Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет»

На правах рукописи

Ершова Елизавета Юрьевна

РАЗВИТИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НАЦИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Специальность 5.2.3. – Региональная и отраслевая экономика (экономика инноваций)

Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук

Научный руководитель:
доктор экономических наук, профессор
Колмыкова Татьяна Сергеевна

Курск, 2026

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 5
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НАЦИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ 15
1.1. Теоретический подход к исследованию аддитивных технологий в национальной инновационной системе 15
1.2. Факторы развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе 41
1.3. Концептуальная модель развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе 61
Выводы по 1-ой главе 87
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ К ОЦЕНКЕ ПОТЕНЦИАЛА АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НАЦИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ 88
2.1. Реализация первого этапа методического подхода к оценке потенциала аддитивных технологий на глобальном рынке 88
2.2. Реализация второго этапа методического подхода к оценке потенциала отрасли аддитивных технологий по материалам и готовой продукции 107
2.3. Реализация третьего этапа методического подхода к оценке развития аддитивных технологий в НИС России и их взаимосвязи с производствами. 128
Выводы по 2-ой главе 165
3. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИЕЙ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НАЦИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ 167
3.1. Систематизация методов оценки уровня развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе 167

3.2. Разработка методического подхода оценки уровня развития аддитивных технологий регионов национальной инновационной системы 181
3.3. Разработка организационно-экономического механизма развития аддитивных технологий региона 203
Выводы по 3 главе 242
Заключение 244
Список литературы 247
Приложения 278
Приложение А – информационное. Эволюция аддитивных технологий XIX-XX век. 279
Приложение Б – информационное. Нормативно-правовая база регулирования развития АТ 282
Приложение В – информационное. Затраты на инновационную деятельность по источникам финансирования и по видам деятельности в 2024 г. 287
Приложение Г – информационное. Организации, финансируемые ФД в 2024 г. 290
Приложение Д – информационное. Объем инновационных товаров, работ и услуг по уровню новизны и ВЭД в 2024 г. 291
Приложение Ж – информационное. Инновационные товары, работы, услуги, выполненные по муниципальным заказам в 2024 г. 293
Приложение З – информационное. Инновационные товары, созданные с использованием РИД российских правообладателей по ВЭД в 2024 г. 295
Приложение И – информационное. Экспорт инновационных товаров, работ, услуг по ВЭД в 2024 г. 297
Приложение К – информационное. Организации производители АТ по категориям в 2024 г. 299
Приложение Л - информационное. Предприятия Курской области, взаимодействующие с АТ, в 2024 г. 301

Приложение М – информационное. Динамика показателей развития аддитивных технологий в НИС по ЦФО в 2020-2023 гг. 307
Приложение Н – инфрмационное. Результаты расчета масштабированных показателей уровня развития АТ регионов ЦФО в 2021-2023 гг. 311
Приложение П – инфрмационное. Результаты расчетных значений частных показателей интегрального индекса уровня развития АТ регионов ЦФО в 2020-2023 гг. 315
Приложение Р – информационное. Анкета для оценки барьеров и потенциала внедрения аддитивных технологий на предприятии..... 319
Приложение С – информационное. Предприятия региона по уровням технологичности в 2025 г. 326
Приложении Т – информационное. Барьеры внедрения АТ на предприятиях Курской области..... 328
Приложение У– Перечень определений: полное название, аббревиатура и краткое пояснение..... 330

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В условиях санкционного давления и перехода к шестому технологическому укладу аддитивные технологии (далее – АТ) приобретают стратегическое значение как один из ключевых драйверов новой промышленной революции и фактор обеспечения технологического суверенитета России, что зафиксировано в Стратегии научно-технологического развития РФ. Однако внедрение АТ в России сдерживается комплексом системных проблем.

Во-первых, отсутствует целостное представление о месте АТ в национальной инновационной системе (далее – НИС), которые рассматриваются как изолированный технологический процесс, а не как сквозная технология, требующая единого контура управления.

Во-вторых, существующие экономические, кадровые, инфраструктурные барьеры носят разноуровневый характер, а меры поддержки – фрагментарны и не скоординированы на национальном, региональном и корпоративном уровнях.

В-третьих, для достижения целевых показателей отраслевой Стратегии развития АТ в НИС до 2030 года, таких как рост рынка АТ до 58,2 млрд руб., экспорта АТ – до 21,3 млрд руб., необходим объективный инструментарий оценки потенциала АТ. Анализ глобального рынка показывает, что стратегическими сегментами являются металлические порошки в размере 19,7% структуры рынка АТ и автоматизация постобработки – затраты до 25 % в 2024 году, однако в России сохраняется критическая зависимость от импорта. Выявление «точек входа» для импортозамещения требует нового методического подхода оценки потенциального развития АТ, интегрирующего глобальные, национальные и отраслевые вызовы АТ в НИС.

В-четвертых, развитие АТ характеризуется крайней неравномерностью в регионах, что определяет необходимость разработки методики

количественной оценки и дифференцированных стратегий управления развитием АТ в НИС для выравнивания инновационного ландшафта.

В-пятых, реализация национальных проектов «Кадры», «Экономика данных и цифровая трансформация государства» требует практической апробации организационно-экономического инструментария в регионах, который должен включать инновационные проекты, механизмы финансирования и показатели эффективности, позволяя трансформировать региональную экономику, создавать центры компетенций и обеспечивать переход от начального уровня к стадии развития АТ.

Таким образом, актуальность диссертации обусловлена объективной потребностью в научно-методическом обеспечении системного развития АТ как фактора технологического лидерства и укрепления НИС России в условиях глобальных вызовов.

Степень разработанности проблемы. Теоретические и прикладные аспекты развития аддитивных технологий являются предметом активных исследований современных ученых, что обусловлено признанием АТ в качестве одной из ключевых технологий обеспечения экономического суверенитета и технологического лидерства страны.

Значительный вклад в изучение теоретических основ развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе внесли такие ученые, как В. И. Абрамов, Е. А. Бессонова, С. Д. Бодрунов, М. В. Владыка, В. С. Воронов, О. Г. Голиченко, И. Г. Головцова, П. А. Дроговоз, М. Н. Дудин, Н. С. Ефимова, Т. С. Колмыкова, Н. А. Кравченко, Н. И. Лаврикова, Е. С. Митяков, Н. Н. Ползунова, А. А. Рудычев, В. Р. Смирнова, И. М. Степнов, Л. А. Третьякова, С. Г. Фалько, Е. Н. Чижова, В. В. Шаповалов, С. В. Шкодинский и другие.

Исследованием методологических основ развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе занимались такие ученые, как А. В. Бабкин, А. Е. Бром, А. Н. Брынцев, Н. Г. Верстина, Т. А.

Дубровина, Т. Н. Кисель, К. Б. Костин, Н. А. Кулагина, К. Ю. Кулаков, Д. Н. Лапаев, В. П. Мешалкин, Н. И. Суслов, И. В. Рыжов, А. А. Хачатурян и другие.

Проблемы организационно-экономического управления развитием АТ в НИС исследовали такие ученые, как С. И. Борталевич, А. В. Быстров, М. Я. Веселовский, Е. В. Генкин, Ю. А. Дорошенко, Ю. А. Ковальчук, В. А. Крюков, С. С. Кудрявцева, И. В. Сомина, Ю. И. Селиверстов, М. С. Старикова, А. С. Трошин, С. А. Филин, А. И. Шинкевич, А. Г. Юсупова и другие.

