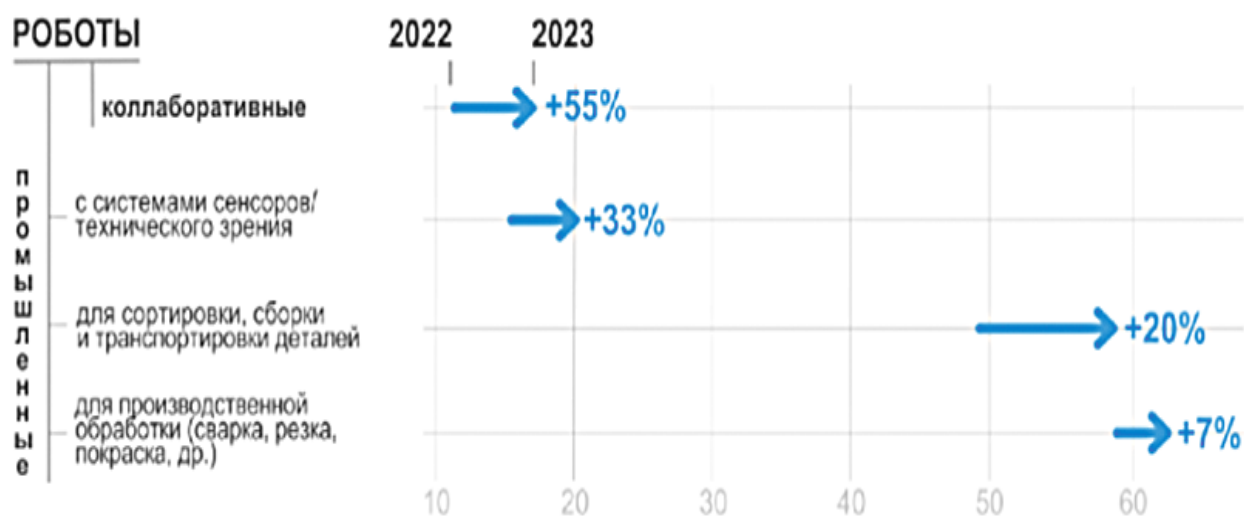


Рисунок 2.15 – «Разработка передовых производственных технологий промышленной робототехники за 2022-2023 гг. (в процентах)» [102]

Кроме коботов востребованными и быстро развивающимися являются роботы с системами сенсоров технического зрения, предназначенные для решения задач, связанных с получением, анализом, обработкой визуальной информации и интерпретацией изображения объектов и рабочих процессов. Данный тип роботов производится для применения в таких областях как: промышленность, логистика, склады, аптеки, утилизация отходов и пр.

На динамику производства робототехнических комплексов влияет кадровый потенциал предприятий. Если мы говорим о кадрах, производящих робототехническую продукцию, то на первый план выходит вопрос о квалификации и компетентности специалистов.

Как отражено на рисунке 2.16, исходя из опроса, проведенного специалистами ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, наиболее востребованными к 2030 г будут компетенции инженеров в области промышленной техники, в частности, «знание особенностей «мягких роботов» (55%), основ машинного, технического зрения (50%) и знание энергоемких, автономных источников питания и технологий беспроводной подзарядки» [102].



Рисунок 2.16 – Востребованность компетенций, связанных с разработкой технологий промышленной робототехники (% ответивших) [102]

Недостаточно развитой на сегодняшний день является такая компетенция, как понимание возможностей использования нанотехнологий в робототехнике. Кроме того, незначительное число предприятий занимаются прикладными научными исследованиями, не говоря уже о фундаментальных, что, как отмечают эксперты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ «становится барьером на пути к созданию новых робототехнических продуктов и прорывных технологий» [102].

Все это ставит на повестку дня необходимость обновленной оценки кадрового потенциала предприятий в сфере НИОКР. Востребованными профессиями являются: руководители проектов в сфере робототехники и автоматизации производства; специалисты, способные просчитать эффективность внедрения, окупаемость и возможные риски при интеграции. Кроме того, существует недостаток таких специалистов, как инженеры-технологи в сфере роботизации, инженеры-конструкторы по проектированию робототехнических комплексов, инженеры-программисты, способные разрабатывать системы управления роботизированными комплексами; сервисные инженеры по обслуживанию робототехнических систем, операторы, работающие на робототехнических комплексах и т.п.

Таким образом, развитие российской индустрии промышленных роботов и рынка робототехники ограничивается рядом факторов:

- недостаток квалифицированного персонала у всех участников рынка из-за недостаточного внимания, в частности в сфере образования, к востребованным профессиям и формированию необходимых компетенций;
- неопределенность в части конкурентоспособности и объема производимых в России роботов, на что влияет еще сильная зависимость от иностранных комплектующих и других ограничивающих факторов;
- ограниченное количество интеграторов, способных внедрить роботов в производственные линии и их невысокая производительность по внедрению робототехнических комплексов;
- недостаточный спрос со стороны конечных потребителей, особенно средних и малых, поскольку роботизируются, в первую очередь крупные предприятия, что отмечалось в предыдущем параграфе.

Следует заключить, что формирование предложения и производства робототехнической продукции является важнейшим аспектом в вопросе установления равновесия на рынке робототехнических комплексов. Вопросам достижения равновесия на рынке робототехнических систем, а также потенциальным драйверам, обеспечивающим динамику рынка будет посвящен следующий параграф.

### **2.3. Выявление потенциальных драйверов развития в концепции динамического равновесия на рынке робототехнических систем**

Как отмечалось выше, концепция экономико-технологического развития связана с вопросами инновационного развития экономики России, а рынок робототехнических систем представляет собой ядро

высокотехнологичного развития страны. «Поэтому достижение равновесия на данном рынке является первостепенной задачей» [103, С.36].

На равновесие можно влиять как со стороны спроса, так и со стороны предложения. Как показал предыдущий анализ, «сложности существуют в каждой из областей, поэтому необходимо сформулировать основные направления и факторы развития, как спроса, так и предложения робототехнической продукции, поскольку они взаимообусловлены» [104, С.41].

На основе проведенного анализа спроса на рынке робототехнической продукции в предыдущем параграфе, систематизируем факторы совокупного спроса на робототехнические комплексы, что позволит сформулировать инструментарий для достижения равновесия на рынке робототехники. На рисунке 2.17 представлены основные факторы, влияющие на объем совокупного спроса в стране на продукцию робототехнической отрасли.

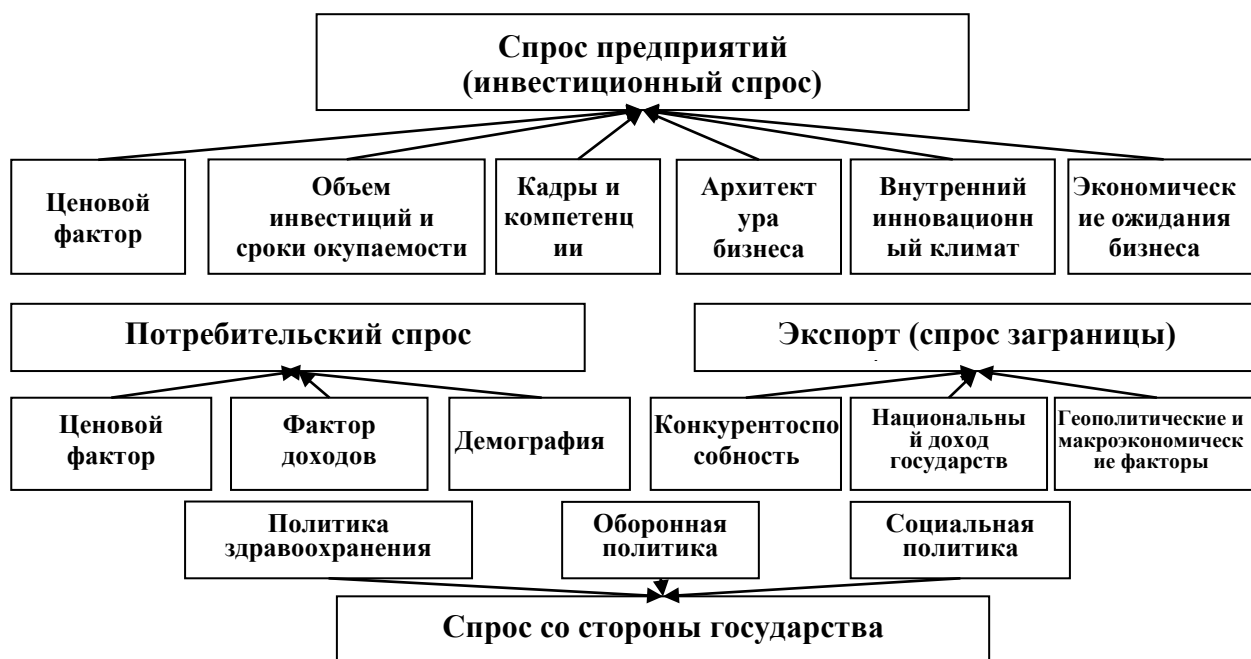


Рисунок 2.17 – Факторы, влияющие на совокупный спрос на рынке робототехнической продукции (авторская разработка)

Кроме факторов, определяющих спрос на робототехнику со стороны всех экономических субъектов, следует систематизировать «факторы, влияющие на производство и интеграцию робототехнических систем. Фирмы, производящие робототехнику и фирмы, осуществляющие ее интеграцию в производственные процессы можно в данном случае объединить, поскольку многие факторы совпадают, хотя имеются и некоторые отличия» [105, С.25].

На рисунке 2.18 представлены основные факторы, определяющие объем производства робототехнической продукции.

Каждый из представленных факторов имеет свою детализацию, которая также важна для выявления потенциальных драйверов динамического развития рынка робототехники.

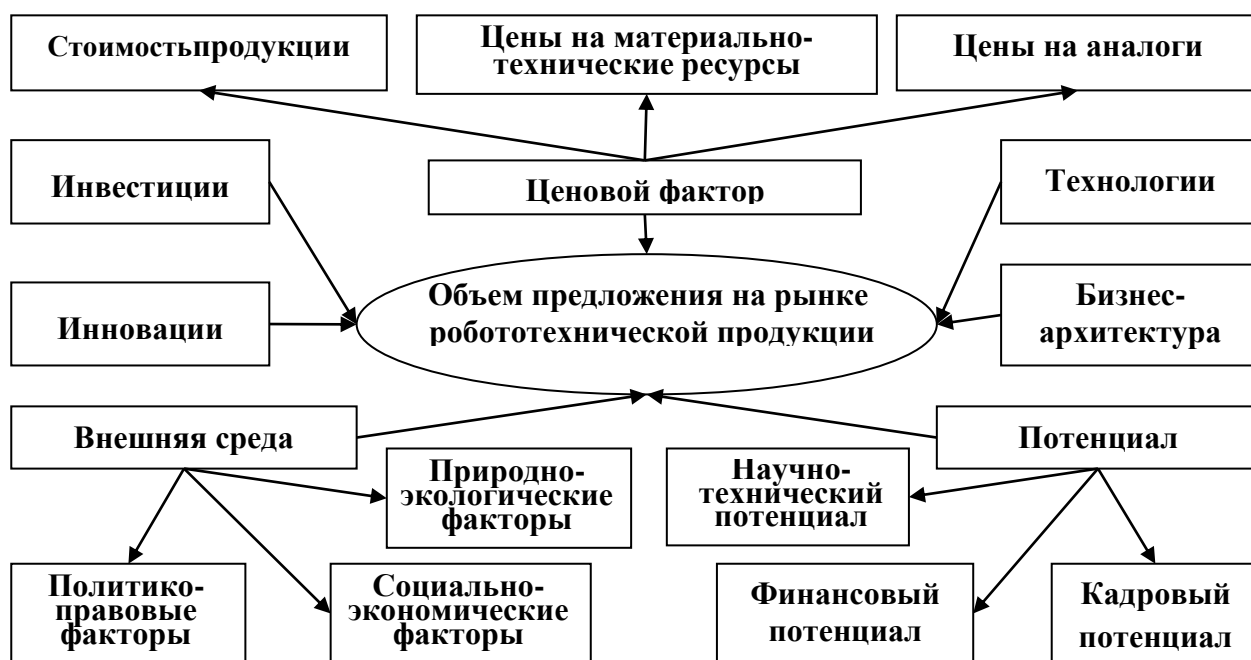


Рисунок 2.18 – Факторы, влияющие на предложение робототехнической продукции  
(автоская разработка)

Если говорим о внешней среде, что выделено три элемента.

Политико-правовые факторы включают в себя: налоговую политику, правовую систему, законодательство и государственное регулирование, внешнеэкономическую политику, международные санкции, политическую ситуацию в стране и мире. Огромное значение имеет государственная

поддержка роботизации через субсидии, заёмные средства на выгодных условиях или налоговые льготы для компаний, инвестирующих в автоматизацию. Например, в России программа по цифровому развитию экономики «предусматривает гранты на внедрение промышленных роботов в производственные процессы. Робототехника утверждена в составе перечня технологий в сфере цифровых инноваций» [106].

В России в рамках федерального проекта предусмотрены меры финансовой поддержки для производителей, интеграторов и покупателей робототехнических решений. К ним относятся субсидии на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) по созданию промышленных роботов, например, компенсация до 70% затрат сроком на три года. Кроме того, существуют программы льготного лизинга, когда государство компенсирует часть затрат на лизинг промышленных роботов, что снижает финансовую нагрузку на предприятия. Возврат 20% от стоимости роботизации, предполагает, что с 2025 года предприятия могут получить возмещение 20% затрат на внедрение роботов [107].

Социально-экономические факторы – это денежно-кредитная политика, уровень инфляции и процентные ставки, валютная политика и курс рубля, темпы роста экономики по отраслям, покупательная способность населения и уровень доходов, демографические факторы и уровень образования, социальные тенденции и предпочтения потребителей и т.п.

Большую роль при производстве робототехнических систем играет тренд на роботизацию производства, поскольку это позволяет повысить производительность труда, снизить брак и затраты на простой, сократить рабочие смены и повысить эффективность производства в целом.

К природно-экологическим факторам относятся: экологические критерии и природоохранное законодательство, экологический мониторинг и аудит, лицензирование и экологическое нормирование, ограниченность и доступность ресурсов, в том числе, редкоземельных, природоохранные

мероприятия, мониторинг фактора энергопотребления для его снижения через разработку и внедрение, например, нейроморфных процессоров и т.п.

Если мы говорим об инновациях, то кроме продуктовых и процессных, «огромное значение для эффективного функционирования индустрии робототехники имеют управленческие инновации» [108, С.16].

Очень важной является характеристика финансового, кадрового и научно-технического потенциала предприятия. Так финансовый потенциал предприятия определяет - насколько эффективно оно может обеспечивать свою устойчивость на рынке и поддерживать ликвидность, а также характеризует финансовое состояние и возможности предприятия. Финансовый потенциал показывает достаточность собственного капитала для выполнения условий финансовой устойчивости и ликвидности, способность предприятия находить дополнительные источники финансирования, эффективность использования ресурсов для извлечения прибыли, а также эффективность самой системы управления финансами.

Кадровый потенциал предприятия представляет собой совокупность навыков, знаний, опыта, способностей и возможностей сотрудников, которые могут быть использованы для достижения целей предприятий. Кадровый потенциал необходимо рассматривать во взаимосвязи со структурой, целями, задачами предприятия. Эффективно реализованный кадровый потенциал, является ключевым фактором для инновационной направленности предприятия. Согласно общей теории систем для кадрового потенциала как социально-экономической системы характерны следующие закономерности: многовариантность, усложнение структуры, устойчивость и цикличность развития, неравномерность. Как и финансовый потенциал, «кадровый потенциал представляет собой динамическую систему, которая находится в постоянном движении и развитии, поэтому их анализ должен быть перманентным» [109, С.64].

Научно-технический потенциал представляет собой совокупность возможностей предприятия, которые оно может использовать с целью

увеличения эффективности своей деятельности путем внедрения новой техники, технологий, методов и форм организации производства. Научно-технический потенциал включает в себя материально-техническую базу, систему компетенций сотрудников, информационное обеспечение и организационно-управленческую структуру.

Среди факторов была названа бизнес-архитектура, поэтому следует определить данное понятие. Она представляет собой концептуальную схему функционирования предприятия, включающая в себя большое число составных элементов и позволяющую эффективно функционировать и достигать поставленных целей. Основными компонентами являются: бизнес-стратегия, бизнес-процессы, организационная структура и информационная архитектура, обеспечивающая управление данными и знаниями.

Целью бизнес-архитектуры является разработка модели, позволяющей эффективно функционировать предприятию. Можно назвать основные задачи бизнес-архитектуры, это: выявление и описание ключевых компонентов бизнеса и определение между ними взаимосвязи; оптимизация бизнес-процессов и повышение их эффективности; анализ и управление рисками, связанными с динамическими изменениями в бизнес-среде.

Еще одним фактором, отмеченном на рисунке 2.18, являются «технологии». Это один из важнейших факторов, определяющих успешность развития индустрии роботостроения. Развитие сетевых технологий и методов разработки программного обеспечения делают установку и обслуживание роботов более быстрой и дешёвой. Программные роботизированные решения с элементами искусственного интеллекта применяются для управления производственными процессами и автоматизируют планирование закупок, анализируют складские запасы и оптимизируют логистические цепочки. Физические роботы с искусственным интеллектом используются для мониторинга состояния оборудования, прогнозирования сбоев и проактивного технического обслуживания. Развитие технологий машинного зрения и искусственного интеллекта позволяют роботам выполнять более

сложные задачи, улучшать качество работы, быстро перенастраиваться на новые операции. Огромное значение имеют периферийные вычисления в робототехнике.

Периферийные вычисления предполагают перенос операций по анализу информации, которая поступает на станок на удаленные серверы, что позволяет увеличить скорость обработки получаемой информации и повысить производительность оборудования. «Можно выделить плюсы и минусы в осуществлении периферийных вычислений. Позитивным можно назвать то, что они позволяют повысить эффективность бизнес-процессов; уменьшить время принятия решений; ускорит передачу требуемой информации в прямом и обратном движении от хранилища; снизить нагрузку на ресурсы сети и передавать только важную информацию; а также ускорить принятие решений в реальном времени, что позволит оптимизировать производственные и технологические процессы. Отрицательным моментом является то, что периферийные вычисления не способны обрабатывать, анализировать и хранить большие объемы данных. Большие объемы информации существенно снижают производительность применяемых приложений и увеличивают время принятия необходимых решений» [110, С.18].

Велика роль периферийных вычислений в робототехнике в процессе создания интеллектуальных фабрик, в которых происходит объединение всех факторов производства в единую цифровую экосистему [111, С. 19].

Периферийные вычисления, применяемые в робототехнике на интеллектуальных фабриках, позволяют оптимизировать работу всех роботов, робототехнических комплексов, датчиков и систем используя предикативную сенсорикку, анализируя как сами данные, так и их динамику; самообучающуюся архитектуру управления в режиме реального времени и генеративные модели поведения, используя нейронные сети.

В процессе создания интеллектуальных фабрик применяется большое количество современных технологий в периферийных вычислениях в

робототехнике. К числу которых, следует отнести: искусственный интеллект и машинное обучение для обработки больших объемов информации; вычислительные платформы, основанные на различных процессорах; периферийные контроллеры, отправляющие требуемую информацию и вносящие необходимые изменения; промышленные компьютеры, способные обрабатывать и анализировать информацию в реальном времени.

Также поддерживают периферийные вычисления: облачные решения для безопасного хранения информации и данных; сети 5G и Wi-Fi 6, обеспечивающие быструю и стабильную связь; различные платформы для управления данными, обеспечивающие высокий уровень защиты информации; машинное обучение и различные технологии дополненной и виртуальной реальности; устройства интернет вещей, «объединенные в единую экосистему для анализа данных в реальном времени» [112, С. 207].

К ценовым факторам отнесены стоимость продукции, цены на аналогичные товары и цены на ресурсы.

На стоимость производства робототехники оказывает влияние большое количество различных факторов, среди которых следует выделить следующие. Горизонт планирования: долгосрочные проекты требуют больше инвестиций и большего резерва бюджета на модернизацию. Масштаб внедрения: поскольку стоимость одного комплекса или большой роботизированной линии отличаются, а цель проекта, будет ли это полная автоматизация или сокращение издержек и повышение эффективности производства требуют разных решений, что оказывает влияние на его стоимость.

На стоимость оказывает влияние тип и характеристика робототехнического комплекса, а также количество дополнительного оборудования. Затраты на интеграцию в производственную и IT-инфраструктуру зависят от уровня адаптации робототехнического комплекса и оказывают влияние на его стоимость. Разработка программного обеспечения, интерфейсы с системами управления производством и

комплексность систем управления влияют на стоимость робототехнической продукции.

Стоимость робототехнического комплекса зависит от инфраструктурных и эксплуатационных условий, кадровых и организационных потенциалов, финансовых и рыночных факторов, качественных показателей, степени конкуренции, сезонности, а также внутренних технических проблем с оборудованием, обеспеченностью комплектующих и расходных материалов, что может вызвать простои и увеличение издержек.

Как отмечалось в первом разделе, достаточно важным является учет такого аспекта, как диалектическое взаимодействие теоретических изысканий и практической реализации. В теоретических исследованиях уделяется внимание такому вопросу, как соотношение понятий факторы и ресурсы. Так, например, доктор экономических наук, заведующий кафедрой экономики МПОА им. О.Е. Кутафина Л.Гребнев ставит вопрос – «Факторы и ресурсы: тождество, различие или противоположность?» [113].

В целом, мы согласны, что «различие факторов и ресурсов представляет собой одно из проявлений субъектно-объектного видения реальности, которое свойственно хозяйствованию в целом» [113].

Но мы применяем более расширительную трактовку ресурсов, чем указывает исследователь, что «факторы и ресурсы представляют собой не просто разные, а взаимодополняющие противоположные стороны в реальных хозяйственных процессах...» [113].

Под ресурсами мы понимаем не только то, что используется и видоизменяется, а и то, что непосредственно участвует в производственном процессе. И рассматриваем ресурсы и факторы не как противоположные стороны, а как разноаспектную трактовку этих понятий, где ресурсы рассматриваются в более утилитарном практическом аспекте. Одни и те же понятия встречаются в структуре факторов и ресурсов, но анализируются с

различных сторон, как, например, у стола бывает разноаспектная характеристика – по материалу, по форме, по назначению и т.п.

Факторы, определяющие и влияющие на все производственные и бизнес-процессы, представленные на рисунке 2.18, можно проанализировать в ресурсном аспекте. Например, такой фактор как потенциал, включающий в себя кадровый, научно-технический и финансовый, охарактеризованные выше, можно рассматривать через призму ресурсов: кадровые, научные и финансовые, для того, чтобы выбрать стратегии управления каждым из ресурсов.

На рисунке 2.19 представлены четыре большие группы ресурсов, необходимых для производства роботизированных комплексов.

Говоря о кадровых ресурсах предприятий, производящих робототехнику, мы выделим следующие важные компоненты: компетенции и специалисты, специализированные образовательные программы; мотивация и корпоративная культура на предприятии.



Рисунок 2.19 – Ресурсы, необходимые для производства роботизированных комплексов  
(авторская разработка)

Если детализировать компетенции, то обязательно необходимо отметить некоторые из них, наиболее востребованные в промышленной робототехнике. Например, технические навыки, в частности, знание механики и электроники, программирование (Python, C++, Java), понимание сетевых протоколов и кибербезопасности, умение применять знания по линейной алгебре, статистике и дифференциальным уравнениям для моделирования движений и анализа данных с сенсоров.

«Необходимы и такие гибкие навыки, как, умение работать в команде, креативность, управление временем и проектами. Уникальными компетенциями являются умения рассчитать в динамике или применять системы технического зрения» [114, С.75].

Быстрое развитие робототехники ограничивается дефицитом квалифицированных кадров в сфере разработки, производства и интеграции роботов. Имеется дефицит специалистов с рядом нужных компетенций, например, узкопрофильных инженеров, проектирующих роботов, инженеров с уникальными компетенциями выполнения сложных вычислений. Кроме того, востребованными являются специалисты разных профилей в силу специфики робототехники как междисциплинарной области. Востребованы специалисты с высокими техническими навыками и знаниями в области программирования и управления роботами.

Детализация кадровых ресурсов для производства робототехники включает анализ требований к специалистам, компетенций, необходимых для работы в этой сфере, и системы образования, подготавливающей специалистов. «Специализированные образовательные программы в университетах и колледжах направлены на подготовку квалифицированных специалистов в области робототехники» [115, С. 24].

Для подготовки специалистов для сферы производства робототехники используются университетские программы по робототехнике и смежным дисциплинам. Студенты изучают основы робототехники, программирования и искусственного интеллекта, механики и электроники, проходят

практические занятия и лабораторные работы. В колледжах осуществляется подготовка специалистов текущих специальностей с прицелом на робототехнику, например, сварщиков-робототехников, пищевиков-робототехников.

«Оснащение вузов и колледжей отечественными робототехническими комплексами и технологиями для подготовки специалистов. Исследовательские проекты и стажировки позволяют студентам получить практический опыт и применить теоретические знания на практике» [87].

Поиск специалистов должны осуществляться, в том числе, и через специализированные онлайн-платформы и сообщества, посвящённые робототехнике. Необходима популяризация профессии инженера-робототехника через мастер-классы, хакатоны и сотрудничество со школами.

«Для решения проблемы нехватки кадров в сфере производства робототехники должна проводиться переподготовка сотрудников через программы дополнительного профессионального образования» [87].

Научные ресурсы предполагают наличие фундаментальных и прикладных исследований в области искусственного интеллекта, машинного обучения сенсорных систем и новых материалов; разработку единых протоколов интеграции для робототехнических систем, компонентов и интерфейсов, а также внедрение стандартизации, что облегчит их интеграцию и снизит себестоимость.

Финансовые ресурсы включают в себя частные инвестиции, собственные средства, банковские кредиты и различные государственные программы и льготы. Необходимо заранее планировать бюджет и изучать доступные возможности финансирования, чтобы реализовать проекты по роботизации производства.

Частные инвесторы могут вкладывать средства в проекты по производству робототехники, например, в акции компаний, разрабатывающих робототехнические решения. Однако инвестиции в робототехнику связаны с рисками: высокими начальными затратами,

конкуренцией, технологическими рисками. Для реализации проекта по производству робототехники также могут использоваться и собственные средства, например, на закупку комплектующих для производства роботов. Однако оценить необходимый объём инвестиций сложно, так как разработка может занять несколько лет и могут потребоваться дополнительные вложения.

Многие банки сейчас внедряют специальные программы поддержки для производителей, планирующих модернизацию и роботизацию. Например, в марте 2025 года Минпромторг и Корпорация МСП запустили программу льготного кредитования для малого и среднего бизнеса в секторе станкостроения и робототехники. «Размер кредита — от 30 млн до 200 млн рублей, максимальный срок финансирования — пять лет. Для инвестиционных проектов предусмотрены «зонтичные» поручительства Корпорации МСП, которые позволяют покрыть до 50% суммы кредита» [116].

Кроме вышеописанных ресурсов ключевая роль принадлежит материально-техническим ресурсам, которые составляют основу производимой робототехники. Важность и значимость каждого элемента данного типа ресурса сто процентов, без каждого элемента из представленных на рисунке 2.17 материально-технических ресурсов невозможно создание роботизированного комплекса. Здесь стоит вопрос об эффективности применения и доступности того или иного вида материально-технического ресурса, о чем отмечалось в предыдущем разделе.

Выбор оборудования зависит от типа робота и условий эксплуатации. Существуют различные типы механического оборудования, например, манипуляторы, состоящие из различных подвижных элементов, которые соединены с разной степенью подвижности. Рабочие органы, то есть устройства для осуществления различных технологических операций, так же для подъема и перемещения различных предметов.

Важнейшим оборудованием являются 3D-принтеры, которые позволяют быстро создавать прототипы, а также роботизированные системы 3D-печати, которые используются для создания деталей сложной геометрии из различных материалов. Станки с числовым программным управлением (ЧПУ) позволяют четко выполнять определенные запрограммированные операции, благодаря возможности автоматической смены инструмента, быстрой настройки и гибкости, создания сложных геометрических форм.

Информационно-сенсорная система представляет собой совокупность измерительных и вычислительных средств для получения информации от различных датчиков и ее обработка для дальнейшего использования системой управления. Она предназначена для обеспечения обратной связи, учитывающей изменения внешних условий и позволяющая адаптировать робота к новой среде.

Она включает в себя много различных элементов, например, внешние, датчики, собирающие информацию об окружающей среде. Существуют датчики температурные, химические, тактильные, силовые, визуальные, акустические и локационные. Внутренние кинестетические датчики дают информацию о координатах и усилиях в сочленениях манипулятора. К ним относятся датчики линейных и угловых перемещений и скоростей, измерители сил и моментов в сочленениях.

Сигналы, поступающие с датчиков после усиления и преобразования в цифровую форму, поступают на микро ЭВМ, а затем формируется сообщение на верхний уровень информационной системы или в систему управления. Здесь же можно назвать и блок управления, при помощи которого задается программа и обеспечивается интеграция с общей системой управления производства.

Важнейшим компонентом информационно-сенсорной системы, позволяющим получать комплексную характеристику окружающей обстановки является система технического зрения.

Кроме различных датчиков применяются контроллеры, которые управляют движениями и функциями робота и выполняют заранее запрограммированные команды. Контроллеры двигателей, энкодеры – контролируют крутящий момент двигателей робота, а также скорость для обеспечения точной и плавной работы. Модули связи позволяют подключаться и взаимодействовать с другими сетями, компьютерами и роботами.

Программное обеспечение включает в себя инструменты для моделирования и симуляции работы робототехнических комплексов, средства технического обслуживания, системы автономного программирования и т.п. Для управления роботизированными системами вместо написания классического кода могут использоваться специальные IDE с визуальными инструментами для программирования роботов, создавая блок-схемы или диаграммы. Для отлаживания и тестирования кода в виртуальной среде, имитирующей реальный мир, используются стимуляторы роботов, а для работы с различными датчиками применяются специальные библиотеки и функции.

К комплектующим и аксессуарам, которые обеспечивают движение и взаимодействие робота с окружающей средой, относятся редукторы и моторы для обеспечения стабильной работы и высокой грузоподъемности; вакуумные, механические и магнитные манипуляторы для захвата предметов разной формы и веса; кожухи и оболочки для защиты от влаги, пыли и загрязнений; концевые инструменты, в частности, сверла, лазерные резак, паяльные модули и другие специализированные устройства.

Различные системы крепления и базы для надежной фиксации робота и его адаптации к рабочей зоне, системы безопасности, в частности датчики столкновений, ограждения и лазерные сканеры для безопасного взаимодействия с человеком. Различные инструменты и технологические головки, такие как ковши и клещи для сварки, а также электрические, гидравлические или пневматические приводы, необходимые для передачи

движения манипулятору. К механическим комплектующим относятся также трансмиссия, колеса и шаровые опоры, шасси и различные платформы и т.п. К электронным компонентам относятся кабели и шлейфы, разъемы и переходники и др.

Для интеграции механических и электрических компонентов в робототехнических наборах используются различные технологии, например, мехатронику, которая объединяет механику и электронику. Она позволяет создавать роботизированные системы, которые могут не только двигаться, но и принимать самостоятельные решения, адаптироваться под изменения условий.

Кроме того, используют различные разъемы. Разъемы питания передают электроэнергию между различными компонентами роботизированной системы без потерь. «Разъёмы для передачи данных обеспечивают бесперебойную связь между датчиками, контроллерами и другими устройствами и обеспечивают обмен данными и принятие решений в режиме реального времени. Электрические разъемы создают безопасное соединение для передачи электрических сигналов между компонентами и обеспечивает гибкость при проектировании и создании роботизированных комплексов» [117].

Электрические компоненты отвечают за питание и управление функциями робота. Они действуют как связующее звено между программной частью и механической конструкцией робота.

К расходным материалам можно отнести материалы для корпуса или рамы робота, например, латунь, титан и титановые сплавы, нержавеющая сталь, алюминий, магниевые сплавы, пластик, нейлон, поликарбонат, композиты из углеродного волокна, керамические материалы, ткани и текстиль и прочее. Для изготовления колес, шлангов и уплотнителей используется резина и кевларовое волокно, которое применяют как защитный слой для промышленных роботов, работающих в экстремальных условиях. В процессе работы над проектированием роботов для различных

узлов используют инновационные смазочные материалы, увеличивающие срок службы устройств.

Для перемещения ресурсов при производстве роботов используются транспортные роботы, среди которых есть роботы-тягачи, со специальным штоком для автоматического сцепления с транспортной тележкой, существуют универсальные мобильные роботы, такие как робот-манипулятор, роботы с подъемной, поворотной и подъемно-поворотной оснасткой. Кроме того, имеются роботы-погрузчики, представляющие собой форклицтеры и ричтраки, оснащенные автоматической системой управления, а также модели на специально разработанной мобильной платформе.

Для производства роботов используются различные энергетические ресурсы, такие как, аккумуляторы, солнечные и топливные элементы.

Солнечные элементы, вырабатывающие электрическую энергию под действием солнечного света, являются маломощными, поэтому их соединяют в солнечные батареи. В основном солнечные элементы служат источником вторичного электропитания, подзаряжая аккумуляторы.

Топливные элементы преобразуют химическую энергию топлива в электричество, используя в качестве топлива водород или газообразное, или жидкое углеводородное топливо, а в качестве окислителя кислород из воздуха. Данный тип элементов используются для роботов, которым требуется длительная работа без доступа к источнику питания. Наиболее распространенным типом является топливный элемент с протонообменной мембраной, где обычно используется водород, но может быть использован и метанол. Напрямую используют метанол в качестве топлива в прямых метанольных топливных элементах.

Таким образом, на предложение на рынке робототехнической продукции оказывает влияние большое число факторов, а ресурсный разрез показывает чрезвычайно сложный процесс ее производства.

Опираясь на обоснование в первом разделе концепции экономико-технологического развития как основы для становления и развития рынка

высокотехнологичных товаров, коими и являются робототехнические системы, а также обобщая все систематизированные факторы, влияющие на спрос и предложение робототехнической продукции, необходимо перейти к формированию инструментария для достижения динамического равновесия на анализируемом рынке.

При этом необходимо учитывать свойства фрактальной теории в рамках концепции экономико-технологического развития роботостроения. Кроме того, для большей успешности следует использовать тот мировой опыт, проанализированный в первом разделе, который имеет позитивные аспекты для российского рынка робототехники. И, наконец, обязательно следует учитывать особенности и тенденции развития российской индустрии робототехники в условиях движения к многополярности, отмеченные в первом разделе.

Разработанная в России Концепция технологического развития страны до 2030 года направлена на развитие высокотехнологичных отраслей экономики. Если в концепции схематически представлено направление развития, где содержатся только основные моменты модели развития, то в стратегии прописывается общий план развития на длительный период времени, прописан способ достижения поставленной цели.

«Стратегия определяет вектор развития по направлению к поставленной цели. Стратегия, как согласованный набор решений в отношении поставленных вопросов, рассматривает в большей степени качественный аспект, разработка количественных параметров относится уже к стратегическому планированию. Если в основе разработки эффективной стратегии лежат научные постулаты и теории, то ее реализация невозможна без четко проработанного стратегического планирования с проработкой детализированных тактических планов развития» [3].

Одним из методов стратегического планирования, который оценивает внешнюю среду и выявляет факторы, влияющие, в данном контексте, на рынок робототехники, является PEST-анализ.

На основе систематизированных факторов на рисунке 2.16 можно провести более подробный PEST-анализ рынка робототехники для оценки всех внешних факторов (таблица 2.8), чтобы, предвидя изменения во внешней макросреде, осуществить реактивные/проактивные действия и выявить драйверы развития в рамках принятой стратегии [118, С. 21].

Факторы, влияющие на развитие рынка робототехники, оцениваются от 1 до 3 баллов, где:

1 — фактор не влияет на функционирование рынка или влияет незначительно;

2 — умеренно воздействует, при сильных трансформациях фактора возникают ощутимые последствия;

3 — сильно влияет, даже небольшие перемены влекут за собой серьёзные последствия.

Общее влияние факторов — это сумма оценок влияния факторов (от 1 до 3).

Экспертные оценки вероятности изменений устанавливаются от 1 до 5, где:

1 балл — изменений не будет.

2 балла — возможно, будут изменения.

3 балла — будут незначительные изменения.

4 балла — изменения будут и ощутимо отразятся на развитии рынка.

5 баллов — изменения очень сильно будут способствовать развитию рынка робототехники.

Оценка с поправкой на вес рассчитывается как деление влияния фактора на общее влияние и умножается на среднюю оценку экспертов.

Таблица 2.8 — Оценка влияния четырех групп факторов на развитие рынка робототехнике в PEST-анализе

Описание фактора	Влияние фактора	Экспертная оценка			Средняя оценка экспертов	Оценка с учетом веса фактора
		1	2	3		
Политико-правовые факторы (P)						
1.Геополитическая нестабильность.	2	3	2	4	3	0,08
2.Международные антироссийские санкции.	3	4	2	5	3,7	0,15
3. Политика государства на сфере роботостроения	3	5	4	3	4	0,17
4.Налоговая политика государства.	2	3	4	5	4	0,11
5. Политика государственных расходов.	2	4	3	2	3	0,08
6.Антимонопольное законодательство.	2	3	2	2	2,3	0,06
7.Экологическое законодательство.	1	2	3	2	2,3	0,03
8. Регулирование занятости населения.	1	3	2	1	2	0,03
9.Внешнеэкономическое законодательство.	1	2	1	3	2	0,03
10. Позиция государства по отношению к иностранным инвестициям.	1	1	2	2	1,7	0,02
11.Синергия политики Правительства и Центрального Банка	3	5	2	3	3,3	0,14
Финансово - экономические факторы (E)						
1. Тип и уровень инфляции.	2	3	2	4	3	0,08
2. Ключевая и процентные ставки.	3	5	4	4	4,3	0,18
3.Курс национальной валюты.	2	4	5	3	4	0,11
4.Темпы и тип экономического роста.	3	4	3	4	3,7	0,10
5. Производительность труда	2	3	5	4	4	0,11
6. Цены на энергоресурсы и тарифы естественных монополий.	3	3	2	3	2,7	0,11
7.Количество денег в обращении.	2	3	2	2	2,3	0,06
8. Уровень безработицы.	2	2	1	2	1,7	0,05
9.Уровень доходов населения.	2	3	2	1	2	0,06
10.Инвестиционная политика.	2	4	3	3	3,3	0,09
11.Инновационная активность.	2	5	4	5	4,7	0,13
12.Эффективность производства.	2	4	5	4	4,3	0,12

Продолжение таблицы 2.8

Описание фактора	Влияние фактора	Экспертная оценка			Средняя оценка экспертов	Оценка с учетом веса фактора
		1	2	3		
Социально-культурные факторы (S)						
1. Демографическая структура населения.	1	2	1	2	1,7	0,02
2. Уровень жизни и качество потребления	2	2	3	2	2,3	0,06
3. Стиль жизни, обычаи, менталитет и потребительские предпочтения.	1	2	1	1	1,7	0,02
4. Социальные тенденции и мобильность населения.	1	1	2	1	1,7	0,02
5.Кадровая политика и инновационная адаптация.	2	3	4	3	3,3	0,09
6.Уровень образования и компетенций.	3	3	2	4	3	0,13
7.Организационные инновации.	2	3	2	1	2	0,06
8.Мотивация и корпоративная культура	1	2	1	2	1,7	0,05
Технологические факторы (Т)						
1.Технологические инновации: продуктовые и процессные.	3	5	4	5	4,7	0,20
2. Цифровая трансформация бизнес-процессов.	2	4	5	4	4,3	0,12
3.Конкуренция и конкурентоспособность.	2	3	2	2	2,3	0,06
4.Патентное законодательство и защита интеллектуальной собственности.	2	2	3	4	3	0,08
5.Ограниченность или доступность редкоземельных ресурсов.	1	1	1	2	1,3	0,04
6.Уровень энергопотребления.	1	2	2	2	2	0,03
Общая сумма баллов	72				106,3	

(авторская разработка)

Проведенный анализ оценки влияния факторов на развитие российского рынка робототехники и вероятности изменений на нем показал, что наиболее важными факторами исходя из оценки с учетом фактора веса показателя, оказывающими влияние на эффективность функционирования и его развития являются:

В группе политико-правовые факторы:

- политика государства на сфере роботостроения - 0,17
- международные антироссийские санкции - 0,15
- синергия действий Правительства и Центрального Банка - 0,14

В группе финансово-экономические факторы:

- ключевая и процентные ставки - 0,18
- инновационная активность - 0,13
- эффективность производства - 0,12.

В группе социально-культурные факторы:

- уровень образования и компетенций - 0,14
- кадровая политика и инновационная адаптация - 0,09
- уровень жизни и качество потребления - 0,06

В группе технологические факторы:

- технологические инновации: продуктовые и процессные - 0,20
- цифровая трансформация бизнес-процессов - 0,12
- патентное законодательство и защита интеллектуальной собственности - 0,08.

По каждому из факторов в таблице 2.9 нами предложены проактивные или реактивные действия со стороны государства и заинтересованных акторов на российском рынке робототехники.

Таблица 2.9 — PEST-анализ с определением реактивных/проактивных действий по каждому их факторов со стороны государства и заинтересованных акторов на российском рынке робототехники

Политико-правовые факторы (P)	Реактивные/проактивные действия	Финансово-экономические факторы (E)	Реактивные/проактивные действия
1.Общеглобальная геополитическая нестабильность.	1. Разработка стратегии обеспечения национального суверенитета страны. 2. Политика	1. Тип и уровень инфляции. 2. Ключев	1. Четкое выявление существующего типа инфляции из нескольких возможных. 2. Рост ключевой и процентных ставок усиливают инфляцию издержек. Требуется их снижение. 3. Поддержание стабильного курса рубля, т.к. резкие колебания оказывают негативное влияние

<p>2.Международные антироссийские санкции.</p> <p>3. Политика государства на сфере роботостроения</p> <p>4. Налоговая политика государства</p> <p>5. Политика государственных расходов.</p> <p>6. Антимонопольное законодательство.</p> <p>7. Экологическое законодательство.</p> <p>8. Регулирование занятости населения.</p> <p>9. Внешнеэкономическое законодательство.</p> <p>10. Позиция государства по отношению к иностранным инвестициям.</p> <p>11. Синергия действий Правительства и Центрального Банка</p>	<p>импортозамещения и оптимизация логистики</p> <p>3. Стратегия развития роботостроения.</p> <p>4. Налоговые льготы и субсидирование предприятий в сфере роботостроения.</p> <p>5.Предоставление грантов и государственный заказ в оборонной сфере</p> <p>6. Разработка инструментария противодействия картелям и снятия входных барьеров для стартапов.</p> <p>7. Разработка нормативно-правовой базы и системы мониторинга воздействия робототехники на экологию, а также ключевых показателей степени экологичности продукции робототехники.</p> <p>8. Проведения мониторинга занятости и востребованности профессий в сфере роботостроения.</p> <p>9.Обеспечение благоприятного режима экспорта робототехнических комплексов, кроме сфер, затрагивающих интересы национальной безопасности.</p> <p>10. Политика поддержки международного сотрудничества в сфере роботостроения, стратегические инвестиции в индустрию робототехники и создание совместных предприятий.</p> <p>11. Формирование единых целей и введение солидарной ответственности Правительства и руководства Центрального Банка при проведении бюджетно-налоговой и денежно-кредитной политик.</p>	<p>ая и процентные ставки.</p> <p>3. Курс национальной валюты.</p> <p>4. Темпы и тип экономического роста.</p> <p>5. Производительность труда</p> <p>6. Цены на энергоресурсы и тарифы естественных монополий.</p> <p>7. Количество денег в обращении.</p> <p>8. Уровень безработицы.</p> <p>9. Уровень доходов населения.</p> <p>10. Инвестиционная политика.</p> <p>11. Инновационная активность.</p> <p>12. Эффективность производства.</p>	<p>на производство.</p> <p>4.Поддержание интенсивного типа и темпов экономического роста выше среднемировых.</p> <p>5.Для борьбы со стагнацией и для обеспечения интенсивного типа роста, обязательным является повышение производительности труда.</p> <p>6. Снижение тарифов и цен на энергоресурсы уменьшают инфляцию издержек и стимулируют производство.</p> <p>7.Повышение уровня монетизации (особенно при ресурсном и пространственном расширении) необходимо для стимулирования экономического роста, снижения инфляции и повышения доверия к национальной валюте.</p> <p>8.При низких уровнях безработицы появляются дополнительные стимулы к роботизации производства.</p> <p>9. Повышение заработных плат и уровней доходов способствуют увеличению спроса на сервисную и индивидуальную робототехнику.</p> <p>10. Расширение государственных инвестиций в сфере оборонной робототехники. Государственные программы поддержки частных инвестиций, политика привлечения прямых иностранных инвестиций в сферу роботостроения. Например, уже программа «Цифровая экономика» предусматривает гранты на внедрение промышленных роботов в производственные процессы. В рамках федерального проекта «Развитие промышленной робототехники и автоматизации производства» (часть нацпроекта «Средства производства и автоматизации» или «Технологическое лидерство») предусмотрены меры финансовой поддержки для производителей, интеграторов и покупателей робототехнических решений</p> <p>11. Предпочтение проактивным действиям: создание и развитие научно-производственных кластеров в сфере роботостроения; поддерживать НИОКР среди роботостроительных предприятий; разработка и диффузия интеллектуальных технологий в области роботостроения; информационное обеспечение инновационных компаний; инновационное образование кадров.</p> <p>12. Проактивные действия: автоматизация и роботизация производства, внедрение новых технологий и искусственного интеллекта, использование систем машинного зрения, оптимизация логистических процессов, внедрение роботизированных центров контроля качества, интеграция ERP, MES и CRM-систем, интеграция анализа данных в реальном времени с роботизированными системами, контроль ключевых показателей и управление данными, перманентное обучение персонала, оптимизация бизнес-процессов, планирование и прогнозирование. Инновации в робототехнике направлены на повышение автономности устройства и уровня обучаемости робототехнических систем.</p>
---	---	--	--