Несмотря на значительное количество публикаций, посвященных отдельным аспектам развития аддитивных технологий, ряд важных вопросов остается недостаточно разработанным. Необходимость восполнения пробелов развития АТ, потребность в разработке практического инструментария, обеспечивающего переход от фрагментарного стимулирования к системному развитию АТ в НИС, предопределили выбор темы, цель и задачи настоящего диссертационного исследования.

Цель диссертационного исследования состоит в развитии теоретических положений, разработке методического подхода и практических рекомендаций по интеграции аддитивных технологий в национальную инновационную систему, обеспечивающих переход от фрагментарного стимулирования к системному управлению развитием АТ.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. обосновать концептуальную модель развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе,

2. предложить оригинальную классификацию факторов, препятствующих развитию аддитивных технологий в национальной инновационной системе,

3. разработать трехэтапный методический подход к оценке потенциала аддитивных технологий в национальной инновационной системе,

4. разработать методику количественной оценки уровня развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе,

5. разработать организационно-управленческий инструментарий развития аддитивных технологий региона в национальной инновационной системе.

Объектом исследования является национальная инновационная система России, ее структурные элементы на макро-, мезо- и микроуровнях в рамках развития аддитивных технологий.

Предметом исследования является совокупность организационно-экономических и управленческих отношений, возникающих в процессе развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе, а также методы и инструменты оценки и управления интеграцией АТ в экономике на макро-, мезо- и микроуровнях.

Гипотеза исследования основана на предположении о том, что существующая фрагментарность развития АТ в России, проявляющаяся в разрыве между генерацией знаний и их коммерциализацией, а также в неравномерности регионального развития АТ, может быть преодолена путем формирования целостной системы управления, интегрирующей макро-, мезо- и микроуровни НИС в едином организационно-экономическом и цифровом контуре развития АТ. При этом ключевым условием эффективности такой системы является наличие замкнутого контура обратной связи, обеспечивающего трансляцию потребностей реального сектора экономики в АТ и корректировку мер государственной политики развития АТ.

Научная новизна заключается в решении научной проблемы обеспечения системного развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе, имеющей значение для достижения технологического лидерства государства.

Положения, выносимые на защиту:

1. обоснована концептуальная модель развития АТ в НИС, *отличающаяся* сквозным характером аддитивных технологий в рамках трехуровневого подхода НИС (макро-, мезо- и микроуровень) и взаимодействия участников развития АТ в едином аддитивном

производственно-цифровом контуре НИС: государства, науки, образования, производителей и потребителей АТ, *что позволяет* ускорить технологический суверенитет, снизить импортозависимость, увеличить кумулятивный эффект от развития АТ, повысить вовлеченность технологичных предприятий, а также адаптировать НИС к глобальным вызовам (пункт 7.6. Национальные инновационные системы, их структурные элементы и участники Паспорта специальности ВАК 5.2.3)

2. предложена оригинальная классификация факторов, препятствующих развитию аддитивных технологий в национальной инновационной системе, *отличающаяся* четырехкомпонентным составом (научно-технологический потенциал, внедрение и промышленная интеграция, инновационная инфраструктура, кадровый и образовательный потенциал) в трехуровневой структуре НИС, предложенным комплексом мер государственного регулирования, дифференцированных по уровням НИС, *что позволяет* обеспечить системный подход к преодолению барьеров, способствует эффективной интеграции аддитивных технологий на разных уровнях национальной инновационной системы (пункт 7.11. Проблемы коммерциализации инноваций и механизмы трансферта технологий Паспорта специальности ВАК 5.2.3);

3. разработан трехэтапный методический подход к оценке потенциала аддитивных технологий в НИС, *включающий* глобальный мониторинг, отраслевой анализ и национальную диагностику, что, в отличие от существующих фрагментарных оценок, обеспечивает комплексность, диагностичность, стратегическую направленность, *что позволяет* создавать необходимую аналитическую базу для разработки востребованного практикой организационно-управленческого инструментария, обеспечивающего переход к системному развитию аддитивных технологий в национальной инновационной системе (пункт 7.15. Проблемы обеспечения сбалансированного научно-технического и инновационного развития национальной экономики Паспорта специальности ВАК 5.2.3).

4. разработана методика количественной оценки уровня развития аддитивных технологий в регионах, *отличительными особенностями* которой является адаптация универсальной системы показателей к выявленной структуре факторов развития АТ; использование объективных статистических данных, обеспечивающих воспроизводимость и сопоставимость результатов; разработка шкалы интерпретации, расчет интегрального индекса уровня развития АТ регионов в структуре НИС, *что позволяет* ранжировать регионы, идентифицировать их принадлежность по уровням развития АТ, выявлять ключевые диспропорции в развитии научно-технологического, кадрового, инфраструктурного и производственного потенциалов регионов и обосновать рекомендации для органов управления развитием АТ в НИС (пункт 7.15. Проблемы обеспечения сбалансированного научно-технического и инновационного развития национальной экономики Паспорта специальности ВАК 5.2.3);

5. разработан организационно-управленческий инструментарий, обеспечивающий сопряжение региональной политики с приоритетами развития аддитивных технологий как критически-сквозной отрасли национальной инновационной системы, который, в отличие от существующих фрагментарных подходов, *включает* организационно-экономический механизм управления развитием АТ, интегрирующий трехуровневую структуру НИС, функциональные блоки которой взаимодействуют через единую цифровую платформу управления развитием АТ, выполняющую функцию «инновационного лифта», транслируя потребности и возможности региональной промышленности в задачи для развития отрасли АТ и обратно, внедряя отраслевые разработки АТ в реальный сектор экономики региона; и дорожную карту стратегической реализации АТ, содержащую детализированный план развития АТ региона, взаимоувязанные проекты по созданию инфраструктуры, подготовке кадров, пилотному внедрению и коммерциализации АТ, *что обеспечивает* синергию ресурсов, трансфер знаний и разработок в едином контуре управления и создает практический

алгоритм для трансформации региональной экономики, стимулирования спроса на продукцию отечественной аддитивной отрасли и укрепления технологического суверенитета НИС (пункт 7.6. Национальные инновационные системы, их структурные элементы и участники Паспорта специальности ВАК 5.2.3).

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии концептуальных положений экономики инноваций применительно к сфере аддитивных технологий, в частности, разработана концептуальная модель развития АТ в НИС, обоснована двойственная природа АТ как сквозных и критических технологий, что углубляет теоретические представления о роли и месте АТ в современном технологическом развитии; предложена оригинальная классификация факторов, препятствующих развитию аддитивных технологий, отличающаяся двухмерной структурой, что способствует развитию теоретических подходов к анализу барьеров инновационного развития, обогащает теоретические представления о механизмах координации и обратной связи в инновационных системах, иллюстрируя возможность адаптивного управления на основе трансляции данных с микроуровня на уровень государственной политики в НИС.