Продолжение таблицы 2.9

Социально-культурные факторы (S)	Реактивные/проактивные действия	Технологические Факторы (Т)	Реактивные/проактивные действия
<p>1. Демографическая структура населения.</p> <p>2. Уровень жизни и качество потребления</p> <p>3. Стиль жизни, обычаи, менталитет и потребительские предпочтения.</p> <p>4. Социальные тенденции и мобильность населения.</p> <p>5. Кадровая политика и инновационная адаптация.</p> <p>6. Уровень образования и компетенций.</p> <p>7.</p>	<p>1. Старение населения требует ускорения производства и внедрения робототехники на предприятиях. Планы по внедрению робототехники должны осуществляться с учетом демографических изменений - либо создавая новые места, либо сокращая неквалифицированный труд.</p> <p>2. Стоит задача улучшения качества потребления и уровня жизни, поскольку это повышает спрос на сервисную и индивидуальную робототехнику.</p> <p>3. Ассортиментные группы робототехники необходимо синхронизировать с учетом менталитетов и стиля жизни.</p> <p>4. Социальные тенденции приводит к расширению мощностей роботов в области индивидуализации производства и логистики.</p> <p>5. Инновационная адаптация востребована для развития робототехники из-за большой скорости изменения технологий.</p> <p>Востребована актуализация кадровой политики с учетом роботизации производства.</p> <p>6.Необходима разработка образовательных программ по робототехнике по всей квалификационной цепочке. Требуются значительные инвестиции в образование, переквалификацию кадров и развитие навыков в области робототехники.</p> <p>7. Повышение эффективности организационно-управленческой</p>	<p>1. Технологические инновации: продуктовые и процессные.</p> <p>2. Цифровая трансформация бизнес-процессов.</p> <p>3. Конкуренция и конкурентоспособность.</p> <p>4. Патентное законодательство и защита интеллектуальной собственности.</p> <p>5. Ограниченность или</p>	<p>1.Обеспечение условий для генерации и трансфера продуктовых и процессных инноваций. По продуктовым: стимулирование спроса на робототехнику (субсидии, льготный лизинг, компенсация части затрат); разработка единого стандарта программного обеспечения для промышленных роботов; создание центров развития робототехники. По процессным: формирование центров компетенций; проведение технологических конкурсов для накопления компетенций; развитие кластерных сред для внедрения робототехнических решений.</p> <p>2. Цифровая трансформация закреплена в качестве одной из национальных целей развития страны на период до 2030 года. Для развития робототехнической отрасли она включает расширение использования систем искусственного интеллекта, внедрение блокчейна и роботизацию.</p> <p>3. Эти факторы стимулируют внедрение новых производств, повышение эффективности производства и выход на рынок робототехники. Для обеспечения конкуренции в отрасли роботостроения актуализация закона о конкуренции в условиях цифровизации и усиление контроля над степенью монополизации (индекс Херфиндаля-Хиршмана, индекс Лернера). Для повышения конкурентоспособности предприятий в отрасли роботостроения рекомендуется: шире использовать инструменты цифровизации; концентрировать усилия по отдельным видам роботов (промышленные, сервисные) и разрабатывать профильное программное обеспечение; развивать взаимодействие в кластерных структурах; стимулировать через компенсацию затрат закупку отечественных роботов, разработать единые стандарты для промышленных роботов.</p> <p>4. Важно совершенствовать законодательство в сфере робототехники и искусственного интеллекта, сформировать благоприятный режим экспорта российских разработок в области роботостроения, не связанной с оборонной и национальной безопасности, развивать систему страховых институтов.</p> <p>5. Решение проблемы ограниченности ресурсов требует разработку решений со стороны государства, бизнеса и науки. Со стороны государства: необходимо разрабатывать новые месторождения, в том числе и техногенного характера, что позволит быстро получить экономический эффект; сформировать систему государственных закупок с приоритетом отечественных редкоземельных металлов;</p>

<p>Организац онные инновации.</p> <p>8. Мотивация и корпоратив ная культура</p>	<p>деятельности способствует развитию отрасли роботостроения.</p> <p>8. Создание центров компетенций, где можно обучать работе с роботизированными платформами, будет благоприятно влиять на показатели мотивации, которая может способствовать более лояльному отношению сотрудников к роботам и их использованию в работе. Актуализация корпоративной культуры в направлении подготовки персонала и изменения мышления людей поможет убрать беспокойство о риске потерять работу.</p>	<p>доступн ость редкозе мельны х ресурсо в.</p> <p>6. Уровень энергоп отребле ния.</p>	<p>субсидировать проекты в области добычи и переработки, включать проекты в специальные налогово-правовые режимы. Со стороны бизнеса: внедрять технологические инновации по переработке и вторичному использованию редкоземельных металлов; применять инновационные технологии по их добыче и переработке. Со стороны науки: разрабатывать новые технологии синтеза и искусственного получения редкоземельных металлов; оценивать и прогнозировать текущий и перспективный спрос на редкоземельные ресурсы; направлять выделяемое финансирование на повторное использование редкоземельных металлов.</p> <p>6. Для развития робототехники важно эффективное использование источников энергии. Для оптимизации энергопотребления в робототехнике оптимизируют конструкции и алгоритмы управления движением роботов, внедряют системы рекуперации энергии. Также всё больше роботов создают специально для получения энергии из альтернативных источников.</p>
---	---	--	--

(авторская разработка)

Проведенный PEST-анализ с учетом всех предложенных реактивных или проактивных действий со стороны всех акторов позволяет: оценить потенциальные угрозы и снизить риски, поскольку отражает все факторы, влияющие на развитие рынка робототехники в стране; предсказать рыночные тренды и поведение потребителей и оценить возможность масштабирования и открытия новых направлений для развития роботостроения.

Кроме PEST-анализа для выявления потенциальных драйверов развития в концепции динамического равновесия на рынке робототехнических систем необходимо провести и SWOT-анализ. Данный метод стратегического планирования помогает выявить сильные и слабые стороны, внешние возможности и угрозы на рынке робототехники.

Матрица SWOT-анализа с возможными стратегиями представлена на рисунке 2.20.

	<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;">из таблицы 3 приложения</div>	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;">из таблицы 3 приложения</div>
<b>Сильные стороны</b>	<i>Поле Силы и Возможности</i>  <b>Стратегия приоритетного развития</b>  <b>Миссия</b>  Усилить имеющиеся сильные стороны (24) за счет реализации существующих возможностей (7)  <b>Цель</b>  Эффективное развитие и поддержание динамического равновесия на рынке робототехники	<i>Поле Силы и Угрозы</i>  <b>Стратегия компенсации</b>  <b>Миссия</b>  Использовать имеющиеся сильные стороны (24) для минимизации существующих угроз (12)  <b>Цель</b>  Переход к стратегии эффективного развития и поддержания динамического равновесия на рынке
<b>Слабые стороны</b>	<i>Поле Слабости и Возможности</i>  <b>Стратегия реагирования</b>  <b>Миссия</b>  Использовать существующие возможности (7) для уменьшения существующих слабых сторон (23) в задействовании сильных (24)  <b>Цель</b>  Переход к стратегии компенсации для уменьшения слабых сторон (23) за счет имеющихся возможностей (7)	<i>Поле Слабости и Угрозы</i>  <b>Стратегия реформирования</b>  <b>Миссия</b>  Постановка цели уменьшения выявленных слабых сторон (23) и угроз (12) за счет задействования сильных сторон (24) и реализации существующих возможностей (7)  <b>Цель</b>  Переход к стратегии реагирования для минимизации существующих угроз (12) и ослабления влияния слабых сторон (23)

Рисунок 2.20 – Матрица SWOT-анализа рынка робототехники

(авторская разработка)

В нашем исследовании SWOT-анализ проводится не для отдельной компании, а для оценки общего состояния рынка робототехники, чтобы выявить возможности и угрозы для обеспечения динамического равновесия на рынке.

Полный SWOT-анализ российского рынка робототехники представлен в приложении В.

Корректировка возможных целей по результатам SWOT-анализа для российского рынка роботостроения представлена в таблице 2.10.

Таблица 2.10 — Корректировка целей по данным SWOT

Цель	Возможности	Угрозы	Сильные стороны	Слабые стороны
Переход к стратегии реагирования для минимизации существующих угроз (12) и ослабления влияния слабых сторон (23)	-	+	-	+
Переход к стратегии компенсации для уменьшения слабых сторон (23) за счет имеющихся возможностей (7)	+	-	-	+
Переход к стратегии эффективного развития и поддержания динамического равновесия на рынке	-	+	+	-
Эффективное развитие и поддержание динамического равновесия на рынке робототехники	+	-	+	-
Цель на текущий период для российского рынка робототехники, (находящегося в поле – силы и угрозы)	Переход к стратегии эффективного развития и поддержания динамического равновесия на рынке			

(авторская разработка)

Несмотря на большое количество выявленных угроз, существует большая потенция для динамичного развития рынка, отраженная в квадрантах «Сильная сторона» и «Возможности».

Аналогично матрице взаимосвязи между сильными и слабыми сторонами, представленной в приложении Б, отразим полученные значения на матрице взаимосвязи между возможностями и угрозами для российского рынка робототехники на рисунке 2.21.

		Возможности		
		10	8,17,1	0
Угрозы	10	II		I
	6,75 6,5		★	★
	0	III		IV

Рисунок 2.21– Матрица взаимосвязи между возможностями и угрозами для рынка робототехники по вероятности использования (★) и степени влияния (★)  
(авторская разработка)

Реализация каждой из представленных потенциальных возможностей в различных сферах позволит не просто удержать равновесие на рынке, но и обеспечить его стабильное развитие. А «в условиях асимметричной информации стоит еще и задача подбора инструментов регулирования рынка робототехники» [119, С.63].

Однако, одной из важнейших задач, является именно эффективное функционирование индустрии роботостроения, поэтому третий раздел и будет посвящен вопросам оценки эффективности роботостроения в условиях цифровизации экономики.

### **3. Методические рекомендации по оценке эффективности интеграции робототехнических систем в условиях неопределенности и динамических изменений**

Методические рекомендации представляют собой описание методов расчета эффективности, в нашем случае, эффективности роботостроения. Достаточно четко проработаны «методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов» авторским коллективом под руководством В. В. Коссова, В. Н. Лившица, А. Г. Шахназарова. [120,121].

В нашем исследовании мы остановимся на аспектах, связанных с нелинейной динамикой и цифровизацией современной экономики, что требует актуализацию выбора методов, показателей для оценки эффективности внедрения робототехнических комплексов. Это связано и с тем, что равновесие на рынке робототехники напрямую зависит от спроса на нее, скорости и объема внедрения робототехнических комплексов.

#### **3.1. Построение алгоритма оценки эффективности инвестирования в интеграцию робототехнических комплексов в условиях неопределенности, динамики и рисков**

Система показателей оценки эффективности инвестирования в интеграцию робототехнических комплексов с учетом рисков, неопределенности и динамики включают методы и подходы, которые учитывают социально-экономические, технико-технологические и экологические эффекты, а также динамические параметры и изменение показателей во времени.

К таким подходам относится учет динамических параметров, то есть учитываются экономические показатели во времени, например, окупаемость инвестиций, динамика себестоимости при применении робототехнических

комплексов. Кроме того, необходимо применять мультикритериальный подход, когда учитываются разнородные показатели эффективности. Говоря о технико-эксплуатационных характеристиках робототехнических комплексов, следует учитывать мощность оборудования, расход энергоносителей, рабочую скорость и другие параметры, влияющие на показатели эффективности.

Говоря о подходах к оценке эффективности внедрения робототехнических комплексов в условиях трансформации, следует отметить предлагаемый комплексный междисциплинарный подход коллективом авторов для ПАО «Роснефть». Он учитывает характер бизнес-процессов, экономические аспекты внедрения роботов на основе оценки стоимости жизненного цикла [122].

Что касается самой системы показателей, учитывающих неопределенность и динамику, то следует отметить важность расчета коэффициента рентабельности (ROI); экономии денежных средств после внедрения робототехнической системы; сокращения времени, затрачиваемого на выполнение операций и т.п.

Такие системы позволяют участникам принимать обоснованные решения о внедрении робототехнического комплекса с учетом множества факторов. Для робототехнических комплексов, используемых в условиях неопределенности, необходимо применение критериев оценки эффективности планирования и распределения задач с учетом общего киберфизического пространства системы.

Для обычных промышленных роботов применимы показатели, учитывающие экономические, технологические, социальные и экологические эффекты, о чем уже было отмечено выше. Вопросы комплексной оценки эффективности проектов по внедрению промышленных робототехнических комплексов исследовала профессор О. В. Лосева, а результаты очень подробно и четко были отражены в литературе [123].

В нашем исследовании предполагается обратить большее внимание на проблему расширения внедрения не промышленных, а сервисных роботов, поскольку исходя из баланса спроса и предложения, технико-экономических и других особенностей страны наибольшую перспективу имеют сервисные роботы, по сравнению с промышленными.

Данному аспекту мы уделили большое внимание во втором разделе исследования, описывая спрос на мировом и российском рынке робототехники, отмечая увеличение применения роботов в таких областях, как логистика и внутренняя доставка, клининг и профессиональная уборка, ритейл и гостинично-ресторанный бизнес медицина и реабилитация. Что касается последней области, то применение медицинских и реабилитационных роботов увеличивается бурными темпами во многих странах мира.

Кроме того, социальная значимость и, соответственно, социальный эффект просто неоспоримы и актуальны. И следует отметить, что государство уделяет значительное внимание не только внедрению промышленных роботов, но и стимулирует увеличение спроса на медицинскую робототехнику, играющую огромную роль для национальной безопасности страны в аспекте сохранения человеческого потенциала страны.

Кроме увеличения роботов, медицинской направленности, важнейшим является развитие беспилотного транспорта, что имеет не только социально-экономическое значение, но и геополитическое в условиях пространственного развития страны и укрепления ее обороноспособности.

Типы и виды эффектов от внедрения сервисных роботов в четырех наиболее преуспевающих в данной области сфер представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 — Типы и виды эффектов от внедрения сервисных роботов по четырем наиболее передовым сферам в данной области

Тип эффекта	Виды
Социальный эффект	<p><b>В медицинской сфере</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышение качества жизни людей с ограниченными возможностями (увеличение возможностей).</li> <li>2. Улучшение медицинского обслуживания (высокая точность, сокращение времени и минимизация риска осложнений).</li> <li>4. Ускорение реабилитации (более быстрое восстановление).</li> <li>5. Снижение нагрузки на медперсонал (передача рутинных и сложных манипуляций).</li> <li>6. Улучшение безопасности в медицинских учреждениях (чистота и стерильность, уменьшение риска инфекций).</li> <li>7. Повышение независимости и самостоятельности (взаимодействие с окружающим миром).</li> <li>8. Повышение социальной активности и расширение круга общения (компенсация недостатка общения).</li> </ol>
	<p><b>В логистике и доставке</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Надежное и быстрое обеспечение потребностей населения (улучшение качества жизни).</li> <li>2. Повышение качества транспортировки и сроков доставки (повышение степени удовлетворенности).</li> <li>3. Развитие и совершенствование транспортной инфраструктуры (обеспечение экономического роста).</li> <li>4. Социально ориентированная логистика (обеспечение социальных программ и обязательств).</li> <li>5. Уменьшение ошибок и сбоев логистических процессов (четкость процессов, сокращение времени).</li> </ol>
	<p><b>В ритейле и ресторано-гостиничной индустрии</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Улучшение качества обслуживания потребителей (увеличение числа клиентов и их удовлетворенности).</li> <li>2. Увеличение скорости обслуживания и автоматизация рутинных заказов (повышение скорости реакции на запросы клиентов).</li> <li>3. Имиджевый эффект от общения клиентов с роботом (дополнительная реклама)</li> </ol>
	<p><b>В клининге и профессиональной уборке</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Создание комфортных и безопасных условий для людей (четкие и точные круглосуточные манипуляции).</li> <li>2. Минимизация рисков загрязнения и инфицирования (автоматизация санитарного контроля и дезинфекции, профилактика заболеваний).</li> <li>3. Имиджевый эффект от общения с роботом (дополнительная реклама).</li> <li>4. Улучшение психологического состояния людей (снижение стрессов и повышение производительности).</li> </ol>
Экономический эффект	<p><b>В медицинской сфере</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сокращение затрат, уменьшение накладных и расходных материалов (снижение издержек, повышение материалоотдачи).</li> <li>2. Повышение производительности (увеличение скорости, сокращение погрешности).</li> <li>3. Экономия финансовых ресурсов от роботизации (развитие других медицинских направлений).</li> <li>4. Сокращение кадрового дефицита и освобождение от монотонности труда (решение творческих ответственных задач).</li> <li>5. Снижение уровня инвалидизации и сроков нетрудоспособности (дистанционная реабилитация, экономия средств медучреждений и социальных фондов).</li> </ol>

Продолжение таблицы 3.1

Тип эффекта	Виды
	<p><b>В логистике и доставке</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышение производительности (высокая скорость, работа без простоев, ускоренная обработка заказов и оборачиваемость товаров).</li> <li>2. Освобождение персонала от монотонного труда (решение задач с большей добавленной стоимостью).</li> <li>3. Повышение точности и надежности (уменьшения операционных рисков).</li> <li>4. Оптимизация складского хозяйства и логистических потоков (пространственное планирование).</li> <li>5. Оптимизация бизнес-процессов (автоматизация задач поставок и обслуживания).</li> <li>6. Сокращение затрат на логистику (повышение производительности комплектования и сокращение расходов).</li> </ol> <p><b>В ритейле и ресторанно-гостиничной индустрии</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Снижение зависимости от ручного труда (автоматизация рутинных операций по уборке, фасовке и т.п., высвобождение персонала).</li> <li>2. Ускорение обработки заказов (автоматизация торгового и клиентского обслуживания, интеграция систем).</li> <li>3. Экономия фонда оплаты труда, рост производительности труда (сокращение излишнего персонала).</li> <li>4. Рост клиентской лояльности, повышение имиджа и конкурентоспособности (повышение индекса лояльности, роботы-гиды, улучшающие туристический сервис).</li> <li>5. Оптимизация операционных процессов (ускорение обработки запросов, снижение ошибок в роботизированных системах бронирования).</li> </ol> <p><b>В клининге и профессиональной уборке</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оптимизация штата сотрудников (круглосуточный график работы, экономия фонда оплаты труда).</li> <li>2. Сокращение расходов на клининг (экономия расходных и моющих средств).</li> <li>3. Доступность клининга в труднодоступных и опасных местах (многофункциональность).</li> <li>4. Оптимизация всех бизнес-процессов (создание условий для развития, масштабируемость).</li> <li>5. Автоматизация всех производственных процессов (повышение производительности).</li> </ol>
Технологический Эффект	<p><b>В медицинской сфере</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышение точности и эффективности медицинских манипуляций (нанотехнологии).</li> <li>2. Снижение риска ошибки и улучшение безопасности медицинских манипуляций (уменьшение нагрузки на персонал, снижение рутинных действий).</li> <li>3. Ускорение реабилитации пациентов (индивидуальный подход и персонализация действий).</li> <li>4. Более качественные манипуляции в условиях чрезвычайных ситуаций и эпидемий (снижение рисков).</li> </ol> <p><b>В логистике и доставке</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уменьшение времени операций (оптимизация путей доставки и технологий погрузочно-разгрузочных работ).</li> <li>2. Автоматизация технико-эксплуатационных действий (экономия топлива и других ресурсов).</li> <li>3. Улучшение качества технологических операций и минимизация ошибок (повышение качества обслуживания клиентов).</li> <li>4. Улучшение безопасности труда (безопасные технологии, минимизация вероятности возникновения несчастных случаев и травм).</li> <li>5. Цифровая прозрачность (выявление узких мест и оптимизация логистики).</li> </ol> <p><b>В ритейле и ресторанно-гостиничной индустрии</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оптимизация товарных потоков и складского пространства (гибкость товарно-материальных потоков).</li> <li>2. Повышение точности и четкости торговых операций (сокращение ручной корректировки).</li> <li>3. Автоматизация операционных процессов (системы бронирования, заселения и сопровождения).</li> <li>4. Гибкость и индивидуализация (роботизация обслуживания клиента, точность выполнения заказов).</li> <li>5. Интерактивность обслуживания (интерактивные экскурсии, динамические презентации).</li> </ol>

Продолжение таблицы 3.1

Тип эффекта	Виды
	<p><b>В клининге и профессиональной уборке</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Повышение качества уборки и уменьшение материалоемкости (оптимизирование расхода воды и моющих средств)</li> <li>2.Временная и пространственная оптимизация (круглосуточные операции и труднодоступные пространства).</li> <li>3.Сокращение тяжелого ручного труда (автоматизация процессов).</li> <li>4. Безопасные технологии (уменьшение уровня травматичности).</li> </ol>
Экологический эффект	<p><b>В медицинской сфере</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Снижение вредного воздействия на окружающую среду (уменьшенное количество воды и химикатов).</li> <li>2. Уменьшение риска заражения и человеческих ошибок (исключение загрязнения лекарственных средств).</li> <li>3. Улучшение условий труда медицинского персонала (исключение заражения персонала, снижение физической напряженности).</li> <li>4. Обеспечение безопасной внутрибольничной среды (борьба с внутрибольничными инфекциями,ограничение контакта с патогенами, дезинфекция).</li> </ol>
	<p><b>В логистике и доставке</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Снижение потребления электроэнергии (снижение энергоемкости, автоматизация и сокращение перемещений).</li> <li>2. Сокращение расходов топлива (алгоритмизация загрузки и маршрутов с помощью ИИ, экономия топлива при оптимизации маршрутов).</li> <li>3. Уменьшение потерь энергии (предикативная аналитика, учет сезонных колебаний и внешних факторов).</li> <li>4. Повышение энергоэффективности (сокращение выбросов углекислого газа, замена роботами-курьерами транспортных средств и уменьшение выбросов в окружающую среду).</li> <li>5.Применение альтернативных видов топлива (роверы от батареи или дроны на водороде).</li> </ol>
	<p><b>В ритейле и ресторанно-гостиничной индустрии</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Снижение негативного воздействия на окружающую среду в гостиничной индустрии (автоматизация уборки, экономия ресурсов, уменьшение количества химических средств).</li> <li>2. Переход на альтернативные виды энергии (возобновляемые виды энергии – солнечная,снижение выбросов углекислого газа, замена бензиновых устройств на электрических роботов доставщиков).</li> </ol>
Научно-технический эффект	<p><b>В клининге и профессиональной уборке</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Положительный экологический эффект для персонала с уменьшением вредных испарений (уменьшение потребления воды и химических средств).</li> <li>2. Минимизация вредного воздействия на окружающую среду (биоразлагаемые чистящие средства).</li> </ol>
	<p><b>В логистике и доставке</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оптимизация маршрутов (ИИ определяет наиболее эффективные маршруты, что минимизирует затраты).</li> <li>2. Прогнозирование спроса (алгоритмы машинного обучения предсказывают модели спроса, сокращая запасы и повышая эффективность поставок).</li> <li>3. Повышение безопасности труда (ИИ минимизируют вероятность аварий).</li> </ol>

Продолжение таблицы 3.1

Тип эффекта	Виды
	<p><b>В ритейле и ресторанно-гостиничной индустрии</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ускорение бизнес-процессов (автоматизация управления заказами, большие данные).</li> <li>2. Прогнозирование спроса (системы аналитики и машинное обучение лучше понимают потребительские предпочтения и повышают качество обслуживания).</li> </ol>
	<p><b>В клининге и профессиональной уборке</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оптимизация бизнес-процессов (интеграция ИИ в клининговый процесс).</li> <li>2. Адаптация к различным средам очистки (машинное обучение и ИИ на основе мониторинга и анализа оптимизируют модели очистки).</li> </ol>

(авторская разработка)

На первом месте в таблице мы поставили социальный эффект от внедрения сервисных роботов, поскольку, по нашему мнению, он является наиболее значимым для потребителей, а также для формирования спроса на данный тип роботов. Процесс роботизации, в широком смысле, имеет целью не просто повысить прибыльность и экономическую эффективность для производителей и предприятий-потребителей, а именно повысить благосостояние населения страны, обеспечить процветание всех граждан России.

На втором месте стоит экономический эффект, поскольку именно он способствует формированию предложения на рынке робототехники. При этом, кроме показателя эффекта или результата, несомненно, важнейшим понятием является эффективность, ее расчет и значение. В связи с этим следует обратиться к проблеме оценки эффективности внедрения робототехнических комплексов.

Принимая во внимание все уже опубликованные, как отмечалось выше, результаты по оценке эффективности внедрения промышленных робототехнических комплексов, мы остановимся, в соответствии с названием данного параграфа, на дополнительном аспекте - учета динамики и рисков.

Для более точного «расчета экономической эффективности вложений» [124, С. 57] в интеграцию робототехнических комплексов необходимо

учитывать не просто номинальную доходность, а реальную, с учетом инфляционных тенденций, возможных рисков и альтернативных вложений.

Ниже представлен алгоритм расчета чистого дисконтированного дохода (ЧДД) или чистой приведенной стоимости (NPV) с учетом неопределенности, инфляционных тенденций и рисков (рисунок 3.1).

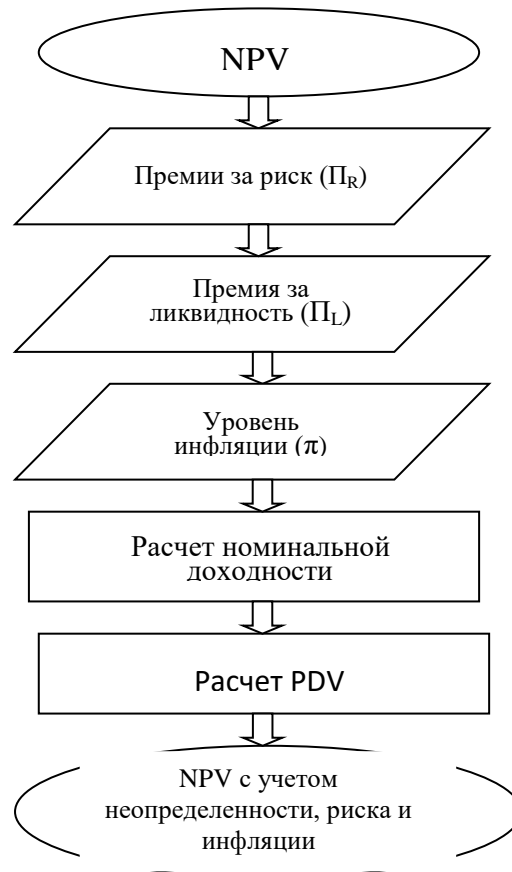


Рисунок 3.1 – Алгоритм расчета чистой дисконтированной стоимости и максимально приемлемой стоимости денежных средств для инвестиций в интеграцию робототехнического комплекса с учетом риска неопределенности и инфляции (авторская разработка)

В соответствии с представленным алгоритмом примем известную формулу для расчета чистой дисконтированной стоимости:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} - I, \quad (3.1)$$

где,  $R_t$  – объем денежных поступлений в период  $t$ ,  
 $i$  – ставка дисконтирования (номинальная доходность),

$I$  – объем необходимых инвестиций для интеграции робототехнического комплекса.

Первым вводным параметром является необходимая премия за риск ( $P_R$ ) от вложения в интеграцию робототехнического комплекса, рассчитываемая по формуле:

$$P_R = (\bar{d} - d_0) \cdot \alpha, \quad (3.2)$$

где:  $\bar{d}$  - номинальная доходность со средним уровнем риска;  
 $d_0$  - безрисковая норма доходности;

$\alpha$  - уровень финансового риска.  $\alpha = \frac{\bar{A}}{50}$  где:  $\bar{A}$  - усредненная экспертная оценка финансового риска.

Второй вводный параметр- премия за возможность альтернативного вложения в условиях неопределенности ( $P_L$ ), рассчитываемый по формуле:

$$P_L = \frac{T-7}{360} \cdot \mathcal{E}, \quad (3.3)$$

где:  $T$  - период (в днях) перевода объекта инвестирования в денежную форму в днях;  $\mathcal{E}$  - экспертная оценка эталона премии за возможность альтернативного вложения

Третий параметр- уровень инфляции, рассчитываемы по формуле:

$$i = (1+r)(1+\pi) - 1 \quad (3.4)$$

С учетом всех вводимых показателей требуемую номинальную доходность будем рассчитывать по формуле:

$$i = (1+r)(1+\pi)(1+P_R)(1+P_L) - 1 \quad (3.5)$$

Для удобства расчета мы предлагаем дополнить классическую формулу расчета настоящей стоимости денежных средств ( $PDV$ ), показателями, характеризующими премии за риск и ликвидность в условиях неопределенности. В дополненном виде формула примет вид:

$$PDV = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+r)(1+\pi)(1+P_R)(1+P_L)^t} \quad (3.6)$$

Аналогично, дополненная формула чистой дисконтированной стоимости примет следующий вид:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+r)(1+\pi)(1+\Pi_R)(1+\Pi_L)^t} - I, \text{ где (3.7)}$$

Если значение NPV будет положительным, то решение о вложении инвестиций в интеграцию робототехнического комплекса может быть принято.

В условиях ограниченности собственных инвестиционных ресурсов компании вынуждены осуществлять финансирование интеграции роботизированного комплекса в производственные процессы за счет кредитных средств.

В этом случае необходимо просчитать так же и внутреннюю норму доходности (ВНД) или внутреннюю норму прибыли инвестиций (IRR), при которой NPV будет равно нулю.

IRR показывает ожидаемую доходность инвестирования в объект и, следовательно, максимально допустимый относительный уровень расходов. Например, если проект полностью финансируется за счет ссуды коммерческого банка, то значение IRR показывает верхнюю границу допустимого уровня банковской процентной ставки, превышение которого делает интеграцию роботов убыточным.

Данный показатель приобретает особое значение в условиях жесткой денежно-кредитной политики, когда высокая ключевая ставка оказывает сильное влияние на повышение банковских ставок.

Важный показатель - дисконтированный срок окупаемости (DPP), дополненный нами новыми показателями премии за риск и ликвидность в условиях неопределенности, можно будет рассчитать по формуле:

$$DPP = \min n, \text{ при котором } \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+r)(1+\pi)(1+\Pi_R)(1+\Pi_L)^t} \geq I \quad (3.8)$$

Еще одним важным вопросом является выбор наиболее приемлемой для предприятия формы финансирования закупки робототехнических комплексов.

Нами были проведены расчеты для малого предприятия по оценке различных способов финансирования закупки робототехнической системы: за счет собственных финансовых ресурсов, за счет кредитных ресурсов, путем использования лизинга.

Для автоматизированного склада можно закупать робототехнические системы, которые автоматизируют операции по перемещению, комплектации, сортировке и укладке товаров (рисунок 3.2). Такие системы работают по заданным сценариям или управляются через интеграцию с системой управления складом. К ним можно отнести: мобильные платформы, автономно передвигающиеся по складу; роботы-комплектовщики, отвечающие за сборку заказов и перемещающиеся по складу, паллетайзеры, формирующие паллеты из коробок, роботы-инвентаризаторы, автономно передвигающиеся между стеллажами и сканирующие штрихкоды и т.п.

**Автономный мобильный робот ДиКом DMR 1200** 🕒 в наличии 📦 🌟

Артикул DMR 1200



★★★★★ 4 оценки **ДиКом**

**Описание**

Российский тяжелый автономный мобильный робот (AMR) ДиКом DMR 1200 – это современное решение в сфере автоматизированных мобильных роботов. Он предназначен для эффективного и безопасного перемещения тяжелых грузов весом до 1200 кг на складах и производствах. Робот справляется с транспортировкой поддонов, стеллажей, изделий и тележек.

- Автономность: 8 часов
- Максимальная скорость: ≤ 1,5 м / с
- Габариты: подъемно-поворотная платформа 850x600 мм
- Высота подъема: 60 мм
- Автоматизация: может входить в систему общей автоматизации производства WANLO

[Читать далее →](#)

**Цена от** **4 000 000 ₽**

Цена указана с учетом НДС 20%

Рисунок 3.2 – Автономный мобильный робот ДиКом DMR1200.

Источник: <https://www.kiit.ru/product/avtonomnyy-mobilnyy-robot-dikom-dmr-1200/?ysclid=mhcalfx8b2350601108>

Мы рассмотрели для малого предприятия возможность приобретения для автоматизации склада российский тяжелый автономный мобильный робот (AMR) ДиКом DMR 1200, предназначенный для безопасного перемещения тяжелых грузов весом от 1200 кг, стоимостью 4 млн рублей.

Первый вариант – это приобретение за счет собственных денежных средств определяем по формуле:

$$СДП = C_n - \frac{C_l}{(1+i)^t} \quad (3.9)$$

где: СДП – суммарный поток платежей, приведенный к настоящему времени;  $C_n$  – первоначальная стоимость работа;  $C_l$  – ликвидационная стоимость работа;  $t$  – срок использования;  $i$  – ставка дисконтирования, соответствующая среднерыночной ставке процента по финансовым кредитам, привлекаемым на срок  $t$ .

Ликвидационная стоимость работа равна нулю, потому что последующая его продажа заранее не предусматривается.

$$СДП = C_n = 4 \times 10^6 = 4000000$$

Второй вариант – приобретение работа за счет долгосрочного финансового кредита (ФК).

В данном случае приведенная к настоящему моменту времени суммарный поток платежей ( $КДП$ ) при кредитовании будет определяться по формуле:

$$КДП = \sum_{n=1}^t \frac{\Pi^n (1 - H_p)}{(1+i)^n} + \sum_{n=1}^t \frac{D^n}{(1+i)^n} - \frac{C_l}{(1+i)^t} \quad (3.10)$$

где:  $D^n$  - часть основного долга, которая погашается в  $n$ -ом интервале кредитного периода, где  $\sum_{n=1}^t D^n = \Phi K$ ;

$H_p$  - ставка налога на прибыль в долях единиц, а  $(1 - H_p)$  – налоговый корректор;  $t$  – продолжительность кредитного периода, состоящего из  $n$  интервалов;  $\Pi^n$  - сумма процентов по кредиту в денежном выражении, которая уплачивается кредитору в  $n$ -ом интервале кредитного периода;  $n$  – номер текущего интервала кредитного периода;  $i$  – среднерыночная ставка процента по долгосрочным финансовым кредитам, предоставляемым на срок  $t$ .

В нашем случае ликвидационная стоимость равна нулю, т.к. не предполагается продажа работа, а налогового корректора равна 1, поскольку нет налога на прибыль.

Робот приобретается за счет финансового кредита на три года под 19% годовых, при среднерыночной ставке 20%.

Случай 1. Вся сумма основного долга выплачивается в конце кредитного периода, а проценты выплачиваются ежегодно со всей суммы.

Учитывая, что:

$$\sum_{n=1}^t \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{(1+i)^t - 1}{i(1+i)^t} \quad (3.11)$$

Формула (3.11) примет следующий вид:

$$KДП = \frac{[П(1+i)^t - 1] + i \cdot \Phi K}{i(1+i)^t} \quad (3.12)$$

Подставляя наши значения, получим:

$$KДП = \frac{0,19 \cdot 4 \cdot 10^6 [(1+0,2)^3 - 1] + 0,2 \cdot 4 \cdot 10^6}{0,2(1+0,2)^3} = 3915741 \text{ руб.}$$

Таким образом, при покупке робота в кредит, приведенный к настоящему моменту времени суммарный поток платежей (*КДП*) составит 3915741 руб.

Второй случай. Робот приобретается за счет финансового кредита на 36 месяцев с ежемесячно равномерно уменьшающимся телом.

Среднерыночная ежемесячная ставка процента по финансовому кредиту составляет 20%, если мы разделим ее на 12 месяцев, то получим значение - 0,017.

Среднерыночная ежемесячная ставка процента по нашему финансовому кредиту составляет 19%, если мы разделим ее на 12 месяцев, то получим значение - 0,016.

Формула для расчета приведенной к настоящему времени суммарного потока платежей по финансовому кредиту будет иметь следующий вид:

$$KДП = \frac{\Phi K}{i^2 \cdot t(1+i)^t} \cdot СП^m [[i(t+1)[(1+i)^t - 1] - (1+i)^{t+1} + i(t+1) + 1] + i[(1+i)^t - 1] \quad (3.13)$$

Подставляя наши значения, получим:

$$КДП = \frac{4 \cdot 10^6}{0,017^2 \cdot 36(1+0,017)^{36}} \bullet$$

$$\bullet 0,016[[0,017(36+1)[(1+0,017)^{36} - 1] - (1+0,017)^{36+1} + 0,017(36+1) + 1] + 0,017[(1+0,017)^{36} - 1]$$

$$КДП = \frac{4 \cdot 10^6}{0,019} \bullet 0,016[[0,629 \cdot 0,8346 - 1,8658 + 0,629 + 1]] + 0,017 \cdot 0,8346$$

$$КДП = 210,526 \cdot 10^6 \cdot 0,0188 = 3948000 \text{ руб.}$$

Таким образом, при покупке робота в кредит, приведенный к настоящему моменту времени суммарный поток платежей (*КДП*) составит 3948000 руб.

Третий вариант – робот приобретается посредством лизинга. Авансовый платеж по лизингу 20% от стоимости робота. Срок действия договора 3 года. Регулярные лизинговые взносы (*ЛВ*) осуществляются ежемесячно. Общая сумма ЛВ составляет 6 млн руб.

Приведенный к настоящему моменту времени суммарный поток платежей при лизинге (*ЛДП*) будет определяться по формуле:

$$ЛДП = A + \frac{ЛВ[(1 + \frac{i}{12})^{T \cdot m} - 1]}{T \cdot m \cdot \frac{i}{12} (1 + \frac{i}{12})^{T \cdot m}} \quad (3.14)$$

Подставляя наши значения, получим:

$$ЛДП = 800 \cdot 10^3 + \frac{6 \cdot 10^6 [(1 + \frac{0,2}{12})^{3 \cdot 12} - 1]}{3 \cdot 12 \cdot \frac{0,2}{12} (1 + \frac{0,2}{12})^{3 \cdot 12}}$$

$$ЛДП = 8 \cdot 10^5 + \frac{6 \cdot 10^6 [1,0167^{36} - 1]}{36 \cdot 0,0167 \cdot 1,0167^{36}} = 8 \cdot 10^5 + \frac{6 \cdot 10^6 \cdot 0,8153}{0,6012 \cdot 1,8153}$$

$$ЛДП = 8 \cdot 10^5 + \frac{4891800}{1,0914} = 800000 + 4482133 = 5282133 \text{ руб}$$

Таким образом, при покупке робота в кредит, приведенный к настоящему моменту времени суммарный поток платежей при лизинге

(ЛДП) составит не 5282133 руб., что значительно выше оплаты за счет собственных средств. Это произошло из-за отсутствия налогового корректора. Если бы предприятие платила налог на прибыль, то сумма была бы значительно ниже.

$$\text{ЛДП} = 8 \cdot 10^5 + \frac{6 \cdot 10^6 (1 - 0,25)[1,0167^{36} - 1]}{36 \cdot 0,0167 \cdot 1,0167^{36}} = 8 \cdot 10^5 + \frac{6 \cdot 10^6 \cdot 0,75 \cdot 0,8153}{0,6012 \cdot 1,8153}$$

$$\text{ЛДП} = 8 \cdot 10^5 + \frac{3668850}{1,0914} = 800000 + 3361600 = 4161600 \text{ руб}$$

В любом случае для исследуемого малого предприятия приобретение по лизингу данного робота невыгодна.

Если процентная ставка не будет выше 19%, то предприятию выгоднее приобрести робота за счет финансового кредита, при увеличении ставки необходимо изыскивать собственные денежные средств.

«Метод формализованного описания неопределенности предполагает описание возможных условий реализации проекта по интеграции робототехнической системы в форме сценариев или в виде ограничений на значения основных технических, экономических и других параметров и расчет в соответствии с ними затрат, результатов и показателей эффективности; преобразование исходной информации о факторах неопределенности в информацию о вероятностях отдельных условий реализации и соответствующих показателях эффективности или об интервалах их изменения» [125, С. 30].

Возможен расчет ожидаемого интегрального эффекта ( $\mathcal{E}_И$ ) рекомендуется производить по формуле:

$$\mathcal{E}_И = \delta M_{\mathcal{E}_И}^{\min} + (1 - \delta) \cdot M_{\mathcal{E}_И}^{\max} \quad (3.15)$$

где:  $M_{\mathcal{E}_И}^{\min}$ ,  $M_{\mathcal{E}_И}^{\max}$  - наибольшее и наименьшее из математических ожиданий интегрального эффекта по допустимым вероятностным распределениям;  $\delta$  - норматив для учета неопределенности эффекта, устанавливаемый в зависимости от типа интеграции и стадии ее реализации ( $0 < \delta < 0,5$ ).

«При определении ожидаемого интегрального экономического эффекта его оптимальное значение рекомендуется принимать на уровне 0,3» [62].

Таким образом, «построение системы показателей оценки эффективности инвестирования в интеграцию робототехнических комплексов с учетом неопределенности, динамики и рисков позволит более четко и точно определить уровень эффективности и обоснованно принять наилучшее решение» [126, С.6].

После характеристики показателей и построения алгоритма оценки эффективности интеграции робототехнических комплексов, следует остановиться на выборе и обосновании методов оценки синергетического эффекта от интеграции робототехнических систем.

### **3.2. Выбор и обоснование методов оценки синергетического эффекта от интеграции робототехнических систем в модели рыночного равновесия**

Увеличение социально-экономической эффективности робототехнического комплекса в результате интеграции промышленных роботов, различного технологического и вспомогательного оборудования в единую систему реализуется в синергетический эффект. При этом «эффект от взаимодействия участников объединения внутри системы превышает сумму эффектов деятельности» [127, С. 1976] каждого промышленного робота и элементов роботизированной системы в отдельности.

Выделим две большие группы методов оценки синергетического эффекта: методы, основанные на экономических расчетах и методы, основанные на нечеткой математике.

Актуальными для нашей задачи являются методы, основанные на нечеткой математике, позволяющие определить прирост стоимости после интеграции робототехнических комплексов за счет синергии. Среди методов, основанных на нечеткой математике можно выделить следующие.

Во-первых, методы экспертных оценок, к которым относятся метод парных сравнений, метод ассоциаций, метод средней точки, метод фокальных (случайных) объектов и т.п. Методы принятия решений при помощи группы экспертов, делятся на две группы: характеризуемых весовыми коэффициентами и отношением нестрогого предпочтения.

Метод принятия решений при помощи группы экспертов, характеризуемых весовыми коэффициентами, чаще используется в случае недостаточности информации или невозможности математической формализации процесса решения. Данный метод был применен в нашем исследовании во втором разделе работы.

Метод принятия решений при помощи группы экспертов, характеризуемых отношением нестрогого предпочтения, может включать в себя следующие шаги: получение информации от эксперта, структуризация и формализация информации, в случае наличия противоречивости использование дополнительных алгоритмов, выбор наиболее предпочтительных вариантов.

Во-вторых, это метод анализа иерархий. Он представляет собой математический инструмент системного подхода к сложным проблемам принятия решения. Он позволит структурировать сложную проблему, осуществить и сравнить количественную оценку различных вариантов решений, выбрав лучшую альтернативу с максимальным значением приоритета. Определение приоритетов можно осуществлять с помощью матрицы парных сравнений. Для компьютерной реализации метода иерархии используют программные продукты – системы поддержки принятия решений (СППР).

В-третьих, метод нечеткого логического вывода, включающий в себя формирование базы нечетких правил, связывающих воедино входные и выходные переменные, агрегирование условий в нечетких правилах и др. Метод используют для накопления описательной части базы знаний, работы над сценариями тестирования модулей. Нечеткая логика «призвана

имитировать важную часть человеческого интеллекта: нашу способность принимать решения даже при неясной или неполной информации» [128].

Этот метод используется в сочетании с различными методами искусственного интеллекта, например, нейросети или эволюционные алгоритмы. Нечёткая логика позволяет динамически группировать информацию по категориям, что повышает эффективность расчетов и результата. После принятия положительного решения об интеграции робототехнического комплекса, автономные роботы также используют нечёткую логику для навигации в окружающей среде, принимая в режиме реального времени решения о скорости, направлении и обходе препятствий.

Разновидностью метода нечеткой логики является метод нечеткой индукции, объединяющий положения нечеткой математики и теории фракталов.

Метод нечеткой индукции был описан Д. Кочерговым [129].

Он предполагает объединение положений теории нечетких множеств и понятия фрактальной размерности. Метод нечеткой индукции помогает синтезировать знания на основе полученных нечетких описаний, а фрактальная теория позволяет описывать сложные, нерегулярные структуры. Свойства фракталов, имеющие значение для применения метода нечеткой индукции (самоподобие, фрактальная размерность, масштабная инвариантность) были подробно описаны в первом разделе исследования. Теория фракталов в рамках данного метода помогает получать формализованное описание, оптимизировать описание знаний по критерию непрерывности в условиях ограничения по принципу неполноты К. Гёделя.

Австрийский математик К. Гёдель опубликовал в 1931 году результаты своего исследования о том, что «никакая мощная формальная система не может быть одновременно полной и непротиворечивой» [130]. Учёный доказал, что «в любой непротиворечивой формальной системе ... существуют истинные утверждения, которые не могут быть ни доказаны, ни

опровергнуты внутри этой системы. Иными словами, любая такая система неполна» [131].

В связи с тем, что в нашем исследовании мы анализируем проблемы формирования спроса и предложения, достижения динамического равновесия на рынке робототехнических систем, особое значение отводится теории фракталов в методе нечеткой индукции.

Рынки характеризуются нелинейной динамикой. Теория фракталов помогает синтезировать знания, которые могут быть выражены в разных временных масштабах, что важно для описания нерегулярных процессов, которые встречаются в предметной области системы. «Она выявляет скрытые закономерности, ускользающие от традиционного анализа, и способствует более глубокому пониманию рыночного поведения...Мультифрактальный анализ отражает сложную природу рыночной динамики» [132].

Теория фракталов способствует описанию нерегулярных процессов, обеспечивает работу с формами, которые включают в себя элементы случайности и обладают разномасштабными структурами.

Обобщив все выше представленные показатели, сформулируем основные экономические методы оценки синергетического эффекта от интеграции.

Во-первых, метод на основе рыночной капитализации, когда эффект синергии определяется как увеличение суммарной стоимости компании после процессов интеграции робототехнических систем во все бизнес-процессы.