Практическая значимость исследования заключается в том, что разработанный трехэтапный методический подход к оценке потенциала АТ в НИС, методика количественной оценки уровня развития АТ в регионах, организационно-управленческий инструментарий, включающий организационно-экономический механизм управления развитием АТ и дорожную карту реализации развития АТ региона в НИС доведены до уровня конкретных рекомендаций и могут быть использованы: федеральными органами власти – при формировании стратегии развития АТ и распределении бюджетных средств; региональными министерствами – для диагностики, стратегического планирования и создания инновационной инфраструктуры АТ; промышленными предприятиями – для обоснования инвестиций в АТ и

участия в кооперационных проектах; университетами – для обновления образовательных программ и подготовки кадров под запросы НИС.

Методология и методы исследования. Методологической основой исследования является системный подход, дополненный эволюционным, институциональным и пространственным подходами, что позволило рассмотреть развитие АТ как многоуровневый процесс, интегрированный в структуру НИС. Для решения поставленных задач применялся комплекс методов исследования, включающий: общенаучные методы (анализ и синтез, сравнение, обобщение), экономико-статистические методы (анализ динамических рядов, структурный анализ), методы классификации и типологизации, методы многомерного сравнительного анализа, в частности, метод масштабирования, метод Плюты, методы стратегического планирования (дорожное картирование) и графической интерпретации данных.

Информационную базу исследования составили официальные данные Росстата и ЕМИСС, аналитические материалы международных отчетов Wohlers Report 2026, данные Ассоциации развития аддитивных технологий, НИУ ВШЭ, нормативно-правовые акты и стратегические документы РФ, а также результаты авторских расчетов и анализа открытых источников, таких как сайты вузов, предприятий, порталы вакансий.

Область исследования. Предметная область исследования соответствует пунктам 7.6. Национальные инновационные системы, их структурные элементы и участники, 7.11. Проблемы коммерциализации инноваций и механизмы трансферта технологий, 7.15. Проблемы обеспечения сбалансированного научно-технического и инновационного развития национальной экономики Паспорта специальности ВАК 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика (экономика инноваций).

Степень достоверности и апробация результатов исследования.

Степень достоверности обеспечивается использованием в качестве теоретической и методологической основы фундаментальных положений

теории инноваций, теории национальных инновационных систем; применением комплекса взаимодополняющих методов исследования, адекватных поставленным цели и задачам, включая методы статистического и сравнительного анализа, многомерного сравнительного анализа; репрезентативностью и достоверностью информационной базы, включающей официальные статистические данные; корректным применением математико-статистических методов обработки первичных данных при расчетах.

Основные теоретические и методические положения, а также практические результаты диссертационной работы представлены, обсуждены и получили положительную оценку на международной научно-практической конференции «Индустрия 4.0: инженерные и управленческие решения» (г. Минск, 2021 г.), I Международной научно-практической конференции «Власть, бизнес и общество в цифровой экономике: глобальный и национальный контексты» (Ставрополь, 2022 г.), XIII международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы экономики и агробизнеса» (Брянск, 2022 г.), X международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования в области экономики и финансов» (Орел, 2024 г.), X Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы экономики и управления: теоретические и прикладные аспекты» (Горловка, 2025 г.), XIV Международной научно-практической конференции «Счисляевские чтения: актуальные проблемы экономики и управления» (Санкт-Петербург, 2025 г.), Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы разработки и интеграции современных технологий» (Киров, 2026 г.), 8-й Всероссийской научно-практической конференции «Структурные преобразования экономики территорий: в поиске социального и экономического равновесия» (Курск, 2026 г.).

Теоретические и практические результаты настоящей диссертации приняты к использованию в практике Министерства промышленности, торговли и предпринимательства Курской области, Министерства

экономического развития, занятости населения и туризма Курской области, Министерства цифрового развития и связи Курской области, АНО «Ресурсный центр развития образования и занятости 2035», а также внедрены в учебный процесс Юго-Западного государственного университета для учебно-методического обеспечения направления подготовки 27.04.05 «Инноватика», направленность «Управление инновационными процессами» по дисциплинам «Управление инновациями», «Управление инновациями в высокотехнологичных отраслях», «Управление интеллектуальными ресурсами».

Научные публикации автора в полной мере отражают результаты диссертационного исследования. По теме исследования опубликована 21 работа, из них 9 статей в научных журналах, рекомендованных ВАК РФ. Общий объем – 32,2 печ. л., авторский – 6,44 печ. л.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, трех глав и заключения, списка использованных источников (246 наименования), 18 приложений. Общий объем работы составляет 277 страниц машинописного текста, включая 55 таблиц и 47 рисунков. Структура диссертации соответствует содержанию и логике исследования.

.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НАЦИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

1.1. Теоретический подход к исследованию аддитивных технологий в национальной инновационной системе

В Российской Федерации острой необходимостью экономического роста экономики и технологического лидерства в условиях санкций и глобальной технологической гонки является развитие аддитивных технологий (далее – АТ) в национальной инновационной системе (далее – НИС), вызванное внешними и внутренними (инновационный уровень технических и организационных решений) социально-экономическими факторами. Существующая недооценка необходимости «создания фабрик», основанных на цифровых аддитивных технологиях[1], что оказывает влияние на формирование единой НИС, производительность труда[2], экономический суверенитет, инновационное развитие[3] и цифровое технологическое лидерство[4] страны.

Как отмечено в предыдущих работах автора, «одна из основных проблем развития АТ в НИС заключается в том, что сильные НИОКР и слабое внедрение – это ключевое противоречие в адаптации аддитивных технологий в национальную инновационную систему»[5]. Риски «бумажного» импортозамещения[6], когда декларируется создание технологий, но реальные

[1] Диесперова, Н. А. Применение цифровых и аддитивных технологий в задачах новой индустриализации РФ / Н. А. Диесперова, К. В. Диесперов // Горизонты экономики. – 2022. – № 6(72). – С. 25-33.
[2] Чижова, Е. Н. Влияние организационно-технологических моделей производства «Фабрики будущего» на производительность труда / Е. Н. Чижова, М. В. Владыка, Г. Г. Балабанова // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. – 2023. – Т. 9, № 3. – С. 53-64. – DOI 10.18413/2408-9346-2023-9-3-0-4.
[3] Голиченко, О. Г. Пути совершенствования подходов новой эволюционной теории инновационного развития / О. Г. Голиченко // Друкеровский вестник. – 2020. – № 4(36). – С. 27-45. – DOI 10.17213/2312-6469-2020-4-27-45.
[4] Ковальчук, Ю. А. Цифровое технологическое лидерство бизнес-экосистем / Ю. А. Ковальчук, И. М. Степнов // Друкеровский вестник. – 2023. – № 2(52). – С. 44-54. – DOI 10.17213/2312-6469-2023-2-44-54.
[5] Ершова, Е. Ю. Оценка использования материалов аддитивных технологий в национальной инновационной системе / Е. Ю. Ершова // Инновации в менеджменте. – 2025. – № 3(45). – С. 50-57.
[6] Третьякова, Л. А. Перспективы преодоления технологических инновационных рисков в отраслевых социально-экономических системах / Л. А. Третьякова, Н. А. Азарова // Управленческий учет. – 2023. – № 12-2. – С. 546-553.

компетенции не развиваются, также тормозят развитие аддитивного производства. Необходимость «дорожной карты» вместо точечных мер – это структурированные предложения, которые должны быть разработаны в рамках организационно-экономического механизма управления развитием аддитивных технологий в НИС.