Данный метод характеризует затратный или имущественный подход и речь идет в основном об «операционной синергии, когда достигается большой эффект от оптимизации всех бизнес-процессов. Она проявляется в сокращении издержек за счет избежания дублирования функций и ресурсов, в увеличении масштаба и объема производства, в оптимизации бизнес-процессов и повышении производительности труда» [133, С. 132].

Во-вторых, метод дисконтированных денежных потоков, позволяющий оценить текущую деятельность компании и ее потенциала в виде приведенных к настоящему времени генерируемых ею денежных потоков. Данный метод характеризует доходный подход, учитывающий проявление эффекта синергии как прирост дисконтируемых денежных потоков для собственников и акционеров.

Данный подход позволяет наиболее точно оценить синергию, но при этом, необходимо точно прогнозировать ожидаемые денежные потоки и учесть все показатели ликвидности, риска и инфляции при определении ставки дисконта, о чем было описано выше.

В-третьих, подход, учитывающий как затраты, так и доходы, основанный на модели британского физика и писателя Р.Мэтьюза, когда отражаются количественно измеримые параметры, а «синергетический эффект будет проявляться через экономию за счет увеличения прибыли за счет роста объема продаж и снижения совокупных затрат компании после интеграции робототехнических систем и роботизации производства» [134].

Модель Р. Мэтьюза используется для расчета синергетического эффекта от объединения бизнеса и интеграции различных компаний.

Однако, по нашему мнению, субаддитивность (снижение затрат) и супераддитивность (увеличение прибыли) может быть рассчитана и в случае интеграции робототехнических комплексов в бизнес-процессы компании, что имеет схожие черты с усилением компании за счет объединения с другой или за счет внедрения робототехнической системы.

Синергетический эффект возникает не только при объединении компаний, то и при внедрении в компанию робототехнических систем, работающий в симбиозе с персоналом. Поэтому мы при проведении диссертационного исследования акцентировали внимание на показателях для расчета эффекта синергии от совместной деятельности роботов и человека на предприятии, то есть синергетический эффект от инновационных

компетенций в роботизированном производстве, что было отражено в наших публикациях.

«Симбиоз человеческого и искусственного интеллекта при условии реализации четких правил и моделей поведения позволит развивать инновационные компетенции в технологическом, организационном, инвестиционном, производственном, научно-исследовательском аспектах и, следовательно, повысить эффективность инновационной деятельности на роботизированных производствах. Синергизм, как совместное взаимодействие двух или нескольких сил, или факторов при параллельном движении к единой цели, способствует получению лучшего мультиплицированного результата» [135, С.9].

Для определения синергетического эффекта от объединения кадровых составляющих «в гибкой кадровой системе, сочетающей в себе человека и искусственный интеллект, на котором основывается робототехническая система, можно использовать формулу» [136]:

$$CЭ_{\text{зкс}} = \frac{ИК_{\text{pc,ии}}}{ИК_{\text{pc}} + ИК_{\text{ии}}}, \quad (3.16)$$

где:  $CЭ_{\text{зкс}}$  - синергетический эффект в гибкой кадровой системе,  $ИК_{\text{pc,ии}}$  - инновационные компетенции объединенного интеллекта в гибкой кадровой системе,  $ИК_{\text{pc}}$  - инновационные компетенции рабочей силы,  $ИК_{\text{ии}}$  - инновационные компетенции искусственного интеллекта.

Инновационная компетентность представляет собой совокупность способностей, умений и качеств, которые обеспечивают успешную генерацию инновационных идей, реализацию и трансфер инноваций.

Детализированная «структура инновационных компетенций специалиста по инновациям и искусственного интеллекта в роботизированной системе» [136] представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 — Структура инновационных компетенций специалиста и искусственного интеллекта в роботизированной системе [136]

	Структура инновационных компетенций искусственного интеллекта	Структура инновационных компетенций специалиста
1	Машинное обучение	Исследовательские умения
2	Обработка речи	Ценностная мотивация
3	Распознавание образов объектов	Целенаправленность
4	Создание робототехники	Креативность
5	Разработка образовательных программ	Цифровая грамотность
6	Адаптивное обучение	Рефлексия
7	Аналитика результатов	Аналитические способности
8	Работа с базами данных и знаний и оценка конечного результата	Концентрация внимания и умение переключаться
9	Способность автоматически генерировать прототипы продукции	Способность прогнозирования и интуиция
10	Алгоритмическое мышление	Критическое мышление

(авторская разработка)

«С учетом детализированной структуры инновационных компетенций специалистов и искусственного интеллекта в робототехническом комплексе система инновационных компетенций, с учетом значимости ее элементов, может быть представлена следующим образом» [136]:

$$ИП_{pc} = \sum_{i,j=1}^{10} a_j \mathcal{E}_i \quad \text{и} \quad ИП_{ин} = \sum_{i,j=1}^{10} b_j \mathcal{E}_i$$

где:  $\mathcal{E}_i$  - элемент структуры инновационных компетенций,  $a_j$  - весовые коэффициенты каждого элемента в структуре инновационных компетенций специалистов, определяемые экспертным методом,  $b_j$  - весовые коэффициенты каждого элемента в структуре инновационных компетенций искусственного интеллекта, определяемые экспертным методом.

Проводя сравнительный анализ структуры инновационных компетенций можно увидеть, «что часть элементов схожи, а некоторые имеют значительные различия. И то, и другое имеет позитивный аспект, поскольку одинаковые компетенции позволят усилить роль каждого из элемента в общем синергетическом эффекте, а те компетенции, которые не дублируются, смогут заполнить незадействованный элемент, в общей системе инновационных компетенций, усиливая эффект синергии» [136].

При этом следует отметить, что можно дополнить структуру инновационных компетенций человека элементами, которые пока еще недоступны искусственному интеллекту. Например, «искусственный интеллект пока не имеет абстрактного мышления, интуиции, эмоционального интеллекта, возможности отличить ложь от правды, учитывать иррациональные факторы поведения человека, правильно разрешить непредвиденную ситуацию и т.п.» [137, С.102]. Это позволяет заключить, что, все же, главная роль в генерации, реализации и трансфере инноваций принадлежит человеку, специалисту данного профиля.

Инновационное предприятие, как и любая сложная динамическая система стремится получить максимальный эффект за счет своей целостности, от совместного функционирования элементов этой системы, от энергии совместного действия всех факторов. «Соответственно, стоит цель повышение инновационного потенциала предприятия за счет синергетического эффекта от комплексной реализации инновационных компетенций всех составляющих кадрового потенциала роботизированного производства. Внедрение искусственного интеллекта и робототехнических комплексов и применение методов интеллектуального управления как вершины треугольника стратегического развития инновационного предприятия позволит реализовать «теорию самоорганизации на практике, как в производственно-технологической, так и в организационно-управленческой подсистеме» [136]. В завершении следует обратить внимание на определении системы мер по повышению эффективности интеграции робототехнических систем «с учетом внешних вызовов и цифровизации» [138]. Она может включать в себя поддержку и финансирование исследований в области робототехники; разработку более доступных и экономически эффективных роботов, нормативных документов и стандартов и т.п. [139, С.159].

## Заключение

Проведенное исследование позволило сформулировать следующие выводы.

1. Основой становления развития рынка высокотехнологичных товаров является концепция экономико-технологического развития нашей страны, которая связана с вопросами инновационного развития экономики, оценкой роли высоких технологий, исследованием взаимодействия науки и производства и другими аспектами.

В рамках данной концепции вызывают интерес следующие модели: модель открытых инноваций; «модель тройной спирали». Кроме того, должны быть задействованы все элементы «Индустрия 4.0» и «Индустрия 5.0» и «Индустрия 6.0» должны быть эффективно задействованы в концепции развития рынка высокотехнологичных товаров.

Рассмотрение концепции экономико-технологического развития как основы для становления и развития рынка высокотехнологичных товаров может быть обосновано следующими положениями: рынок высокотехнологичных товаров в условиях цифровой трансформации является ядром всей экономики; в условиях цикличности эта концепция позволит сгладить тенденцию к сокращению жизненного цикла товара и обеспечить открытость инноваций; позволит посредством метавселенных обеспечить устойчивости всех производственных систем, объединяя экономику знаний с другими секторами новой экономики; благодаря мультипликативным эффектам обеспечит ускоренное развитие смежных отраслей и экономики страны в целом; обеспечит интеграцию науки и производства на всех этапах жизненного цикла.

2. Основные тезисы свойств фрактальной теории реализуются в рамках концепции экономико-технологического развития роботостроения. Для эффективной практической реализации цели формирования роботостроения как целостной системы, встроенной в глобальную экономическую систему

страны необходимо обратиться к теоретическим аспектам, в частности, к фрактальной теории и теории систем.

Три тезиса фрактальной теории, связанные с пространственным развитием и два с временным применимы для нашего экономического исследования.

В соответствии с фрактальной теорией, свойства большой системы присущи и ее составным частям, что позволяет рассматривать индустрию робототехники, с одной стороны, как часть глобальной промышленной системы, с другой, как самостоятельную ее подсистему, обладающую всеми общими свойствами и принципами, но имеющую свои специфические черты.

Каждый уровень материи включает в себя носителей с определённым спектром размеров и масс. В экономике на каждом из уровней существуют разноразмерные акторы и единицы изменения.

Пространство вечно, при этом носители материи постоянно рождаются и затем трансформируются в носители своего и/или других уровней. Роботостроение относительно молодая отрасль, выросшая на базе общего машиностроения и приборостроения, и, в соответствии с теорией жизненного цикла, имеет тенденцию к быстрому росту.

Ход времени и вычислений гораздо быстрее на микроуровне и медленнее на макроуровне. Появление отдельных предприятий, производящих робототехнику произошло в течение короткого временного периода, а формирование индустрии роботостроения требует больших усилий и времени, а создание емкого рынка робототехнических комплексов и обеспечение функционирования роботостроения как экономико-технологической системы предполагает разработку концепции и стратегии развития.

Время во фрактальной теории — самостоятельная от пространства координата, и оно является производным от скорости движения материи. Можно высказать предположение, что для формирования прочного рынка роботостроения так же должны существовать акторы с различными

временными горизонтами, чтобы обеспечить стабильный уровень инвестирования в отрасль.

Говоря о свойствах фракталов, таких как: самоподобие, бесконечная сложность, дробная размерность и масштабная инвариантность, следует отметить, что они также проявляются и в экономической действительности.

Концепция экономико-технологического развития страны включает в себя и стратегии развития на мезоуровне, поэтому разработка стратегии развития роботостроения должна быть вписана в общую концепцию высокотехнологичного развития страны, поскольку, мезо- и микроуровень, по сути, является фрактальной структурой национальной макроэкономики. Отрасль роботостроения сама выступает в качестве системы, включающая в себя большое количество предприятий, организаций и групп компаний. И должна развиваться по тем же характеристикам, что и система национальной экономики в целом.

Свойства фракталов проявляются и в экономической реальности, в том числе и в экономико-технологической системе и индустрии робототехники, в частности.

3. В условиях формирования многополярного экономического пространства и геополитических изменений необходимо анализировать и обращать внимание на те западные стратегии и перспективы в развитии мирового рынка робототехники, которые утилитарны и применимы к российской экономике.

Важнейшим фактором, который стимулирует увеличение предложения на мировом рынке робототехники, является бурный рост инвестиций в высокотехнологичную сферу, в том числе увеличение финансирования в область роботостроения.

Вторым фактором, стимулирующим развитие высокотехнологичных производств и роботостроения, является формирование спроса на данный вид продукции со стороны всех макроэкономических агентов.

Глобальные геополитические и геоэкономические изменения в мире отражаются и на состоянии мирового рынка робототехники, который также подвергается структурным и пространственным обновлениям. Обостряется конкурентная борьба между различными научно-техническими мировыми центрами в сфере разработок и производства различных робототехнических комплексов.

Во всех передовых в сфере производства робототехники странах существуют программы развития и финансирования роботостроения, которые были обобщены по передовым странам в области роботостроения и представлены в исследовании с указанием целей и объемов финансирования. Можно заключить, что роботостроение в мире демонстрирует хорошие темпы роста и привлекает значительные инвестиции. Робототехника играет важную роль в обеспечении конкурентоспособности экономик стран. Однако технологические и геоэкономические реалии меняют структуру мирового рынка робототехники.

4. Можно назвать группы факторов, обуславливающих особенности развития российской индустрии роботостроения, которые и были использованы в PEST-анализе.

Во-первых, геополитические: огромное количество введенных разнообразных санкций; стремление к многополярности и к достижению прочных позиций в мировом геополитическом и экономическом пространстве вынуждает Россию обеспечить комплексное развитие высокотехнологичных производств, в том числе и индустрии робототехники.

Во-вторых, экономические: отсутствие иностранных инвестиций и ограниченность финансирования в целом; обеспеченность сырьевыми ресурсами, в частности, энергетическими; недостаток трудовых ресурсов с требуемыми компетенциями и ограниченный спрос на робототехнику из-за высокой стоимости продукции.

В-третьих, инновационно-технологические факторы: ограниченный доступ к иностранным и недостаток российских технологий; недостаток

комплектующих и полупроводников; недостаток специализированной инновационной инфраструктуры.

В-четвертых, социально-психологические факторы: мощная база кадрового потенциала и уровня компетенций; сильная инженерно-математическая школа и актуализация инженерного образования; относительно небольшая численность населения, и низкий уровень безработицы и дефицит кадров не обостряет проблему внедрения роботов с точки зрения рынка труда; двойственное эмоциональное отношение к роботам со стороны населения.

В-пятых, природно-географические факторы: огромная территория способствует внедрению роботов в логистику; тенденция на усиление пространственного промышленного развития.

В-шестых, институциональные факторы: государственная финансовая поддержка; государственная политика в области образования; осознание приоритета стратегического планирования; задача построения четкой и обоснованной законодательно-правовой базы.

5. Для выявления и обоснования факторной зависимости на рынке робототехники необходимо моделирование спроса. В рамках макроэкономического модели спроса существуют четыре актора: предприятия, население, государство и иностранные потребители. Совокупный спрос в стране на робототехническую продукцию зависит от спроса всех четырех участников рынка, поэтому для достижения требуемых объемов спроса, необходимо стимулировать спрос со стороны всех субъектов.

Значительной частью заказчиков робототехники являются промышленные предприятия. Предприятия включают в себя три больших сегмента: крупный бизнес, средний и малый бизнес. В большей степени они различаются по видам приобретаемых систем, а не по степени роботизации.

Проведен анализ спроса различными типами предприятий по различным видам робототехнических систем. Выявлены различия в

приобретении робототехнических систем, указаны причины и обоснование поведения предприятий на рынке робототехнической продукции на основе анализа статистического и фактологического материала.

Представлена функция спроса на робототехнические комплексы с указанием девяти важнейших факторов. Предложено основать систему принятия решения о проведении роботизации на предприятии на основе учета факторной зависимости и значимости каждого из факторов, определенной экспертным путем.

Результаты проведенного анализа различных экспертных оценок выявили те факторы, которые в большей степени влияют на принятие решения об интеграции робототехнических систем в производство. Уравнения представлены для трех типов предприятий: крупных, средних и малых и сделаны выводы о наиболее значимых факторах для каждого из типа предприятия.

Кроме спроса со стороны различных предприятий, проанализированы потребительский и спрос со стороны государства. Для данных акторов наибольший объем спроса - это медицинские роботы и роботы в сфере логистики и обороны, если мы говорим о государственном спросе. Спрос со стороны иностранных акторов не имеет пока на российском рынке большого значения, в силу относительно небольших объемов производства и пока не столь высоких показателей конкурентоспособности. Что еще раз поднимает вопрос об увеличении предложения российской робототехники и повышения ее качества.

6. Величина издержек зависит от масштабов производства. Возрастающая отдача от использования ресурсов происходит при массовом производстве. Организация любого процесса производства осуществляется в соответствии с типом производства, поэтому был проведен сравнительный анализ различных типов производства. Для сокращения затрат при производстве, например, беспилотных летательных аппаратов необходимо обеспечить массовое производство, которое имеет большие перспективы, как

в оборонной промышленности, в условиях современной сложной геополитической обстановки, так и в гражданской сфере с учетом огромной территории страны.

Различные формы организации производства также были представлены в работе по разнообразным критериям. Роботизированная форма обеспечивает наилучшие показатели использования ресурсов, оптимизацию бизнес-процессов и получения высоких финансовых результатов. Для достижения требуемых показателей следует проводить факторный анализ, способствующий выявлению неэффективного использования ресурсов. Определив степень влияния различных факторов на производственный процесс, предприятие сможет построить прогностическую модель дохода. Чтобы полученные результаты были достоверными, необходимо провести сравнение показателей по различным шкалам и определить корреляцию полученных значений. Так в работе, при анализе факторов, определяющих спрос на робототехническую продукцию, был рассчитан коэффициент конкордации, который отличается тем, что он оценивает согласованность мнений экспертов, тогда как коэффициент корреляции оценивает степень связи между переменными.

Использование компьютерных технологий, а в современный период и искусственного интеллекта позволяет ускорить нахождение оптимального решения. При этом теоретический анализ и математическое изложение также должны осуществляться для систематизации и логической интерпретации решения задачи организации эффективного производственного процесса, что было представлено во втором параграфе второго раздела работы. Для того чтобы узнать, какая структура приобретаемых ресурсов обеспечит предприятию извлечение максимальной прибыли, была максимизирована функция Лагранжа и выведены условия максимизации прибыли. Представлен пошаговый алгоритм анализа маржинальных (предельных) показателей для оптимизации процесса производства робототехнической продукции и максимизации финансовых результатов. При этом нельзя забывать о расчетах

средних затрат по всем их видов, контролируя динамику фондоемкости, материалоемкости и производительности труда.

На конечную стоимость робототехнических систем оказывает влияние технология производства, поэтому были проанализированы наиболее перспективные направления производства робототехнической продукции.

7. На основе проведенного анализа спроса на рынке робототехнической продукции были систематизированы факторы совокупного спроса на робототехнические комплексы, что позволит сформулировать инструментарий для достижения равновесия на рынке робототехники.

Кроме факторов, определяющих спрос на робототехнику со стороны всех экономических субъектов, были систематизированы факторы, влияющие на производство и интеграцию робототехнических систем.

Факторы, определяющие и влияющие на все производственные и бизнес-процессы, были проанализированы в ресурсном аспекте, по четырем группа ресурсов. Таким образом, на предложение на рынке робототехнической продукции оказывает влияние большое число факторов, а ресурсный разрез показывает чрезвычайно сложный процесс ее производства.

Опираясь на обоснование в первом разделе концепции экономико-технологического развития как основы для становления и развития рынка высокотехнологичных товаров, коими и являются робототехнические системы, а также обобщая все систематизированные факторы, влияющие на спрос и предложение робототехнической продукции, был сформирован инструментарий для достижения динамического равновесия на анализируемом рынке.

На основе систематизированных факторов был проведен подробный PEST-анализ рынка робототехники для оценки всех внешних факторов и представлены реактивные/проактивные действия и драйверы развития в рамках принятой стратегии.

Кроме PEST-анализа для выявления потенциальных драйверов развития в концепции динамического равновесия на рынке робототехнических систем был осуществлен и SWOT-анализ российского рынка робототехники.

8. Внимание было акцентировано на внедрение сервисных роботов, поскольку исходя из баланса спроса и предложения, технико-экономических и других особенностей страны наибольшую перспективу имеют сервисные роботы, по сравнению с промышленными.

Типы и виды эффектов от внедрения сервисных роботов по четырем наиболее преуспевающим в данной области сферах, описанных в первом параграфе третьего раздела.

На первом месте был поставлен социальный эффект от внедрения сервисных роботов, поскольку, по нашему мнению, он является наиболее значимым для потребителей, а также для формирования спроса на данный тип роботов. Процесс роботизации, в широком смысле, имеет целью не просто повысить прибыльность и экономическую эффективность для производителей и предприятий-потребителей, а именно повысить благосостояние населения страны, обеспечить процветание всех граждан России.

На втором месте представлен экономический эффект, поскольку именно он способствует формированию предложения на рынке робототехники. При этом, кроме показателя эффекта или результата, несомненно, важнейшим понятием является эффективность, ее расчет и значение.

Был разработан алгоритм оценки экономической эффективности интеграции робототехнических комплексов с учетом неопределенности инфляции и риска. В существующие формулы для расчета чистого дисконтированного дохода (ЧДД) или чистой приведенной стоимости (NPV) и дисконтированного срока окупаемости (DPP) были включены дополнительные параметры, характеризующие, неопределенность, риск и

инфляцию для удобства расчетов. Представлены расчеты по различным вариантам финансирования приобретения робота для малого предприятия с сформулированными рекомендациями.

9. Выделены две большие группы методов оценки синергетического эффекта: методы, основанные на экономических расчетах и методы, основанные на нечеткой математике.

Среди методов, основанных на нечеткой математике, представлены методы экспертных оценок, характеризующихся весовыми коэффициентами и отношением нестрогости предпочтения, что было реализовано в работе.

Метод принятия решений при помощи группы экспертов, характеризующихся весовыми коэффициентами, чаще используется в случае недостаточности информации или невозможности математической формализации процесса решения. Данный метод был применен в нашем исследовании во втором разделе работы.

Уделено внимание методу анализа иерархий, позволяющему структурировать сложную проблему, осуществить и сравнить количественную оценку различных вариантов решений, выбрав лучшую альтернативу с максимальным значением приоритета.

Обосновано применение метода нечеткого логического вывода, включающего в себя формирование базы нечетких правил, связывающих воедино входные и выходные переменные, агрегирование условий в нечетких правилах и др., а также его разновидности - это метод нечеткой индукции, объединяющий положения нечеткой математики и теории фракталов.

Метод нечеткой индукции помогает синтезировать знания на основе полученных нечетких описаний, а фрактальная теория позволяет описывать сложные, нерегулярные структуры. Свойства фракталов, имеющие значение для применения метода нечеткой индукции (самоподобие, фрактальная размерность, масштабная инвариантность) были подробно описаны в

первом разделе исследования. Теория фракталов в рамках данного метода помогает получать формализованное описание, оптимизировать описание знаний по критерию непрерывности в условиях ограничения по принципу неполноты К. Гёделя.

В связи с тем, что в нашем исследовании мы анализируем проблемы формирования спроса и предложения, достижения динамического равновесия на рынке робототехнических систем, особое значение отводится теории фракталов в методе нечеткой индукции. Рынки характеризуются нелинейной динамикой. Теория фракталов помогает синтезировать знания, которые могут быть выражены в разных временных масштабах, что важно для описания нерегулярных процессов, которые встречаются в предметной области системы.

Обобщив все выше представленные показатели, были сформулированы основные экономические методы оценки синергетического эффекта от интеграции. Синергетический эффект возникает не только при объединении компаний, то и при внедрении в компанию робототехнических систем, работающих в симбиозе с персоналом. Поэтому при проведении диссертационного исследования было акцентировано внимание на показателях для расчета эффекта синергии от совместной деятельности роботов и человека на предприятии, то есть синергетический эффект от инновационных компетенций в роботизированном производстве.

Были представлены формулы для определения синергетического эффекта от объединения кадровых составляющих в гибкой кадровой системе, сочетающей в себе человека и искусственный интеллект, на котором основывается робототехническая система.