Автором в работе изучена эволюция понятийного аппарата и представлен сравнительный анализ определений АТ.

В современной экономической науке аддитивные технологии рассматриваются в различных контекстах: как совокупность технологических процессов, как новая отрасль промышленности[7], как инструмент цифровой трансформации[8][9], как элемент технологического уклада[10], как фактор технологического суверенитета[11][12], устойчивого развития НИС[13][14]. Многообразие подходов требует четкой систематизации и выработки авторской позиции, соответствующей цели настоящего исследования. В данном параграфе автором исследовано происхождение и значение термина «аддитивный».

[7] Бодрунов, С. Д. За пределами современного капитализма: знание, технологии, ноономика / С. Д. Бодрунов // Ноономика и ноообщество. Альманах трудов ИНИР им. С.Ю. Витте. – 2024. – Т. 3, № 3. – С. 13-26. – DOI 10.37930/2782-618X-2024-3-3-13-26.

[8] Васильев, Э. Р. Роль аддитивных технологий в развитии региональной экономики / Э. Р. Васильев // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2025. – № 4. – С. 206-213.

[9] Рудычев, А. А. Элементы цифровой трансформации экономики промышленной индустрии / А. А. Рудычев, М. В. Владыка, Т. В. Гончаренко // Финансовая экономика. – 2020. – № 10. – С. 274-276.

[10] Уманец, С. А. Аддитивные технологии как элемент современного технологического уклада / С. А. Уманец, С. Е. Катаев, С. В. Уманец // Актуальные вопросы современной экономики : Материалы VI Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург - Донецк - Витебск - Бишкек, 23–24 апреля 2025 года. – Санкт-Петербург: Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова, 2025. – С. 111-115.

[11] Бессонова, Е. А. Национальный экономический суверенитет в цифровую эпоху: региональный аспект / Е. А. Бессонова, А. О. Бабичев, Н. В. Жахов. – Курск : ЗАО «Университетская книга», 2025. – 318 с.

[12] Авилова, В. В. Промышленная интеллектуальная собственность как основа обеспечения технологического суверенитета страны: региональный уровень создания и введения в оборот / В. В. Авилова // Вопросы региональной экономики. – 2025. – № 3(64). – С. 11-16.

[13] Цифровизация экономических отношений как фактор устойчивого развития стран / В. И. Абрамов, И. В. Абрамов, А. В. Путилов, И. Трушиня // Вопросы инновационной экономики. – 2023. – Т. 13, № 2. – С. 615-636. – DOI 10.18334/vinec.13.2.117125.

[14] Митяков, С. Н. Синергия устойчивого развития, экономической безопасности и инновационных преобразований / С. Н. Митяков // Развитие и безопасность. – 2025. – № 2(26). – С. 4-16.

В рамках этимологии слово «аддитивный» происходит от латинского «additivus» (прибавляемый, добавляемый), которое, в свою очередь, образовано от глагола «addere» – «добавлять» (ad – «к», dare – «давать»).

В английский язык термин попал через научную латынь как «additive», а в русский – как калька с английского «additive manufacturing» (дословно – «добавляющее производство»).

Если рассматривать значение этого слова в производстве, то в контексте технологий «аддитивное» означает два основных понятия:

1. Послойное наращивание материала, в отличие от традиционных методов, где материал удаляется – например, при фрезеровании.
2. Создание объекта путем добавления, а не вычитания.

Если изучать употребление этого слова в других сферах, то помимо производства, слово «аддитивный» встречается в следующих науках:

- математике – аддитивная функция (свойство суммы: f(a+b)=f(a)+f(b);
- химии – аддитивные эффекты (когда свойства смеси равны сумме свойств компонентов).
- лингвистике – аддитивные морфемы (аффиксы, добавляемые к корню слова).

Термин «аддитивные технологии» впервые использован в 1984 году в контексте 3D-печати Чарльзом Халлом (Charles Walles Hall), создателем стереолитографии, в 2010-е годы – официально закреплен в стандарте ASTM F2792 в американском научном сообществе[15]. В 2020-е годы аддитивные технологии стали ключевым понятием в Индустрии 4.0 и цифровом производстве.

В цифровом технологическом производстве используется понятие именно «аддитивный», а не «аддиционный», так как «аддитивный» – технический термин, подчеркивающий процесс (как «аддитивная

15 ASTM F2792 Additive Manufacturing Technologies US Lab // Режим доступа: https://matestlabs.com/test-standards/astm-f2792/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

технология»), а «аддиционный» (от «аддиция») – это математический/химический термин (например, «аддиционная реакция»)[16].

Итак, дефиниция «аддитивный» – латинского происхождения, означает «добавляемое» и подчеркивает ключевую особенность технологий 3D-печати: создание изделий путем добавления материала, а не его удаления.

Далее автором проведен сравнительный анализ определений «аддитивные технологии» в интерпретации разных современных ученых и исследователей с выделением ключевых аспектов и авторских акцентов.

Группа ученых А. В. Жданов, Л. В. Беляев и Д. О. Кочетов к основным элементам аддитивных технологий относят «совокупность технологических методов и процессов послойного синтеза объектов на основе цифровых 3D-моделей»[17]. Они акцентируют внимание специалистов на процессуальности или послойном синтезе, на цифровой основе 3D-модели как исходного процесса, на универсальности применения. Считаем, что в такой трактовке прослеживается научный вклад авторов в развитие АТ, четкое разделение АТ и традиционных субтрактивных или формовочных методов.

Исследователи И. Д. Белоновская, А. И. Сердюк, Е. М. Езерская, К. С. Романенко выделяют следующие ключевые аспекты АТ: «группа технологий для построения объектов на основе CAD-моделей... путем постепенного добавления материала»[18]. В своей работе они уделяют особое внимание основным принципам развития АТ, таким как принцип аддитивности или создание «с нуля», двойной контроль в рамках геометрии и состава материала, преимущество сложной геометрии без оснастки. Разделяем авторскую точку зрения и считаем, что научный вклад ученых состоит в подробном объяснении

---

[16] Вержаковская, М. А. Технологии аддитивного производства как наиболее приоритетные современные цифровые технологии / М. А. Вержаковская, В. Ю. Аронов, В. А. Осанов // Инновации. – 2018. – № 7(237). – С. 23-27.

[17] Жданов, А. В. Использование аддитивных технологий при создании искусственных желудочков сердца / А. В. Жданов, Л. В. Беляев, Д. О. Кочетов // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2016 : Доклады XII Международной научной конференции с научной молодежной сессией, Владимир-Суздаль, 05–07 июля 2016 года. Том Книга I. – Владимир-Суздаль: Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2016. – С. 220-221.

[18] Аддитивные технологии в целевом обучении студентов инженерно-технических направлений подготовки / И. Д. Белоновская, А. И. Сердюк, Е. М. Езерская, К. С. Романенко. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2018. – 116 с.

философии аддитивности через противопоставление: консервативные, субтрактивные методы требуют внешней оснастки, тогда как в АТ следует прямое формообразование без ограничений.