Полученные результаты по: моделированию и выявлению значимых факторов спроса; оптимизации использования ресурсов при производстве робототехнической продукции; разработке инструментария для формирования эффективно функционирующего рынка робототехники; систематизации различных видов эффекта от внедрения сервисной

робототехники в ряде отраслей предполагается использовать для дальнейших научных исследований по пространственному развитию российской экономики, благодаря внедрению робототехнических систем во все сферы экономической жизни во всех регионах нашей страны.

### Список литературы

1. Бабкин, А. В., Фортунова, У. В. Устойчивое развитие высокотехнологичных предприятий как драйвер повышения инновационного потенциала промышленности / в книге: Развитие интеллектуальной экономики и промышленности на основе искусственного интеллекта. Монография. Санкт-Петербург, 2025.– С. 522-538.
2. РАСПОРЯЖЕНИЕ от 20 мая 2023 г. № 1315-р. URL:<http://government.ru/docs/48570/> (дата обращения 29.04.2025).
3. Удальцова, Н. Л. Потенциал модели открытых инноваций и его использование // Экономика и управление народным хозяйством. – С. 87-93. URL: [https://ecsn.ru/wp-content/uploads/202006\\_87.pdf](https://ecsn.ru/wp-content/uploads/202006_87.pdf) (дата обращения 08.04.2025).
4. Смородинская, Н. Тройная спираль как новая матрица экономических систем. URL:[https://www.researchgate.net/publication/244989051\\_Trojnaa\\_spiral\\_kak\\_novaa\\_matrica\\_ekonomiceskih\\_sistem\\_Triple\\_Helix\\_as\\_a\\_New\\_Matrix\\_of\\_Economic\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/244989051_Trojnaa_spiral_kak_novaa_matrica_ekonomiceskih_sistem_Triple_Helix_as_a_New_Matrix_of_Economic_Systems) (дата обращения 21.04.2025).
5. Что такое индустрия 4.0 и что нужно о ней знать. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5e740c5b9a79470c22dd13e7> (дата обращения 06.04.2025).
6. Что такое Индустрия 5.0 и когда наступит ее эпоха URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/665833cf9a79470e99b00d87> (дата обращения 06.04.2025).
7. Бабкин, А. В., Сагателян, Н. Х., Корягин, С. И., Либерман, И. В., Клачек, П. М., Либерман, М. К. Индустрия 6.0: Создание прикладных инструментариев прорывного развития промышленных комплексов РФ // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2025. – №2(72). – С.45-57.
8. Бизина, О. А. Теоретические основы кластерной экономики и ее роль в трансфере инноваций / в книге: Кластерная экономика и промышленная

политика: теория и инструментарий. Санкт-Петербург, 2015.– С. 31-113.

9. Харламов, А. В., Плотников, В. А. Военная экономика в системе обеспечения национальной безопасности. Санкт-Петерб. гос. ун-т экономики и финансов. — Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУЭФ, 2004. — 176с.

10. Бизина, О. А., Романова, И. В., Игишев, А. В. Технологический суверенитет и экономическая безопасность государства: стратегическая роль научного потенциала Российской Федерации / О.А. Бизина, И.В. Романова, А.В. Игишев // Экономика и управление: проблемы, решения. –2024. –Т. 1. –№ 12 (153). – С. 78-87.

11. Бенуа Мандельброт: первооткрыватель фракталов, которые изменили восприятие мира. URL: <https://habr.com/ru/companies/itglobalcom/articles/766644/> (дата обращения 24.03.2025).

12. Бенуа Манельброт. (Не)послушные рынки: фрактальная революция в финансах. URL: <https://baguzin.ru/wp/benua-mandelbrot-neposlushnye-rynki> (дата обращения 24.03.2025).

13. Петерс, Э. Э. Фрактальный анализ финансовых рынков: применение теории Хаоса в инвестициях и экономике / Эдгар Э. Петерс; [пер. с англ.: А. Брагиной] М.: Интернет-Трейдинг, 2004. – 304 с. (дата обращения 29.03.2025).

14. Основные принципы волновой торговли Эллиотта <https://www.finam.ru/publications/item/osnovnye-principy-volnovoiy-torgovli-elliotta-20211213-124200/> (дата обращения 30.03.2025).

15. Гипотеза фрактального рынка: общий обзор. URL: [https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.cd6483a0-682b68e1-0e468450-74722d776562/https/www.edgarepeters.com/blog-2-2/blog-post-title-one-sf2m5](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.cd6483a0-682b68e1-0e468450-74722d776562/https/www.edgarepeters.com/blog-2-2/blog-post-title-one-sf2m5) (дата обращения 03.03.2025).

16. Мониторинг мировой экономики и геополитических рисков GLOBBARO HSE выпуск №30 Ключевые тренды и риски в мировой

- экономике и геополитике. Итоги 2024 г. и вызовы 2025 г. URL: <https://wec.hse.ru/mirror/pubs/share/1021755033.pdf> (дата обращения 10.05.2025).
17. Robotics Technology Market Size, Share, and Trends 2024 to 2034 URL: <https://www.precedenceresearch.com/robotics-technology-market> (дата обращения 09.05.2025).
18. Рынок человекоподобных роботов с искусственным интеллектом. URL: <https://scoop.market.us/ai-powered-humanoid-robots-market-news/> (дата обращения 06.06.2025).
19. Аэрокосмические и оборонные технологии. URL: <https://scoop.market.us/category/aerospace-and-defense-technology/> (дата обращения 08.06.2025).
20. Цифровая безопасность и конфиденциальность. URL: <https://scoop.market.us/category/digital-security-and-privacy/> (дата обращения 08.06.2025).
21. Интернет вещей и умные устройства. URL: <https://scoop.market.us/category/internet-of-things-and-smart-devices/> (дата обращения 08.06.2025).
22. Искусственный интеллект и машинное обучение. URL: <https://scoop.market.us/category/artificial-intelligence-and-machine-learning/> (дата обращения 08.06.2025).
23. Новые технологии. URL: <https://scoop.market.us/category/emerging-technologies/> (дата обращения 08.06.2025).
24. Полупроводники и электроника. URL: <https://scoop.market.us/category/semiconductor-and-electronics/> (дата обращения 08.06.2025).
25. Автоматизация и промышленные технологии. URL: <https://scoop.market.us/category/automation-and-industrial-technology/> (дата обращения 08.06.2025).
26. Энергия и могущество. URL: <https://scoop.market.us/category/energy->

power/ (дата обращения 08.06.2025).

27. Автомобилестроение и транспорт. URL: <https://scoop.market.us/category/automotive-transportation/> (дата обращения 09.06.2025).

28. Транспорт, логистика и цепочка поставок. URL: <https://scoop.market.us/category/transportation-logistics-and-supply-chain/> (дата обращения 09.06.2025).

29. Телекоммуникации и возможности подключения. URL: <https://scoop.market.us/category/telecommunications-and-connectivity/> (дата обращения 09.06.2025).

30. Отчёт о состоянии и перспективах рынка носимых устройств с 3D-печатью. URL: <https://www.snsinsider.com/reports/3d-printed-wearables-market-1004> (дата обращения 15.06.2025).

31. China überholt Deutschland beim Roboter-Einsatz in der Industrie. URL: [https://ifr.org/downloads/press2018/DE-2024-NOV-18-IFR-Pressemeldung\\_Robot\\_Density\\_2024-FINAL.pdf](https://ifr.org/downloads/press2018/DE-2024-NOV-18-IFR-Pressemeldung_Robot_Density_2024-FINAL.pdf) (дата обращения 16.06.2025).

32. IFR: Китай обогнал США по количеству роботов. URL: <https://www.therobotreport.com/ifr-china-surpasses-u-s-in-robot-density/> (дата обращения 17.06.2025).

33. Плотность роботов растет во всем мире. URL: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally> (дата обращения 18.06.2025).

34. 2023 Робототехника Технологический обзор Возможности для России. URL: <https://bytemag.ru/wp-content/uploads/2023/09/sber-robototehnika-2023.pdf>

35. Десятка самых роботизированных стран мира. URL: <https://news.unipack.ru/83008/?rss=1> (дата обращения 18.06.2025).

36. В России поставлена высокая цель – попасть в топ 25-стран по уровню роботизации. URL: <https://www.computerra.ru/311293/v-rossii-postavlena-vysokaya-tsel-popast-v-top-25-stran-po-urovnyu-robotizatsii/> (дата обращения 19.06.2025).

37. Роботы в Китае. URL:[https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Роботы\\_в\\_Китае](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Роботы_в_Китае) (дата обращения 19.06.2025).
38. Китай импортировал промышленных Роботов на сумму 2 миллиарда Долларов в 2022 году. URL: <https://www.urdupoint.com/en/technology/china-imported-industrial-robots-worth-2-bil-1634930.html> (дата обращения 19.06.2025).
39. Расходы Китая на технологии стремительно растут, поскольку страна стремится стать сверхдержавой в области робототехники. URL: <https://asia.nikkei.com/Business/China-tech/China-s-tech-spending-surges-as-it-strives-to-be-robotics-superpower> (дата обращения 19.06.2025).
40. Обзор научно-исследовательских программ в области робототехники: Китай, Япония, Корея, ЕС, Германия, США. URL:<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robotics-research-goverment-programs-asia-europe-and-america-2025>(дата обращения 20.06.2025).
41. Исследования в области робототехники: как инвестируют Азия, Европа, Америка. URL:<https://industrialautomationindia.in/articles/ifr-world-robotics-rd-programs-2025-funding-strategies>(дата обращения 20.06.2025).
42. Бизина, О. А., Ильинская, Е. М. Роль геополитики в цифровом экономическом пространстве/ О. А. Бизина, Е. М. Ильинская/ в книге: Философия и культура информационного общества. Тезисы докладов двенадцатой Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2024. –С. 147-149.
43. Бизина, О. А., Жилыева, О. Г. Бизнес в условиях внешнего санкционного воздействия: проблемы и перспективы развития / О. А. Бизина, О. Г. Жилыева // Международный студенческий научный вестник. 2023.–№6.–С.89.
44. Харламов, А. В. Обеспечение экономической безопасности хозяйствующих субъектов в условиях нестабильности // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2022.–№ 1 (23). – С. 16-33.
45. Бизина, О. А. Стратегический управленческий учет как фактор

обеспечения устойчивого развития предпринимательских структур малого бизнеса / О. А. Бизина // Вестник Воронежского института экономики и социального управления.– 2017.–№1.– С. 4-5.

46. Роботизация промышленности: угроза безработицы или основа экономики будущего? URL: <https://en.topwar.ru/162843-robotizacija-promyshlennosti-ugroza-bezraboticy-ili-osnova-jekonomiki-buduschego.html> (дата обращения 22.06.2025).

47. Люди на заводах все еще боятся роботов. Что происходит на рынке промышленной роботизации в России. URL: <https://old.sk.ru/news/b/press/archive/2020/03/24/lyudi-na-zavodah-vse-esche-boyatsya-robotov-chto-proishodit-na-rynke-promyshlennoy-robotizacii-v-rossii.aspx> (дата обращения 23.06.2025).

48. Оценки уровня и перспектив роботизации промышленности России. URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/933830296.pdf> (дата обращения 24.06.2025).

49. Исследование рынка промышленной робототехники. URL: <https://assets.kept.ru/upload/pdf/2025/03/ru-industrial-robotics-market-kept-research.pdf>(дата обращения 25.06.2025).

50. Промышленные роботы в 2023-2024 гг. в России. URL: <https://robotunion.ru/prom23-24> (дата обращения 25.06.2025).

51. Бизина, О. А. Динамика цифровой трансформации рынка робототехники в региональном аспекте / в книге: Экономика и управление цифровой трансформацией экономических систем. Санкт-Петербург, 2024. –С. 275-290.

52. Исследование: спрос на роботизацию среди российских компаний вырос почти вдвое в 2025 году. URL: <https://journal.reindustry-expo.ru/issledovanie-spros-na-robotizaciyu-sredi-rossijskih-kompanij-vyros-pochti-vdvoe-v-2025-godu.html> (дата обращения 26.06.2025).

53. Сервисная робототехника - По всему миру. URL: <https://www.statista.com/outlook/tmo/robotics/service-robotics/worldwide>(дата

обращения 27.06.2025).

54. Сервисные роботы в России: рынок, технологии и прогнозы до 2030 года. URL: <https://unitmc.ru/news/servisnye-roboty-v-rossii-rynok-tekhno/> (дата обращения 27.06.2025).

55. Робототехника (рынок России). URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Робототехника\\_\(рынок\\_России\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Робототехника_(рынок_России)) (дата обращения 28.06.2025).

56. Исследование рынка промышленной робототехники. URL: <https://ict.moscow/analytics/issledovanie-rynka-promyshlennoi-robototekhniki/> (дата обращения 29.06.2025).

57. Мир робототехники. URL: <https://roboticsworld.ru/> (дата обращения 03.07.2025).

58. Среди бизнеса растет спрос на роботизацию. URL: <https://plusworld.ru/articles/64179/> (дата обращения 05.07.2025).

59. Эксперты сообщили о росте спроса на роботизацию в компаниях. URL: <https://iz.ru/1881594/2025-05-06/eksperty-soobsili-o-roste-sprosa-na-robotizaciu-v-kompaniah> (дата обращения 06.07.2025).

60. Бизнес активно инвестирует в роботизацию: компании ищут спасение от кадрового дефицита и роста затрат. URL: <https://ixbt.pro/news/2025/05/06/biznes-aktivno-investiruet-v-robotizaciiu-kompanii-ishhut-spasenie-ot-kadrovogo-deficita-i-rosta-zatra.html> (дата обращения 12.07.2025).

61. Бабкин, А. В., Буркальцева, Д. Д., Хамбазаров, Ш. Б., Тюлин, А. С. Анализ рынка робототехники в России: проблемы и перспективы развития в условиях цифровизации // Экономика и управление. –2019. – № 8 (166). –С. 34-44.

62. Бизина, О. А., Ильинская, Е. М. Оптимизация спроса и механизм ценообразования / О. А. Бизина, Е. М. Ильинская / в книге: Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем. Пятая Всероссийская

научная конференция. Сборник докладов. Санкт-Петербург, 2024. – С. 244-245.

63. Бизина О. А., Ильинская Е. М. Моделирование спроса на российском рынке робототехнических комплексов. // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3. Экономические, гуманитарные и общественные науки. — 2025. — №2. — С.11-18.

64. Бизина, О. А., Сумбарова, Я. О. Некоторые аспекты теории поведения потребителя в XXI веке / О. А. Бизина, Я. О. Сумбарова// Актуальные проблемы экономики и управления. – 2025. – № 2(46). – С. 110-114.

65. Численность населения по странам. URL: <https://database.earth/population/by-country/2024> (дата обращения 15.07.2025).

66. Население Европы. URL: <https://database.earth/population/europe> (дата обращения 15.07.2025).

67. Бизина, О. А. Роль цифровизации в стимулировании потребительского поведения / О. А. Бизина // Актуальные проблемы управления в условиях новых вызовов внешней среды: Сборник статей по материалы работы Международной научно-практической конференции, Ивангород, 16 мая 2025 года. – Санкт-Петербург: ООО "Скифия-принт", 2025. – С. 20-23.

68. Размер рынка медицинских роботов, перспективы роста на 2025–2034 гг. URL: <https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/medical-robots-market> (дата обращения 16.07.2025).

69. Робототехника медицинского обслуживания – По всему миру. URL: <https://www.statista.com/outlook/tmo/robotics/service-robotics/commercial-service-robotics/medical-service-robotics/worldwide>] (дата обращения 16.07.2025).

70. Сделано в Китае 2025. URL: <https://www.rcpm.ru/madeinchina2025> (дата обращения 16.07.2025).

71. Медицинские инновации из Германии. URL:

<https://www.deutschland.de/ru/topic/ekonomika/medicina-buduschego-issledovaniya-v-sfere-robototekhniki-i-ii> (дата обращения 16.07.2025).

72. Будущее российской медицины за робототехникой и искусственным интеллектом. URL: <https://strategyjournal.ru/innovatsii/budushhee-rossijskoj-meditsiny-za-robototeknikoj-i-iskusstvennym-intellektom/> (дата обращения 18.07.2025).

73. Роботы в медицине. URL: <https://robotunion.ru/med2024> (дата обращения 19.07.2025).

74. Стратегии развития производства промышленной продукции реабилитационной направленности. URL: <http://static.government.ru/media/files/TPUHm0AaA7cWSO4IYZhHs6oFGYO1P Nmk.pdf> (дата обращения 20.07.2025).

75. Бизина, О.А., Лашкова Н. Г. Особенности и современные решения в управлении и обеспечении экономической устойчивости субъектов малого предпринимательства / О. А. Бизина, Н.Г. Лашкова // Актуальные проблемы экономики и управления. –2019.–№2(22). –С.47-50.

76. Реабилитация и абилитация оценены в ₽58 млрд. URL: <https://www.rbc.ru/newspaper/2023/09/28/6513f25f9a7947563522e381>  
<https://www.rbc.ru/newspaper/2023/09/28/6513f25f9a7947563522e381> (дата обращения 22.07.2025).

77. Рынок автономных систем военной робототехники. URL: <https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/military-robotics-autonomous-systems-market> (дата обращения 23.07.2025).

78. Обзор рынка Военных Беспилотных Летательных Аппаратов. URL: <https://www.verifiedmarketreports.com/product/military-drone-market/> (дата обращения 25.07.2025).

79. Рынок военных роботов. URL: <https://www.kingsresearch.com/ru/military-robots-market-346> (дата обращения 26.07.2025).

80. Прогноз рынка военных роботов. Размер рынка к 2034 г. URL: <https://www.researchnester.com/ru/reports/military-robots-market/1221> (дата обращения 26.07.2025).
81. Белоусов, А: В 2025 году планируется значительно увеличить поставки наземных роботов в ВС России. URL: <https://overclockers.ru/blog/letsplay/show/218392/Belousov-Postavki-nazemnyh-robotov-v-VS-Rossii-v-2025-godu-vyrastut> (дата обращения 26.07.2025).
82. Роботы в России. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/61965feb9a7947ca293bff3f?from=copy> (дата обращения 27.07.2025).
83. Объем рынка военных технологий России достиг 300 млрд рублей. URL: <https://www.forbes.ru/tekhnologii/530696-ob-em-rynka-voennyh-tehnologij-rossii-dostig-300-mlrd-rublej> (дата обращения 26.07.2025).
84. Воентех в ударе Газета «Коммерсантъ» №25 от 12.02.2025, стр.1 URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7497430> (дата обращения 26.07.2025).
85. Партнеры, а не только инвесторы. URL: <https://kamaflow.com/ru/> (дата обращения 29.07.2025).
86. В Российской Федерации до 2026 года создадут два центра промышленной робототехники. URL: <https://tass.ru/ekonomika/21910997> (дата обращения 30.07.2025).
87. Бизина, О. А., Курзаева, Л. В. Валидация результатов профессиональной подготовки бакалавров в сфере информационных технологий как условие формирования их конкурентоспособности / Л. В. Курзаева, О. А. Бизина // Мир науки. Педагогика и психология. — 2025. — Т 13. — №4. — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/24PDMN425.pdf>.
88. Более 90 000 роботов будут вкалывать на российских заводах к 2030 году. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2024/05/15/1037160-bole-90-000-robotov-budut-vkalivat-na-rossiiskih-zavodah> (дата обращения 01.08.2025).

89. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309. URL: <http://government.ru/docs/all/153176/> (дата обращения 10.08.2025).
90. Бизина, О. А., Ильинская, Е. М. Перспективы развития роботостроения в российской экономике по типам производственных систем / О. А. Бизина, Е. М. Ильинская // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3: Экономические, гуманитарные и общественные науки. 2024.– №3. –С.5-12.
91. Посохин, И. А. Концептуальное моделирование серийного производства // MASTER`S JOURNAL. – 2016. –№2. –С.252-256.
92. Донченко, С. И. Проблемы организации серийного производства средств измерений // Альманах современной метрологии.– 2020.– №3.– С. 8-10.
93. Реструктуризация экономики: теория и инструментарий / под ред. А. В. Бабкин. – Санкт-Петербург, 2015.– 664 с.
94. Такеда, Хитоси. Синхронизированное производство. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 288 с.
95. Бизина, О. А. Задачи по оптимизации производства робототехнической продукции. / О. А. Бизина // Экономика и управление: проблемы, решения. . — 2025. — № Том IV. — С. 13-30.
96. Бизина, О. А., Ильинский, В. В. Организация производственной системы для создания продуктовых инноваций/ О. А. Бизина, В. В. Ильинский / в сборнике: Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.– 2016.– С. 124-126.
97. Бизина, О. А., Лашкова Н. Г. Вопросы финансовых результатов организации / О. А. Бизина, Н. Г. Лашкова / в сборнике: Рынки капитала и конкурентоспособность экономики. Материалы работы Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2023. – С. 136-140.
98. Бизина, О. А., Ильинская, Е. М. Оптимум с учетом эластичности факторов производства и условие максимизации прибыли фирмы / О. А.

Бизина, Е. М. Ильинская/ в сборнике: Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Санкт-Петербург, 2024. – С. 258-262.

99. Технологические тренды и наукоемкая экономика: бизнес, отрасли, регионы. Монография / под ред. О.Н. Кораблевой. Санкт-Петербург, 2021. –668 с.

100. Власов, С. М., Бойков, В. И., Быстров, С. В., Григорьев, В. В. Бесконтактные средства локальной ориентации роботов. — СПб: Университет ИТМО, 2017. — 169с.

101. Доер, К., Троммер, Г.Ф. Алгоритм радиолокационной инерциальной одометрии с использованием нескольких радаров и коррекций по курсовому углу // Гироскопия и навигация. – 2021. –Том 29.– №4 (115). –С.78-96.

102. Белова, Ю.Ю., Шматко, Н. А. Разработка промышленных роботов в России: технологии и кадры. 14. 02. №409. URL: <https://issek.hse.ru/news/1016053897.html> (дата обращения 06.08.2025).

103. Бизина, О.А., Ильинская, Е.М. Генезис проблемы экономического равновесия в российской научной мысли / О. А. Бизина, Е. М. Ильинская / в сборнике: Национальная экономика и развитие мирового хозяйства: проблемы и перспективы. Материалы работы Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2024. –С. 35-39.

104. Бизина, О. А., Ильинская, Е. М. Задачи по развитию российского рынка робототехники / О. А. Бизина, Е. М. Ильинская / в сборнике: Макроэкономические и социальные аспекты устойчивого развития. Сборник статей по материалам работы Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2024. – С. 38-43.

105. Бизина, О. А., Ильинская, Е. М. Структура факторов производства в кластерной цифровой экономике / О. А. Бизина, Е. М. Ильинская / в сборнике: Экономический потенциал и корпоративная социальная ответственность. Материалы Международной научно-практической

конференции. Санкт-Петербург, 2024. –С. 23-26.

106. Силаков, А. В., Охрименко, С. А., Орлова, Д. Р., Сенков, В. А., Черней, В. А. Экономические санкции в сфере информационных технологий. Москва, 2024. – 163 с.

107. Меры поддержки робототехники в России в 2025 году. URL: <https://hertzrobotics.ru/baza-znaniy/meryi-podderzhki-robototekniki-v-rossii-zarabotali-s-fevralya-2025.html> (дата обращения 07.08.2025).