Абрамов И.В. и Абрамов В.И. в научных статьях определяют аддитивные технологии как «технологии Индустрии 4.0, создающие детали сложной формы путем добавления материала слоями»[19] [20]. Развитие аддитивных технологий авторы связывают с Индустрией 4.0 и акценты делают на кастомизации как конкурентном преимуществе, на контрасте с традиционными методами, когда происходит удаление материала. Уверены, что научный вклад ученых заключается в экономико-технологическом парадоксе:

АТ= ↑Сложность геометрии + ↑Кастомизация = ↓Себестоимость (1)

Армашова-Тельник Г.С., Соколова П. Н. и Дегтерев Д. придерживаются мнения, что аддитивные технологии – это «ядро шестого технологического уклада, расширяющее горизонты инновационных проектов»[21]. Исследователи уверены, что аддитивные технологии имеют революционный статус, который выражается в разрыве с традиционной инженерией, системный эффект во взаимосвязи с искусственным интеллектом, нанотехнологиями. Развитие аддитивных технологий позволяет преодолеть ограничения классических методов. Автор разделяет точку зрения ученых в позиционировании АТ как кросс-отраслевого катализатора для прорывных решений.

В официальном документе программно-целевого планирования РФ «Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года» выделено такое «ключевое направление развития аддитивных технологий, как отрасль экономики, включающая разработку и

[19] Абрамов, И. В. Бизнес-модели с использованием аддитивных технологий: особенности и возможности / И. В. Абрамов, В. И. Абрамов // Цифровая экономика: перспективы развития и совершенствования : Сборник научных статей 3-й Международной научно-практической конференции, Курск, 30 июня 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 17-23.

20 Абрамов, И. В. Центры аддитивных технологий - драйверы цифровой трансформации экономики / И. В. Абрамов, В. И. Абрамов // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 1325-1344.

21 Армашова-Тельник, Г. С. Аддитивные технологии: новационный эффект в промышленности / Г. С. Армашова-Тельник, П. Н. Соколова, Д. В. Дегтерев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82, № 4(86). – С. 347-353.

производство аддитивного оборудования, комплектующих, материалов, услуг и инжиниринга»[22]. Акценты в Стратегии развития АТ расставлены на макроэкономический подход, где АТ планируется развивать как отрасль), а также на инфраструктурные компоненты: такие, как оборудование, ПО, материалы, на интеграцию инжиниринга и услуг. Автор считает, что данное определение не отражает технологическую сущность АТ, фокусируясь на рыночном сегменте.

Все исследованные определения «аддитивные технологии» классифицированы и представлены в виде сравнительной матрицы (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная матрица определений «аддитивные технологии»

Критерий/ Ученый	Сущность АТ	Ключевой принцип	Основа	Главное преимущество	Контекст
А. В. Жданов, Л. В. Беляев, Д. О. Кочетов	Технологические процессы	Послойный синтез	Цифровые модели	Универсальность	Технический
И. Д. Белоновская, А. И. Сердюк, Е. М. Езерская, К. С. Романенко	Группа технологий	Добавление материала	CAD/ сканирование	Свобода геометрии	Производственный
И. В. Абрамов, В. И. Абрамов	Производственный метод	Слоевое наращивание	3D-модели	Кастомизация	Индустрия 4.0
Г. С. Армашова-Тельник, П. Н. Соколова, Д. В. Дегтерев	Технологический уклад	Инновационный инструмент	Шестой техноуклад	Прорывные решения	Научно-технологическая революция
Стратегия 2030	Отрасль экономики	Не указан	Инфраструктура	Экономический сектор	Национальная экономика

Источник: составлено автором

На основании исследуемых определений развития АТ, можно сделать следующие выводы:

22 Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2021 г. N 1913-р (ред. от от 21.10.2024). Режим доступа: http://government.ru/docs/all/135700 (Дата обращения 21.03.2026 г.).

1. Эволюция трактовок термина «аддитивные технологии» прослеживается от узкотехнических (И. Д. Белоновская, А. И. Сердюк, Е. М. Езерская, К. С. Романенко[23]) до экономико-технологических (Стратегия-2030[24], И. В. Абрамов, В. И. Абрамов[25]). Сдвиг аддитивных технологий от «3D-печати» к системной роли аддитивного производства в НТР (Армашова-Тельник[26]).

2. Общие черты научных подходов к трактовке термина «аддитивные технологии» прослеживаются в том, что все исследователи подчеркивают цифровую природу АТ, то есть CAD-модели как основа развития АТ, а также единство в противопоставлении традиционным субтрактивным или формовочным методам.

3. Различия научных подходов трактовки термина АТ состоят в том, что аддитивные технологии рассматриваются как технологический процесс, как отрасль экономики, инструмент инновационного развития, ядро технологического уклада.

4. Проблемные зоны включают отсутствие в программно-целевых документах упора на принципиальную инновационность АТ, в академических определениях – акцент сделан на инфраструктуре[27], на недооценке рисков, таких как импортозависимость, кадры[28].

В целях уточнения места аддитивных технологий в НИС автором разработана классификация видов АТ, учитывающая их функциональные

---

[23] Аддитивные технологии в целевом обучении студентов инженерно-технических направлений подготовки / И. Д. Белоновская, А. И. Сердюк, Е. М. Езерская, К. С. Романенко. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2018. – 116 с.

[24] Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2021 г. N 1913-р (ред. от от 21.10.2024). Режим доступа: http://government.ru/docs/all/135700 (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[25] Абрамов, И. В. Центры аддитивных технологий - драйверы цифровой трансформации экономики / И. В. Абрамов, В. И. Абрамов // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 1325-1344.

[26] Армашова-Тельник, Г. С. Аддитивные технологии: новационный эффект в промышленности / Г. С. Армашова-Тельник, П. Н. Соколова, Д. В. Дегтерев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82, № 4(86). – С. 347-353.

[27] Головцова, И. Г. Национальная инфраструктура как элемент устойчивого развития Российской Федерации / И. Г. Головцова, И. А. Потапенко // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 7, № 5(146). – С. 57-64. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2024.05.07.006.

[28] Буга, А. В. Современные драйвера в цифровых технологиях: аддитивное производство / А. В. Буга, Р. Р. Версоцкий, А. А. Куприн // Экономика и управление народным хозяйством (Санкт-Петербург). – 2020. – № 11(13). – С. 76-82.

особенности и взаимосвязи с технологической структурой производственных комплексов в зависимости от цели назначения, от сырья и материалов, от состояния материала, от процесса производства, то есть их место в технологической структуре производства (рисунок 1).

Для дальнейшего исследования АТ необходимо подробнее охарактеризовать основные группы аддитивных технологий, представленные на рисунке 1.

Экструзия материала (MEX) – самая массовая технология, аналогичная работе «клеевого пистолета»: расплавленный пластик выдавливается через сопло и застывает слоями. Типичный пример – настольные FDM-принтеры с технологитей послойного наплавления пластиковой нитью (FDM) и прямого подвода энергии для металлов (DED).

Фотополимеризация в ванне (VPP) – печать жидкой смолой, которая затвердевает под действием света (лазера, проектора или ЖК-экрана). Обеспечивает высокую детализацию и гладкую поверхность.