108. Бизина, О. А, Ильинская, Е. М. Управленческие инновации в роботостроении / О. А. Бизина, Е. М. Ильинская / в сборнике статей Волновая электроника и инфокоммуникационные системы: XXVIII Междунар. науч. конф. (СПб., 12–16 мая 2025 г.): сб. статей: в 3 ч. –Ч. 2. – СПб.: ГУАП, 2025. –С 14-23.

109. Бизина, О. А., Ильинская, Е. М. Развитие кадрового потенциала инновационного предприятия на основе перманентного обучения / О. А. Бизина, Е. М. Ильинская / в сборнике: Устойчивое развитие: общество и экономика. Материалы работы Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2023. – С. 61-66.

110. Бизина, О. А., Ильинская, Е. М. Значение периферийных вычислений в робототехнике / О. А. Бизина, Е.М. Ильинская / в сборнике «Право, образование, экономика в условиях цифровой трансформации»: материалы работы Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию со дня образования ИФ ГУАП 15 апреля 2025 года. – Санкт-Петербург, 2025. – С. 12-15.

111. Ильинская, Е. М., Титова, М. Н. Экосистемы как драйвер развития цифровых бизнес-моделей / в книге: Экосистемы в цифровой экономике: драйверы устойчивого развития. – Санкт-Петербург, 2021. –С. 10-27.

112. Титова М. Н., Ильинская Е. М. Диверсификация экосистем как платформенные решения бизнеса / в сборнике: Индустрия 5.0, цифровая экономика и интеллектуальные экосистемы (ЭКОПРОМ-2021). Сборник

трудов IV Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции и XIX сетевой конференции с международным участием. – Санкт-Петербург, 2021. – С. 205-209.

113. Гребнев, Л. Факторы и ресурсы: тождество, различие или противоположность? URL:

<https://publications.hse.ru/pubs/share/folder/2ixrqln12o/72043710.pdf> С.139. (дата обращения 15.08.2025).

114. Ильинская, Е. М. Формирование системы компетенций в рамках платформенной экономики / в сборнике «Экономический потенциал и корпоративная социальная ответственность». Материалы международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2024. – С. 74-79.

115. Бизина, О. А., Варфоломеева, В. А. Особенности образовательных программ при подготовке специалиста по искусственному интеллекту. / О. А. Бизина, В. А. Варфоломеева / в сборнике: Право, образование, экономика в условиях цифровой трансформации. Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию со дня образования Ивангородского филиала ГУАП. – Санкт-Петербург. – С. 23-27.

116. Роботы займы <https://www.kommersant.ru/doc/7564385> (дата обращения 12.08.2025).

117. Александров, В. И., Юдин, В.С., Большаков Ю.Н., Шайдуров, В.И. Современные источники электрической энергии для питания малогабаритных роботов // Актуальные исследования №10 (37) март 2021. URL: <https://apni.ru/article/2011-sovremennie-istochniki-elektricheskoy-energii> (дата обращения 08.08.2025).

118. Бизина, О. А., Ильинская, Е. М. Драйверы экономического роста в условиях цифровизации / О. А. Бизина, Е. М. Ильинская / в сборнике: Предпосылки для устойчивого экономического роста. Материалы Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург,

2021. –С. 19-22

119. Бизина, О. А., Ильинская, Е. М. Инструменты государственного регулирования рынка в условиях асимметричной информации / О. А. Бизина, Е. М. Ильинская/ Метрологическое обеспечение инновационных технологий: VII Междунар. форум: сб. ст. / под ред. акад. РАН В. В. Окрепилова. – СПб.: ГУАП, 2025. – С.62-64.

120. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). Официальное издание. Рекомендации разработаны авторским коллективом в составе Руководители– В. В.Коссов, В. Н. Лившиц, А. Г. Шахназаров. Москва. Экономика, 2000.– 421 с.

121. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (Вторая редакция, исправленная и дополненная) (утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ и Госстроем РФ от 21 июня 1999 г. N ВК 477). URL: <https://base.garant.ru/2320803/> (дата обращения 17.08.2025).

122. Ильин, К. О., Губайдуллин, А. Г., Халфин, Р. С., Краевский, Н. Н. Концепция и подходы для оценки перспектив роботизации технологических процессов ПАО «НК «Роснефть». URL: [https://digital.runeft.ru/4\\_2022/ilyin](https://digital.runeft.ru/4_2022/ilyin) (дата обращения 18.08.2025).

123. Лосева, О. В. Комплексная оценка эффективности проектов по внедрению промышленных робототехнических комплексов / О. В. Лосева // Вестник евразийской науки. – 2025.– Т. 17. –№ 2. URL: <https://esj.today/PDF/61ECVN225.pdf>. (дата обращения 19.08.2025).

124. Бизина, О. А., Романова, И. В., Лашкова, Н. Г. Экономическая эффективность внедрения новых технологий как инструмент экономической безопасности / О. А. Бизина, И. В. Романова, Н. Г. Лашкова // Актуальные проблемы экономики и управления. – 2017.– №1(13). – С 56-60.

125. Бизина, О. А., Ильинская, Е. М. Методы оценки эффективности инноваций с учетом динамики использования инвестиционных ресурсов / О.

- А. Бизина, Е.М. Ильинская / в сборнике: Экономические ресурсы: проблемы и эффективность. Сборник статей по материалам работы Международной научно-практической конференции.– Санкт-Петербург, 2024. –С. 28-33.
126. Бизина, О. А., Ильинская, Е.М. Проблемы и задачи эффективной интеграции робототехнических комплексов / О. А. Бизина, Е.М. Ильинская // Актуальные проблемы экономики и управления.– 2025. –№2(46). –С.4-10.
127. Bizina, O.A., Titova, M. N., Ilinskaya, E. M. Synergy of the innovation process in high-tech industries / O. A. Bizina, M. N. Titova, E. M. Ilinskaya/ в сборнике: European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS. Krasnoyarsk, Russia, 2021. – С. 1970-1977.
128. Вина, Абирами. Нечеткая логика в ИИ улучшает анализ зашумленных визуальных данных. URL: <https://www.ultralytics.com/ru/blog/fuzzy-logic-in-ai-enhances-the-analysis-of-noisy-visual-data> (дата обращения 08.08.25)
129. Кочергов, Д. Метод нечеткой индукции и его применение для моделирования знаний и информационных систем. URL: <https://habr.com/ru/articles/490534> (дата обращения 07.08.25)
130. Теорема Гёделя о неполноте простыми словами. URL: <https://www.securitylab.ru/blog/personal/SimplpeHacker/355088.php> (дата обращения 01.08.2025).
131. Дыра в фундаменте математики. Теорема Гёделя о неполноте. URL: <https://scientificrussia.ru/articles/pocemu-v-matematike-vsegda-budet-cto-to-pedokazuemoe-teorema-gedela-o-nepolnote> (дата обращения 06.08.2025)
132. Дмитриевский, М. Введение в исследование фрактальных рыночных структур с помощью машинного обучения. URL: <https://www.mql5.com/ru/articles/18453> (дата обращения 02.08.2025).
133. Бизина, О. А., Ильинская, Е. М. Виды синергии в рамках инновационного процесса / О. А. Бизина, Е. М. Ильинская / в сборнике: Рынки капитала и конкурентоспособность экономики. Материалы работы Международной научно-практической конференции.– Санкт-Петербург,

2023. – С. 132-135.

134. Бородкин, К. И. «Порядок из хаоса»: концепции синергетики в методологии исторических исследований. URL: <https://www.hist.msu.ru/Labs/HisLab/html/chaos.htm> (дата обращения 01.08.2025).

135. Титова, М.Н., Ильинская, Е.М. Синергетические эффекты и драйверы инновационного процесса в цифровой экономике // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3: Экономические, гуманитарные и общественные науки. – 2021.– №4.– С.9-12.

136. Бизина, О. А., Бестугин, А. Р. Киршина, И. А. Ильинская, Е. М. Синергетический эффект от инновационных компетенций в роботизированном производстве / О. А. Бизина, А. Р. Бестугин, И. А. Киршина, Е. М. Ильинская // Компетентность. 2025.–№ 7.– С. 39-45.

137. Бизина, О. А., Лашкова, Н. Г., Игишев, А. В. Роль искусственного интеллекта на рынке трудовых ресурсов / О. А. Бизина, Н. Г. Лашкова, А. В. Игишев / в сборнике: Экономические ресурсы: проблемы и эффективность. Сборник статей по материалам работы Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2024.– С. 101-106.

138. Цифровизация экономических систем: теория и практика. Монография / под ред. А. В. Бабкина. – Санкт-Петербург, 2020. –796 с.

139. Бизина, О. А. Условия и этапы разработки стратегии цифровой трансформации / в книге: Стратегическое управление цифровой трансформацией интеллектуальной экономики и промышленности в новой реальности. – Санкт-Петербург, 2024. –С. 153-166.

**Приложение А. Оценка значимости факторов, влияющих на спрос  
на робототехнические комплексы для малых, средних и крупных  
предприятий**

Таблица А.1 — Оценка значимости факторов, влияющих на спрос на робототехнические комплексы для малых предприятий

	Оценка значимости от 1 до 20 баллов										Среднее значение важности	Вес фактора	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Эксперты													
Факторы													
$P_{рк}$ - цена робототехнического комплекса	18	17	14	16	12	13	12	15	11	13	14	0,26	
$I$ - объем доступных инвестиций	8	8	5	6	5	7	4	6	5	7	6	0,11	
$T_i$ - сроки окупаемости инвестиций в РТК	8	8	5	5	6	6	5	5	5	8	6	0,11	
$L$ - кадровый состав предприятия	14	13	9	8	10	11	7	9	10	9	10	0,18	
$B$ - архитектура бизнес-процессов	1	1	2	1	1	2	1	2	1	4	1	0,02	
$In$ – инновационный климат на предприятии	3	2	1	3	4	1	4	5	1	3	3	0,06	
$W$ - уровень заработных плат	2	1	2	3	2	4	2	3	3	2	2	0,04	
$K$ - компетенции сотрудников	14	15	9	8	8	11	7	9	11	9	10	0,18	
$E$ - ожидания бизнеса.	1	2	2	3	3	4	2	2	3	2	2	0,04	
Итого баллов											54	1	

(авторская разработка)

Таблица А.2 — Оценка значимости факторов, влияющих на спрос на робототехнические комплексы для средних предприятий

	Оценка значимости от 1 до 20 баллов										Среднее значение важности	Вес фактора
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Эксперты												
Факторы												
$P_{pk}$ - цена робототехнического комплекса	10	10	12	10	12	10	14	13	14	10	11	0,11
$I$ - объем доступных инвестиций	10	10	14	11	15	15	15	12	16	12	13	0,12
$T_i$ - сроки окупаемости инвестиций в РТК	10	11	14	12	15	14	15	12	15	12	13	0,12
$L$ - кадровый состав предприятия	18	19	14	20	18	20	20	19	18	20	19	0,19
$B$ - архитектура бизнес-процессов	1	1	2	3	3	4	2	2	3	3	2	0,02
$In$ – инновационный климат на предприятии	8	7	5	6	6	5	6	6	5	7	6	0,06
$W$ - уровень зарботных плат	3	3	4	3	6	4	3	5	3	6	4	0,04
$K$ - компетенции сотрудников	18	19	15	19	18	19	20	19	19	20	19	0,19
$E$ - ожидания бизнеса.	16	17	14	16	15	15	12	15	16	15	15	0,15
Итого баллов											102	1

(авторская разработка)

Таблица А.3 — Оценка значимости факторов, влияющих на спрос на робототехнические комплексы для крупных предприятий

	Оценка значимости от 1 до 20 баллов										Среднее значение важности	Вес фактора
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Эксперты												
Факторы												
$P_{рк}$ - цена робототехнического комплекса	18	17	14	16	12	13	12	15	11	13	6	0,06
$I$ - объем доступных инвестиций	8	8	5	6	5	7	4	6	5	7	9	0,09
$T_i$ - сроки окупаемости инвестиций в РТК	8	8	5	5	6	6	5	5	5	8	10	0,10
$L$ - кадровый состав предприятия	14	13	9	8	10	11	7	9	10	9	8	0,08
$B$ - архитектура бизнес-процессов	1	1	2	1	1	2	1	2	1	4	19	0,20
$In$ – инновационный климат на предприятии	3	2	1	3	4	1	4	5	1	3	18	0,18
$W$ - уровень заработных плат	2	1	2	3	2	4	2	3	3	2	5	0,05
$K$ - компетенции сотрудников	14	15	9	8	8	11	7	9	11	9	8	0,08
$E$ - ожидания бизнеса.	1	2	2	3	3	4	2	2	3	2	15	0,16
Итого баллов											95	1

(авторская разработка)

**Приложение Б. Расчет коэффициента Пирсена по трем  
предприятиям**

Таблица Б. 1 — Расчёт коэффициента

Предпри ятие А Совокуп ный доход руб	комплек тующие	IT затраты	транспо ртные затраты	аренда и коммуна льные платежи	транспо ртные расходы	заработна я плата	хозяйств енные расходы
5659436	3106988	134749	389600	168950	13820	828750	46250
6491707	3678915	483633	453100	390386	30410	965900	718368
6861402	3843225	255225	421600	197099	22040	1063800	425768
9316743	5324911	356303	424000	297903	29140	1106100	397278
8567948	5167104	670905	458000	176038	41142	1208100	287928
8057301	4479904	638915	390000	271674	33874	1045900	93988
8424377	4346414	595085	443800	183586	42059	903700	234145
8374388	4186034	630051	626000	224781	15599	1111760	127540
7624376	4189288	309464	472000	275827	12742	980300	81600
7367730	3944126	789005	506000	148685	21589	1054700	313278
6608640	3319437	375041	472000	246103	19245	1013350	109825
6653322	3205991	432072	636500	427122	17240	1443431	166360
коэффиц иент Пирсена	0,929304	0,4988	0,0208	-0,146	0,5355	0,194808	0,0246

Продолжение таблицы Б.1

Предпри ятие Б Совокуп ный доход руб	комплек тующие	IT затраты	транспо ртные расходы	реклама	аренда и коммуна льные платежи	заработна я плата	хозяйс твенны е расход ы
5640000	2407374	319192	315329	472000	160975	571130	32980
6588155	3142030	264596	538884	507850	279332	1010400	28970
7796725	4824944	32164	463219	407000	318575	925400	40818
7856406	3548396	332112	507388	412860	241968	1184300	30024
8263055	4344647	285136	921865	507000	374326	1085000	40039
6536794	2904869	68112	599205	305100	247420	799000	32049
8015746	4032325	126600	655310	305000	339987	1116000	176590
7345185	2966430	312000	602823	421550	332613	1109200	19820
7526255	4049987	83040	763586	569327	277539	893270	198834
7304614	4548980	303600	642492	626325	316834	946649	67993
5950613	3329920	260000	610512	415050	344256	1078224	16490
5327995	3678876	89800	624755	138000	426775	593640	18630
коэффиц иент Пирсена	0,617838	0,0111	0,4527	0,3821	0,0893	0,722975	0,4351

Продолжение таблицы Б.1

Предпри ятие С Совокуп ный доход руб	комплек тующие	IT затраты	транспо ртные расходы	реклама	аренда и коммуна льные платежи	заработна я плата	хозяйс твенны е расход ы
4293216	1765100	239500	420212	276010	256942	587077	15840
5672668	2831514	118300	605490	163500	318556	773411	12750
6073126	2878447	185200	597240	522000	279329	1007719	20919
4705187	2056126	215400	655260	244797	169592	585000	55154
4374968	1951578	219350	277946	220600	158245	965300	34490
3645093	1644418	139750	374062	125000	156638	543700	10848
3707859	3101246	163150	386613	157000	151437	507000	22450
3635239	1721928	176550	388116	141000	149012	657500	47900
4242728	1760305	159150	414327	210000	148467	463000	45738
коэффиц иент Пирсена	0,540364	-0,065	0,735	0,7164	0,8205	0,664822	-0,208

(авторская разработка)

## Приложение В. SWOT-анализ российского рынка робототехники

Опираясь на результаты систематизации в первом разделе группы внешних факторов, обуславливающих особенности развития российской индустрии роботостроения, составим следующую таблицу.

Таблица В. 1 — Характеристика изменений внешней среды - слабые и сильные стороны индустрии робототехники

Внешние переменные (изменения)	Сильные и слабые стороны
<p><i>1. Геополитические изменения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– введено огромное количество разнообразных санкций;</li> <li>– обострилось военное противостояние в мире;</li> <li>– усиливается геополитическое давление на Россию.</li> </ul>	<p><i>1. Политико-экономическая сфера:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– введенные санкции осложняют развитие экономики страны, в том числе и индустрии робототехники;</li> <li>– разработаны основы стратегии обеспечения национального суверенитета страны.</li> <li>– определены позиции страны в полицентричном мире и стремлении к многополярности;</li> <li>– осуществляется адекватная и четкая реакция на введение дополнительных санкций;</li> <li>– наличие сильной геополитической неопределенности в мире;</li> <li>– сильная конкуренция на мировом рынке робототехники.</li> </ul>
<p><i>2. Финансово-экономические изменения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– отток и отсутствие притока иностранных инвестиций;</li> <li>– уменьшение всех источников финансирования;</li> <li>– стагнация спроса из-за высокой стоимости продукции робототехники;</li> <li>– резкое увеличение ключевой ставки и процентов по кредитам за последние годы;</li> <li>– произошедшие резкие колебания валютного курса повлияли на совокупный спрос и затраты компаний;</li> <li>– усиление инфляции издержек из-за роста тарифов естественных монополий, повышения ключевой ставки и резких колебаний курса валюты;</li> <li>– тенденция к некоторому росту доходов населения.</li> </ul>	<p><i>2. Финансово-экономическая сфера:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– недостаточный объем инвестиций для увеличения производства робототехники при дороговизне технологических решений и комплектующих;</li> <li>– сложность получения кредитных ресурсов для развития индустрии робототехники из-за высокой ключевой ставки;</li> <li>– недостаточный уровень монетизации для целей быстрого промышленного развития, в том числе, индустрии робототехники;</li> <li>– трудности в организации закупки импортных комплектующих из-за нестабильного курса рубля;</li> <li>– высокий уровень инфляции издержек, сокращающий прибыльность предприятий;</li> <li>– сложность в оптимизации затрат из-за высоких тарифов естественных монополий и цен на энергоресурсы;</li> <li>– постановка задачи по увеличению темпов роста производительности труда в условиях инфляции издержек;</li> <li>– низкий уровень безработицы, способствующий роботизации производства.</li> <li>– повышение заработных плат и уровней доходов населения страны;</li> <li>– инерционность развития отраслей, основных потребителей промышленной робототехники.</li> </ul>

Продолжение таблицы В.1

Внешние переменные (изменения)	Сильные и слабые стороны
<p><i>3. Инновационно-технологические изменения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ограничение доступа к иностранным технологиям;</li> <li>– усложнение закупок комплектующих и полупроводников;</li> <li>– ограничение доступа к специализированной инновационной инфраструктуре в робототехнической индустрии при недостатке отечественной;</li> <li>– возрастание скорости изменения технологий;</li> <li>– повышение требований к промышленному дизайну;</li> <li>– увеличение спроса на специалистов с высоким уровнем компетенций.</li> </ul>	<p><i>3. Инновационно-технологическая сфера:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– нехватка отечественных технических решений и технологий;</li> <li>– недостаточная инновационная адаптация для развития робототехники из-за большой скорости изменения технологий.</li> <li>– нехватка квалифицированных кадров с требуемыми компетенциями в области роботостроения;</li> <li>– недостаток инновационных компетенций для технологических и продуктовых инноваций;</li> <li>– внедрение организационных инноваций, и повышение эффективности организационно-управленческой деятельности;</li> <li>– начавшаяся актуализация кадровой политики предприятий с учетом роботизации;</li> <li>– создание центров компетенций на ряде предприятий - пионеров, как поставщиков, так и промышленных потребителей.</li> <li>– внедрение инновационных решений в области оптимизации всех бизнес-процессов и производственного цикла на передовых предприятиях;</li> <li>– неразвитость маркетинга у отечественных производителей, не позволяющая внедрить уже имеющиеся технологические решения.</li> </ul>
<p><i>4. Социально-психологические изменения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– возникшая тенденция к сокращению темпов роста населения;</li> <li>– появление дефицита кадров на рынке и низкий уровень безработицы;</li> <li>– демографические сдвиги и старение населения;</li> <li>– появление двойственности в эмоциональном отношении к роботам со стороны населения;</li> <li>– повышение внимания к здоровью и качеству потребления и уровню жизни;</li> <li>– усиление тенденций на развитие корпоративной культуры и мотивационных изменений.</li> </ul>	<p><i>4. Социально-культурная сфера:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– актуализация ассортиментных групп робототехники с учетом характера спроса, в частности, сервисной робототехники;</li> <li>– актуализация инженерного образования среди молодежи;</li> <li>– разработка планов по внедрению робототехники с учетом демографических изменений;</li> <li>– расширению мощностей роботов в области индивидуализации производства и логистики;</li> <li>– недостаточный уровень корпоративной культуры в компаниях в направлении подготовки персонала и изменения мышления людей;</li> <li>– развитие мотивационных инструментов к лояльному отношению сотрудников к роботам и их использованию в работе;</li> <li>– недостаточное качество потребления и уровня жизни, повышающего спрос на сервисную и индивидуальную робототехнику;</li> <li>– недостаток образовательных программ по робототехнике по всей квалификационной цепочке.</li> </ul>

## Продолжение таблицы В.1

Внешние переменные (изменения)	Сильные и слабые стороны
<p><i>5 Природно-пространственные изменения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышение интереса всех игроков к освоению ресурсного богатства на огромных территориях страны;</li> <li>– расширение территорий и повышение интереса к освоению северных и восточных регионов страны;</li> <li>– тенденция на усиление пространственного промышленного развития.</li> </ul>	<p><i>5 Пространственно-географическая сфера:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– сложность логистики и транспортной доступности;</li> <li>– реализация политики импортозамещение в рамках концепции развития регионов;</li> <li>– расширение мощностей роботов в области транспортной логистики и оборонных мероприятий;</li> <li>– наличие широких возможностей применения беспилотных транспортных роботизированных систем (воздушных, наземных, надводных и подводных);</li> <li>– создание и развитие региональных научно-производственных и кластеров в сфере роботостроения по всей территории страны.</li> </ul>
<p><i>6 Институционально-управленческие изменения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– усиление государственной финансовой поддержки;</li> <li>– совершенствование политики в области образования;</li> <li>– осознание приоритета стратегического планирования;</li> <li>– обострение необходимости построения четкой и обоснованной законодательно-правовой базы.</li> </ul>	<p><i>6. Институционально-управленческая сфера:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– государственная финансовая поддержка индустрии роботостроения. Например, уже программа «Цифровая экономика» предусматривает гранты на внедрение промышленных роботов в производственные процессы. В рамках федерального проекта «Развитие промышленной робототехники и автоматизации производства» (часть нацпроекта «Средства производства и автоматизации» или «Технологическое лидерство») предусмотрены меры финансовой поддержки для производителей, интеграторов и покупателей робототехнических решений;</li> <li>– недостаточное число актуализированных образовательных программ по подготовке специалистов робототехники уже внедренных в образовательный процесс.</li> <li>– отсутствие единых протоколов интеграции и актуализированных стандартов производства робототехники.</li> <li>– развитие образовательных технологий и компетенций: создание федерального Центра развития промышленной робототехники на базе Университета Иннополис; разработка актуальных образовательных программ ВО и СПО по обучению специалистов области роботостроения; формирование центров коллективного пользования, дающих доступ к библиотеке программного обеспечения и технологических решений в сфере робототехники.</li> <li>– введение налоговых льгот и субсидирование предприятий в сфере роботостроения.</li> <li>– проработка стратегии развития роботостроения и возрождение опыта стратегического планирования;</li> <li>– предоставление грантов и государственный заказ в</li> </ul>

	<p>оборонной сфере по производству роботов и снятие входных барьеров для стартапов;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– недостаточно проработанная нормативно-правовая база по роботостроению.</li><li>– отсутствует эффективная система мониторинга и показателей степени экологичности продукции робототехники.</li></ul>
--	---

(авторская разработка)

Оценка слабых и сильных сторон рынка роботехнических комплексов представлена в таблице В.2.