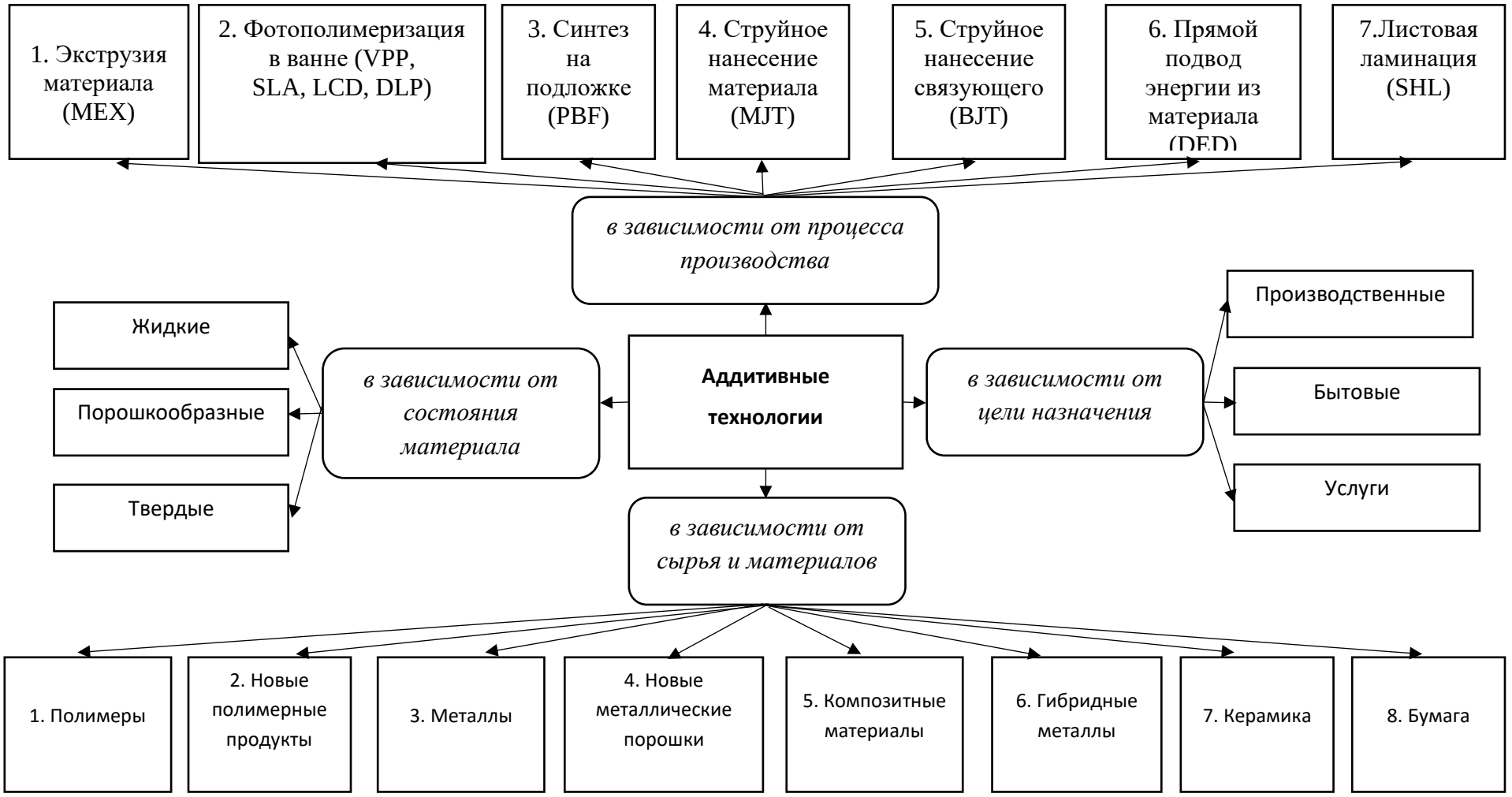
Синтез на подложке (PBF) – промышленная технология, при которой лазер или электронный луч плавит тонкий слой порошка (металлического или полимерного) в «ванне». Используется для ответственных деталей в авиации и медицине.

Струйные технологии (BJT, MJT) – похожи на работу струйного принтера, только вместо чернил распыляется связующее (BJT) или сам материал (MJT).

Прямой подвод энергии (DED) – наплавка металла с помощью лазера или дуги, часто используется для ремонта крупногабаритных деталей.

Листовая ламинация (SHL) – склеивание или сварка листов материала (бумаги, металла, пластика) с последующей вырезкой контура.

Полный перечень аббревиатур АТ с пояснениями вынесен в Приложение У (Перечень определений).



Источник: составлено автором

Рисунок 1 – Классификация видов аддитивных технологий в национальной инновационной системе

Далее автором проведен компаративный анализ определения «аддитивное производство» (далее – АП) на основе исследования научных трудов по аддитивному производству в НИС (таблица 2).

Изучив мнения современных ученых, автором выделены общие черты дефиниции «АП»: послойное построение; использование CAD-моделей и автоматизация числового программного управления; противопоставление традиционным «вычитающим» методам.

Автором выявлены определенные различия в акцентах аддитивного производства, которые заключаются в следующем:

- технико-технологическая специфика АП (ASTM[29], М. А. Вержаковская, В. А. Дресвянников[30]) – роль CAD и оборудования;
- экономико-управленческая специфика АП (В.И. Абрамов[31], И.С. Кушнир, А. П. Адылина, Т. А. Левина[32], С. А. Полухина, М. Е. Волков, В. А. Марков[33]) – эффективность, качество, кадры;
- инновационно-отраслевая специфика АП (К.И. Закиров[34] – аэрокосмос, С. А. Мурадов[35] – строительство, В.В. Гордеев[36]).

[29] ASTM F2792 Additive Manufacturing Technologies US Lab // Режим доступа: https://matestlabs.com/test-standards/astm-f2792/ (Дата обращения 21.05.2025 г.).
[30] Дресвянников, В. А. Аддитивные технологии как технологическая инновация: понятие, содержание, анализ развития / В. А. Дресвянников, Е. П. Страхов // Экономика и менеджмент инновационных технологий. – 2018. – № 1(76). – С. 6.
[31] Абрамов, И. В. Управление цифровым аддитивным производством: особенности и перспективы / И. В. Абрамов // Экономика и управление. – 2023. – Т. 29, № 5. – С. 574-580.
[32] Кушнир, И. С. Оценка применимости и шаги внедрения метода «Шесть сигм» в систему менеджмента качества аддитивного производства / И. С. Кушнир, А. П. Адылина, Т. А. Левина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – Т. 25, № 3. – С. 296-307.
[33] Полухина, С. А. Актуальные экономические аспекты внедрения аддитивных технологий в современное производство / С. А. Полухина, М. Е. Волков, В. А. Марков // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 5(64). – С. 319-323.
[34] Закиров, К. И. Аддитивные технологии в аэрокосмической промышленности / К. И. Закиров // Современные машиностроительные системы, технологии и инновации : Сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Воронеж, 06 марта 2025 года. – Воронеж: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 115-118.
[35] Мурадов, С. Использование аддитивных технологий в строительстве / С. Мурадов, О. В. Воронкова // Перспективы науки. – 2025. – № 2(185). – С. 52-56.
[36] Гордеев, В. В. Приоритеты цифровой трансформации фармацевтики / В. В. Гордеев, В. И. Абрамов // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 1131-1146.

Таблица 2 – Сравнительная оценка определений «аддитивное производство» по источникам современной отечественной научной литературы

	Автор/Источник	Определение АП	Ключевые особенности	Сравнительная оценка
1	1. Технико-технологическая специфика АП			
1.1	ASTM F2792. 1549323-1 Standard37	Additive Manufacturing (AM), Additive Fabrication (AF) и другие технологии послойного синтеза	Множество синонимичных терминов (AM, AF, Layer Manufacturing и др.) Основной принцип – послойное построение.	Стандартизированный подход, признание вариативности терминологии
1.2	Вержаковская М. А. и др. (2018)38	Создание объектов послойно на основе CAD-данных, отличие от традиционных методов	Послойное наращивание вместо удаления материала. Использование САПР.	Инновационность, подчеркивает революционность технологии в сравнении с классическими методами
1.3	Дресвянников В. А., Страхов Е. П. (2018)39	3D-печать, АМ – послойное наращивание по CAD-моделям под управлением ЧПУ	Автоматизация производства. Широкая сфера применения	Зависимость от цифровых моделей и ПО, делает акцент на технологическую составляющую и универсальность АП
2	2. Экономико-управленческая специфика АП			
2.1	Абрамов И. В. (2023)40	АП как ключевой элемент Индустрии 4.0, обеспечивающий экономичность и децентрализацию	сокращение времени производства новые требования к инженерам (аналитика данных, многозадачность	повышение рентабельности делает упор на экономические и управленческие аспекты, интеграцию в цифровую экономику

37 Стандарт ASTM F2792.1549323-1 Standard. Режим доступа: file:///C:/Users/vushi/Downloads/Pos-sibilities_and_limitations_of_titanium_alloy_ad.pdf (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[38] Вержаковская, М. А. Технологии аддитивного производства как наиболее приоритетные современные цифровые технологии / М. А. Вержаковская, В. Ю. Аронов, В. А. Осанов // Инновации. – 2018. – № 7(237). – С. 23-27.

[39] Дресвянников, В. А. Классификация аддитивных технологий и анализ направлений их экономического использования / В. А. Дресвянников, Е. П. Страхов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2018. – № 2(26). – С. 16-28.

40 Абрамов, И. В. Управление цифровым аддитивным производством: особенности и перспективы / И. В. Абрамов // Экономика и управление. – 2023. – Т. 29, № 5. – С. 574-580.

Продолжение таблицы 2

	Автор/Источник	Определение АП	Ключевые особенности	Сравнительная оценка
2.2	Кушнир И. С. А. П. Адылина, Т. А. Левина. (2024)41	Высокая гибкость дизайна и функциональности при сокращении времени производства	Проблемы с управлением качеством. Предложение внедрить метод «Шесть сигм» (DMAIC).	Критический взгляд на ограничения АП, предложение улучшений через стандартизацию.
2.3	С. А. Полухина, М. Е. Волков, В. А. Марков (2024)42	Противоположность «вычитающим» технологиям (механообработке), создание объекта на основе 3D-модели (CAD) послойно	Контраст с традиционными методами (не удаление, а добавление материала) Обязательное использование CAD-моделей, послойность	Акцент на противопоставление классическим методам, подчеркивается роль цифрового проектирования
3	3. Инновационно-отраслевая специфика АП			
3.1	Гордеев В. В., Абрамов В. И. (2022)43	Технологии, позволяющие создавать изделия с заданными свойствами (геометрия, пористость, состав).	Контроль индивидуальных характеристик продукта, децентрализация производства, компактность оборудования	Особое внимание – персонализированному производству (например, в фармацевтике).
3.2	Закиров К. И. (2025)44	Построение детали путем добавления слоев до готового изделия	Постепенное формирование объекта, применение в аэрокосмической отрасли.	Узкоспециализированный взгляд, преимущества для сложных отраслей.
3.3	Мурадов С., Воронкова О. В. (2025)45	Революция в производстве: послойное наращивание на 3D-принтере по CAD-моделям	Автоматизация, ЧПУ, гибкость производства	Применение в строительстве, подчеркивает трансформационный потенциал АП в новых сферах

Источник: составлено автором

[41] Кушнир, И. С. Оценка применимости и шаги внедрения метода «Шесть сигм» в систему менеджмента качества аддитивного производства / И. С. Кушнир, А. П. Адылина, Т. А. Левина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – Т. 25, № 3. – С. 296-307.

[42] Полухина, С. А. Актуальные экономические аспекты внедрения аддитивных технологий в современное производство / С. А. Полухина, М. Е. Волков, В. А. Марков // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 5(64). – С. 319-323.

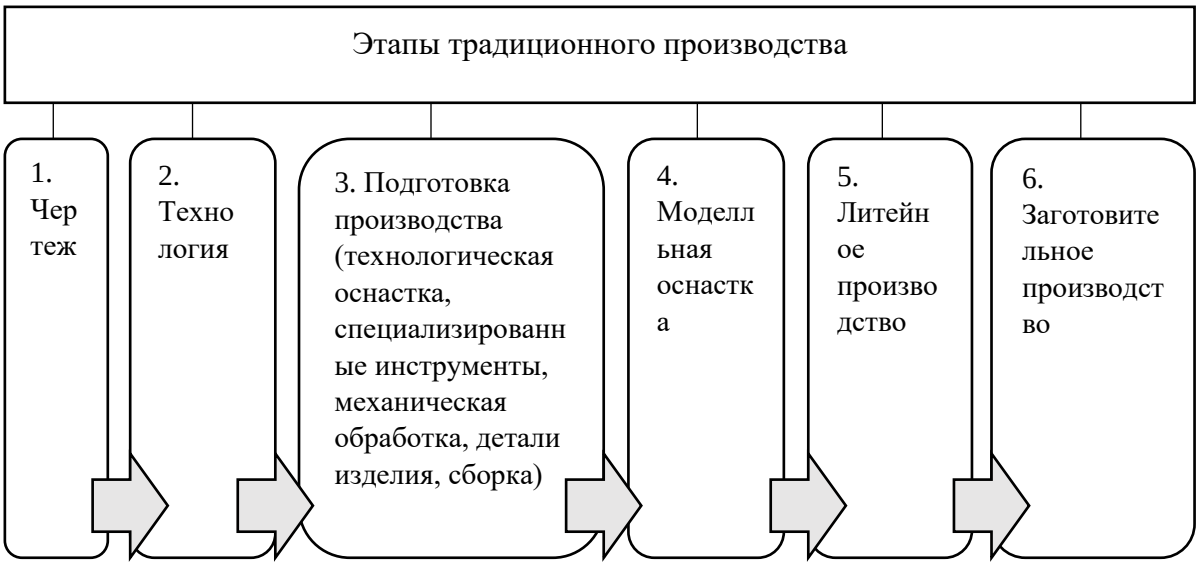
[43] Гордеев, В. В. Приоритеты цифровой трансформации фармацевтики / В. В. Гордеев, В. И. Абрамов // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 1131-1146.

[44] Закиров, К. И. Аддитивные технологии в аэрокосмической промышленности / К. И. Закиров // Современные машиностроительные системы, технологии и инновации : Сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Воронеж, 06 марта 2025 года. – Воронеж: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 115-118.

[45] Мурадов, С. Использование аддитивных технологий в строительстве / С. Мурадов, О. В. Воронкова // Перспективы науки. – 2025. – № 2(185). – С. 52-56.