В нашем исследовании примем методику, когда оценка значимости выставляется от 0 до 10, где 10 баллов показывает, что следует обратить большее внимание на данный показатель, а 0- показывает отсутствие значимости соответствующего показателя.

Таблица В. 2 — Сильные и слабые стороны индустрии роботостроения

	Сильные стороны(S)	Оцен ка знач имос ти	Слабые стороны(W)	Оценк а значи мости
Политико- экономическая сфера	1.Разработаны основы стратегии обеспечения национального суверенитета страны.	7	1.Наличие сильной геополитической неопределенности в мире.	6
	2.Определены позиции страны в полицентричном мире и стремлении к многополярности;	6	2.Введенные санкции осложняют развитие экономики страны, в том числе и индустрии робототехники.	8
	3. Осуществляется адекватная и четкая реакция на введение дополнительных санкций.	8	3.Сильная конкуренция на мировом рынке робототехники.	7
Финансово-экономическая сфера	4. Низкий уровень безработицы, способствующий роботизации производства.	6	4. Недостаточный объем инвестиций для увеличения производства робототехники при дороговизне технологических решений и комплектующих.	8
	5. Повышение заработных плат и уровней доходов населения страны.	6	5. Сложность получения кредитных ресурсов для развития индустрии робототехники из-за высокой ключевой ставки.	9
	6. Постановка задачи на предприятиях по увеличению темпов роста производительности труда в условиях инфляции издержек.	7	6. Недостаточный уровень монетизации для целей быстрого промышленного развития, в том числе, индустрии робототехники.	8
			7. Трудности в организации закупки импортных комплектующих из-за нестабильного курса рубля.	7
			8. Высокий уровень инфляции издержек, сокращающий прибыльность предприятий.	6
			9. Сложность в оптимизации затрат из-за высоких тарифов естественных монополий и цен на энергоресурсы.	7
			10. Инерционность развития отраслей, основных потребителей промышленной робототехники.	6

Продолжение таблицы В. 2

	Сильные стороны(S)	Оцен ка знач имос ти	Слабые стороны(W)	Оценк а значи мости
Инновационно-технологическая сфера	7. Внедрение организационных инноваций, и повышение эффективности организационно-управленческой деятельности;	7	11. Нехватка отечественных технических решений и технологий.	7
	8. Начавшаяся актуализация кадровой политики предприятий с учетом роботизации;	6	12. Недостаточная инновационная адаптация для развития робототехники из-за большой скорости изменения технологий.	6
	9. Создание центров компетенций на ряде предприятий - пионеров, как поставщиков, так и промышленных потребителей.	6	13. Нехватка квалифицированных кадров с требуемыми компетенциями в области роботостроения	8
	10. Внедрение инновационных решений в области оптимизации всех бизнес-процессов и производственного цикла на передовых предприятиях;	6	14. Недостаток инновационных компетенций для технологических и продуктовых инноваций.	7
			15. Незрелость маркетинга у отечественных производителей, не позволяющая внедрить уже имеющиеся технологические решения.	5
Социально-культурная сфера	11. Актуализация ассортимента групп робототехники с учетом характера спроса, в частности, сервисной робототехники.	5	16. Недостаточное качество потребления и уровня жизни, повышающего спрос на сервисную и индивидуальную робототехнику.	6
	12. Актуализация инженерного образования среди молодежи.	6	17. Недостаток образовательных программ по робототехнике по всей квалификационной цепочке.	7
	13. Разработка планов по внедрению робототехники с учетом демографических изменений.	6	18. Недостаточный уровень корпоративной культуры в компаниях в направлении подготовки персонала и изменения мышления людей.	5
	14. Расширению мощностей роботов в области индивидуализации производства и логистики.	5		
	15. Развитие мотивационных инструментов к лояльному отношению сотрудников к роботам и их использованию в работе.	5		

## Продолжение таблицы В. 2

	Сильные стороны(S)	Оцен ка знач имос ти	Слабые стороны(W)	Оценк а значи мости
Пространственно-географическая сфера	16.Реализация политики импортозамещение в рамках концепции развития регионов.	6	19.Сложность логистики и ограничение транспортной доступности.	7
	17. Расширение мощностей роботов в области транспортной логистики и оборонных мероприятий.	7		
	18.Наличие широких возможностей применения беспилотных транспортных роботизированных систем (воздушных, наземных, надводных и подводных).	9		
	19.Создание и развитие научно-производственных региональных и кластеров в сфере роботостроения по всей территории страны.	9		
Институционально-управленческая сфера	20.Государственная финансовая поддержка индустрии роботостроения. Например, уже программа «Цифровая экономика» предусматривает гранты на внедрение промышленных роботов в производственные процессы. В рамках федерального проекта «Развитие промышленной робототехники и автоматизации производства» (часть нацпроекта «Средства производства и автоматизации» или «Технологическое лидерство») предусмотрены меры финансовой поддержки для производителей, интеграторов и покупателей робототехнических решений	9	20.Недостаточное число актуализированных образовательных программ по подготовке специалистов робототехники уже внедренных в образовательный процесс.	8

## Продолжение таблицы В. 2

Институционально-управленческая сфера	21. Развитие образовательных технологий и компетенций: создание федерального Центра развития промышленной робототехники на базе Университета Иннополис; разработка актуальных образовательных программ ВО и СПО по обучению специалистов области роботостроения; формирование центров коллективного пользования, дающих доступ к библиотеке программного обеспечения и технологических решений в сфере робототехники.	8	21. Отсутствуют единые протоколы интеграции и актуализированные стандарты производства робототехники.	7
	22. Введение налоговых льгот и субсидирование предприятий в сфере роботостроения.	9	22. Недостаточно проработанная нормативно-правовая база по роботостроению.	7
	23. Проработка стратегии развития роботостроения и возрождение опыта стратегического планирования.	10	23. Отсутствует эффективная система мониторинга и показателей степени экологичности продукции робототехники.	6
	24. Предоставление грантов и государственный заказ в оборонной сфере по производству робототехники и снятие входных барьеров для стартапов в области роботостроения.	9		
	Итого баллов	168	Итого баллов	158
	Средний балл	7,0	Средний балл	6,8

(авторская разработка)

Исходя из средних оценок значимости сильных и слабых сторон, можно утверждать, что влияние и одной и другой стороны достаточно велико на формирование и развитие российского рынка роботостроения.

Отразим полученные значения на матрице взаимосвязи между сильными и слабыми сторонами российского рынка робототехники на рисунке В.1.

		Сильные стороны		
		10	7,0	0
Слабые стороны	10	II		I
	6,8		⊙	
	0	III		IV

Рисунок В.1 – Матрица взаимосвязи между сильными и слабыми сторонами рынка робототехнических комплексов (авторская разработка)

На рисунке В.1 отражено, что точка пересечения, указывающая на взаимное соотношение сильных и слабых сторон рынка робототехники, находится во втором квадранте, где значимы и слабые и сильные стороны. Это говорит о том, что слабые стороны оказывают значительное влияние на динамику развития рынка, ограничивая его, и не позволяют сильным сторонам проявиться в полной мере. Поэтому всем участникам рынка следует обратить внимание на эти факторы с целью уменьшения их важности, чтобы точка пересечения переместилась в третий квадрант, где высока значимость сильных сторон, а слабые стороны почти не оказывают влияние на динамическое равновесие на рынке робототехники.

Оценка возможностей рынка робототехнической продукции представлена в таблице В. 3.

Таблица В. 3 — Оценка возможностей российского рынка робототехники

Возможности (О)	Вероятность исполнения, баллы	Влияние на внутреннюю среду рынка, баллы
1. Возможности связаны с возрастающей потребностью комплексной автоматизации в промышленности. Внедрение робототехники в производственные процессы позволяют повысить эффективность функционирования предприятий. Использование искусственного интеллекта для оптимизации производственных процессов и автоматического проектирования. Внедрение роботов манипуляторов и коллаборативных роботов решают проблему кадров и совместно с человеком выполняют востребованные функции.	8	9
2. Возможности обеспечиваются востребованностью сервисных роботов в сфере услуг. Интеграция робототехнических решений в различных областях: роботы-курьеры для оптимизации логистики; роботы-консультанты для ускорения процесса обработки заявок и сокращения очередей; роботы-уборщики для сокращения затрат по клинингу и повышения качества услуг.	9	9
3. Возможности основываются на увеличении спроса на робототехнические решения в научных исследованиях и разработках. Научно-исследовательские инициативы предлагают возможности для практической реализации и коммерциализации инновационных разработок.	8	6
4. Возможности определяются расширением использования робототехники в образовании, что позволяет перевести теоретические знания в практическую плоскость, развивать у учащихся креативность и критическое мышление. Простые программируемые конструкторы знакомят детей в игровой форме с основами алгоритмизации и механики. В колледжах и вузах изучаются промышленные роботы, нейросети и системы компьютерного зрения. В корпоративных учебных центрах внедряются робототехнические тренажеры для подготовки специалистов, способных работать с роботизированными линиями.	7	6
5. Возможность развития рынка робототехнической продукции может быть обеспечена снижением стоимости и переходом на отечественные ключевые компоненты, что сделает робототехнические решения более доступными для широкого круга потребителей.	7	7

Продолжение таблицы В.3

Возможности (О)	Вероятность использования, баллы	Влияние на внутреннюю среду рынка, баллы
6. Возможности определяются государственной поддержкой внедрения робототехники. Создаются региональные центры промышленной робототехники, частично возмещаются инвесторам затраты на приобретение и внедрение роботов на производствах. Государственные программы, например, «Стратегия научно-технологического развития России» предоставляют финансовую поддержку для инновационных проектов по роботостроению.	10	10
7. Пространственные масштабы страны обеспечивают возможность развития и внедрения инновационных робототехнических решений, в частности развития беспилотного транспорта.	9	10
Общий балл	50	57
Средний бал	7,1	8,1

(авторская разработка)

Аналогичным образом будем оценивать степень угрозы эффективного функционирования рынка в таблице В. 4.

Таблица В. 4 — Оценка угроз российского рынка робототехники

Угрозы (Т)	Вероятность использования, баллы	Влияние на внутреннюю среду рынка, баллы
1. Сохраняющаяся еще зависимость от иностранных технологий и комплектующих, а также необходимость поиска новых поставщиков из-за ухода западных компаний.	6	8
2. Недостаток отечественных технологий и слабое развитие отечественной электронной базы.	8	9
3. Высокая стоимость импортных роботов ограничивает их закупку отечественными предприятиями.	6	5
4. Низкая заработная плата нестимулирующая закупку дорогих робототехнических комплексов.	5	5
5. Нехватка кадров, обладающих компетенциями в области робототехники: производстве и эксплуатации.	6	7
6. Еще существующий отток квалифицированных специалистов в сфере роботостроения, IT-индустрии и цифровой трансформации из-за более высоких доходов и комфортных условий деятельности за рубежом.	5	6
7. Негативные тенденции в денежно-кредитной сфере и недостаток финансовых ресурсов у предприятий.	9	9
8. Инерционность роботизации производства и инновационного менталитета в ряде отраслей	6	6
9. Отсутствие поддерживающей экосистемы во многих сферах для обеспечения функционирования предприятий на отечественных решениях и компонентах и разработки национальных прототипов.	7	6
10. Недостаточная эффективность реализации национальной стратегии развития роботостроения и образовательных программ в области робототехники.	6	7
11. Недостаток инвесторов, желающих вложить свои финансовые ресурсы в развитие российской робототехнической индустрии.	8	7
12. Усиление геополитических барьеров из-за санкций и недружественных отношений с рядом западных стран.	7	6
Общий балл	79	81
Средний балл	6,5	6,75

(авторская разработка)

Средние баллы по столбцам указанных таблиц позиционируются на соответствующие сегменты матрицы влияния возможностей и угроз и вероятности их воплощения.

Аналогично матрице взаимосвязи между сильными и слабыми сторонами отразим полученные значения на матрице взаимосвязи между возможностями и угрозами для российского рынка робототехники на рисунке В.2.

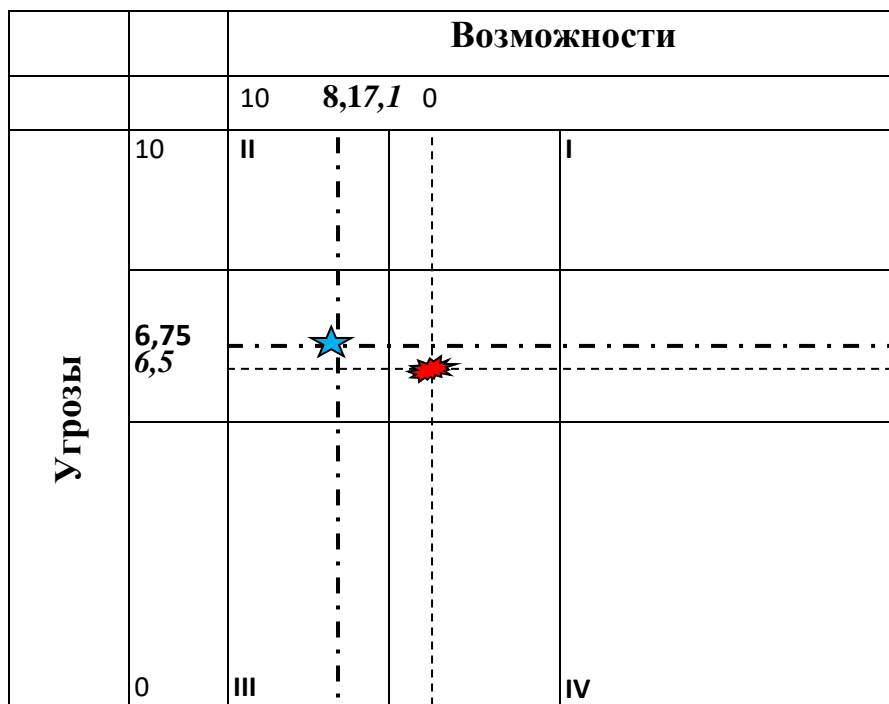


Рисунок В. 2 – Матрица взаимосвязи между возможностями и угрозами для рынка робототехники по вероятности использования (☄) и степени влияния (★) (авторская разработка)

На рисунке В.2 отражено, что точка пересечения, указывающая на взаимное соотношение возможностей и угроз для рынка робототехники, находится во втором квадранте, где значимы оба эти фактора. Это говорит о том, что угрозы, как и слабые стороны оказывают значительное влияние на возможности для динамичного развития рынка, ограничивая его, и не позволяют возможностям реализоваться в полной мере. Поэтому всем участникам рынка следует обратить внимание на эти угрозы с целью уменьшения их значимости и влияния, чтобы точка пересечения

переместилась в третий квадрант, где высоки возможности, а угрозы не оказывают влияние на эффективное развитие на рынке робототехники.

Матрица SWOT-анализа с возможными стратегиями представлена на рисунке В. 3.

		<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
		1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. ..... <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;">Из таблицы 3</div>	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;">Из таблицы 4</div>
<b>Сильные стороны</b> 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;">из таблицы 2</div>	<b>Поле Силы и Возможности</b>  <b>Стратегия приоритетного развития</b>  <b>Миссия</b>  Усилить имеющиеся сильные стороны (24) за счет реализации существующих возможностей (7)  <b>Цель</b>  Эффективное развитие и поддержание динамического равновесия на рынке робототехники	<b>Поле Силы и Угрозы</b>  <b>Стратегия компенсации</b>  <b>Миссия</b>  Использовать имеющиеся сильные стороны (24) для минимизации существующих угроз (12)  <b>Цель</b>  Переход к стратегии эффективного развития и поддержания динамического равновесия на рынке	
	<b>Слабые стороны</b> 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;">из таблицы 2</div>	<b>Поле Слабости и Возможности</b>  <b>Стратегия реагирования</b>  <b>Миссия</b>  Использовать существующие возможности (7) для уменьшения существующих слабых сторон (23) в задействовании сильных (24)  <b>Цель</b>  Переход к стратегии компенсации для уменьшения слабых сторон (23) за счет имеющихся возможностей (7)	<b>Поле Слабости и Угрозы</b>  <b>Стратегия реформирования</b>  <b>Миссия</b>  Постановка цели уменьшения выявленных слабых сторон (23) и угроз (12) за счет задействования сильных сторон (24) и реализации существующих возможностей (7)  <b>Цель</b>  Переход к стратегии реагирования для минимизации существующих угроз (12) и ослабления влияния слабых сторон (23)

Рисунок В.3– Матрица SWOT-анализа рынка робототехники

(авторская разработка)

Корректировка возможных целей по результатам SWOT-анализа для российского рынка роботостроения представлена в таблице В. 5.

Таблица В. 5 — Корректировка целей по данным SWOT

Цель	Возможности	Угрозы	Сильные стороны	Слабые стороны
Переход к стратегии реагирования для минимизации существующих угроз (12) и ослабления влияния слабых сторон (23)	-	+	-	+
Переход к стратегии компенсации для уменьшения слабых сторон (23) за счет имеющихся возможностей (7)	+	-	-	+
Переход к стратегии эффективного развития и поддержания динамического равновесия на рынке	-	+	+	-
Эффективное развитие и поддержание динамического равновесия на рынке робототехники	+	-	+	-
Цельна текущий период для российского рынка робототехники,(находящегося в поле – силы и угрозы)	Переход к стратегии эффективного развития и поддержания динамического равновесия на рынке			

(авторская разработка)

В таблице В.6 представлена матрица оценки возможностей по вероятности использования и влияние на рынок робототехники.

Таблица В. 6 —Матрица оценки возможностей

Вероятность использования возможности	Влияние		
	Сильное (10-8)	Умеренное (7-5)	Малое (4-1)
Высокая (10-8)	<p>1. Возможности определяются государственной поддержкой внедрения робототехники. Создаются региональные центры промышленной робототехники, частично возмещаются инвесторам затраты на приобретение и внедрение роботов на производствах. Государственные программы, например, «Стратегия научно-технологического развития России» предоставляют финансовую поддержку для инновационных проектов по роботостроению.</p> <p>2. Пространственные масштабы страны обеспечивают возможность развития и внедрения инновационных робототехнических решений, в частности развития беспилотного транспорта.</p> <p>3. Возможности обеспечиваются востребованностью сервисных роботов в сфере услуг. Интеграция робототехнических решений в различных областях: роботы-курьеры для оптимизации логистики; роботы-консультанты для ускорения процесса обработки заявок и сокращения очередей; роботы-уборщики для сокращения затрат по клинингу и повышения качества услуг.</p> <p>4. Возможности связаны с возрастающей потребностью комплексной автоматизации в промышленности. Внедрение робототехники в производственные процессы позволяют повысить эффективность функционирования предприятий. Использование искусственного интеллекта для оптимизации производственных процессов и автоматического</p>	<p>1. Возможность развития рынка робототехнической продукции может быть обеспечена снижением стоимости и переходом на отечественные ключевые компоненты, что делает робототехнические решения более доступными для широкого круга потребителей.</p>	

Продолжение таблицы В. 6

	проектирования. Внедрение роботов манипуляторов и коллаборативных роботов решают проблему кадров и совместно с человеком выполняют востребованные функции.		
Средняя (7-5)		<p>1. Возможности определяются расширением использования робототехники в образовании, что позволяет перевести теоретические знания в практическую плоскость, развивать у учащихся креативность и критическое мышление. Простые программируемые конструкторы знакомят детей в игровой форме с основами алгоритмизации и механики. В колледжах и вузах изучаются промышленные роботы, нейросети и системы компьютерного зрения. В корпоративных учебных центрах внедряются робототехнические тренажеры для подготовки специалистов, способных работать с роботизированными линиями.</p> <p>2. Возможности основываются на увеличении спроса на робототехнические решения в научных исследованиях и разработках. Научно-исследовательские инициативы предлагают возможности для практической реализации и коммерциализации инновационных разработок.</p>	
Низкая (4-1)			

(авторская разработка)

Все выявленные возможности находятся в квадрантах ВС, ВУ и СУ, являются важными и значимыми, и их необходимо реализовывать.

В таблице В.7 представлена матрица оценки влияния угроз на рынок робототехники

Таблица В. 7 — Матрица оценки влияния угроз на рынок робототехники

Вероятность реализации угрозы	Возможные последствия			
	Разрушение (10-9)	Критическое состояние (8-7)	Тяжелое состояние (6-5)	Незначительные потери (4-1)
Высокая (10-7)	1.Негативные тенденции в денежно-кредитной сфере и недостаток финансовых ресурсов у предприятий. 2. Недостаток отечественных технологий и слабое развитие отечественной электронной базы.	1.Недостаток инвесторов, желающих вложить свои финансовые ресурсы в развитие российской робототехнической индустрии.	1.Отсутствие поддерживающей экосистемы во многих сферах для обеспечения функционирования предприятий на отечественных решениях и компонентах. 2.Усиление геополитических барьеров из-за санкций и недружественных отношений с рядом западных стран	
Средняя (6-5)		1.Сохраняющаяся еще зависимость от иностранных технологий и комплектующих, а также необходимость поиска новых поставщиков из-за ухода западных компаний. 2. Нехватка кадров, обладающих компетенциями в области робототехники: производстве и эксплуатации. 3. Недостаточная эффективность реализации национальной стратегии развития роботостроения и образовательных программ в области робототехники.	1.Высокая стоимость импортных роботов ограничивает их закупку отечественными предприятиями. 2.Низкая заработная плата нестимулирующая закупку дорогих робототехнических комплексов. 3.Еще существующий отток квалифицированных специалистов в сфере роботостроения, IT-индустрии и цифровой трансформации из-за более высоких доходов и комфортных условий деятельности за рубежом. 4.Инерционность роботизации производства и инновационного менталитета в ряде отраслей	

## Продолжение таблицы В.7

Низкая (4-1)				
-----------------	--	--	--	--

(авторская разработка)

Полученные результаты показывают, что:

Угрозы, попавшие в поля ВР и ВК, представляют собой очень большую опасность для эффективного функционирования рынка роботостроения и требуют немедленного и обязательного устранения.

Угрозы, попавшие в поле СК и ВТ, также должны находиться в поле зрения и быть устранены в первостепенном порядке.

Угрозы, попавшие в поле СТ, требуют внимательного и ответственного подхода к их устранению.