В проведенном анализе прослеживается эволюция взглядов на развитие аддитивного производства: в ранних работах до 2021 года исследователи делают упор на технологические основы[46], в современных научных трудах 2023–2025 гг. ученые рассматривают АП в контексте цифровизации, управления и нишевого применения АТ.

Таким образом, «аддитивное производство» определяется через три ключевых аспекта: цифровое моделирование, послойность, инновационность[47]. Интерпретация варьируется в зависимости от сферы анализа, такой, как техника, экономика, инновации в отрасли. Этапы традиционного и аддитивного производства представлены на рисунках 2 и 3.

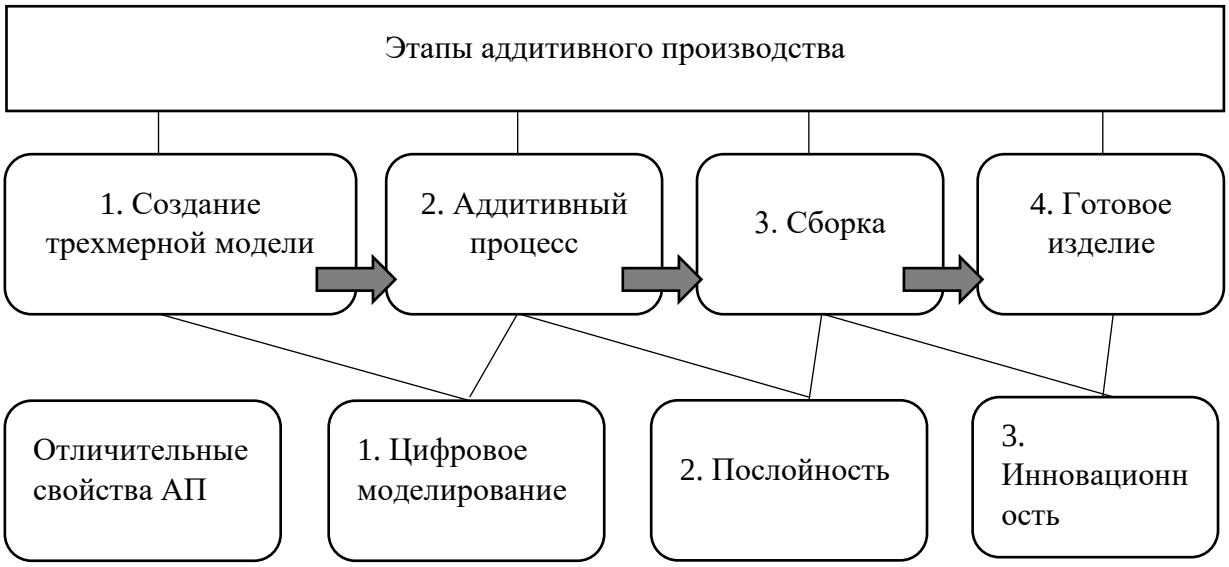


Источник: составлено автором

Рисунок 2 – Этапы традиционного производства как процесса

[46] Валиуллина, Д. А. Аддитивные технологии: анализ научной деятельности по исследуемому направлению / Д. А. Валиуллина // Аллея науки. – 2020. – Т. 1, № 6(45). – С. 814-818.

[47] Полухина, С. А. Актуальные экономические аспекты внедрения аддитивных технологий в современное производство / С. А. Полухина, М. Е. Волков, В. А. Марков // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 5(64). – С. 319-323.



Источник: составлено автором

Рисунок 3 – Этапы аддитивного производства как процесса

При сравнении этапов традиционного и аддитивного производства уточнение и детализация деятельности на каждом этапе представлено в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Этапы традиционного производства и их содержание

	Название этапа	Функционал этапа	Подробности этапа
1	Чертеж	Разработка конструкторской документации	Создание 2D-чертежей с размерами, допусками, шероховатостями Утверждение технических условий (ТУ)
2	Технология	Планирование производственного процесса	Выбор методов обработки – токарная, фрезерная, литье и т.д. Разработка маршрутных карт
3	Подготовка производства	Изготовление оснастки и инструментов	Проектирование и создание пресс-форм, штампов, кондукторов. Закупка или настройка станков – ЧПУ, гибочные и др.
4	Модельная оснастка	Изготовление моделей для литья	Производство деревянных, металлических или пластиковых моделей Подготовка литейных форм – песчаные, керамические
5	Литейное производство	Получение заготовок литьем	Плавка металла, заливка в формы. Охлаждение, извлечение отливок, очистка
6	Заготовительное производство	Механообработка заготовок	Токарная, фрезерная, шлифовальная обработка. Доводка размеров до чертежа
7	Сборка	Компоновка деталей в изделие	Сварка, клепка, склейка, болтовые соединения. Контроль качества сборки

Источник: составлено автором

Таблица 4 – Этапы аддитивного производства и их содержание

	Название этапа АП	Функционал этапа АП	Подробности этапа АП
1	Создание 3D-модели	Разработка цифровой модели	Использование CAD (SolidWorks, Fusion 360, Blender); оптимизация геометрии, устранение ошибок, поддержки
2	Подготовка к печати	Настройка оборудования	Выбор материала – пластик, металл, керамика. Нарезка модели на слои – слайсинг
3	Аддитивный процесс	Послойное выращивание изделия	Лазерное спекание (SLM, SLS), наплавление пластиковой нитью (FDM) и прямого подвода энергии для металлов (DED), стереолитография (SLA), контроль t, скорости подачи материала
	Пост-обработка	Улучшение характеристик детали	Удаление поддержек, шлифовка, полировка Термообработка (для металлов), покраска
	Сборка (если требуется)	Компоновка сложных изделий	Соединение нескольких напечатанных узлов, Интеграция с традиционными деталями
6	Готовое изделие	Контроль качества	3D-сканирование, проверка на соответствие CAD-модели; испытания на прочность, точность.

Источник: составлено автором

Затем автором выявлены преимущества и недостатки аддитивного производства по сравнению с традиционным (таблица 5, 6). В результате можно отметить, что аддитивное производство выигрывает в скорости (прототипы за час), сложных геометриях (полости, решетки), гибкости (быстрая кастомизация), но традиционные методы для массового производства дешевле из-за высокой точности, широкого выбора материалов.

Таблица 5 – Преимущества аддитивного производства по сравнению с традиционным производством

	Критерий	Аддитивное производство	Традиционное производство
1	Скорость прототипирования	Часы–дни	Недели–месяцы (из-за оснастки)
2	Сложность геометрии	Можно создавать полости, решетки, бионические формы	Ограничено возможностями мехобработки
3	Отходы материала	Минимальные (только поддержки)	До 60–90% (стружка, обрезки)
4	Кастомизация	Легко изменить модель без переоснастки	Дорогая перенастройка
5	Логистика	Можно печатать на месте (децентрализация)	Зависимость от заводов и поставщиков
6	Эксперименты	Быстро тестировать новые конструкции	Дорогие и долгие изменения

Источник: составлено автором

Таблица 6 – Недостатки аддитивного производства по сравнению с традиционным производством

	Проблема	Аддитивное производство	Традиционное производство
1	Себестоимость при массовом выпуске	Дороже (медленнее, материалы)	Дешевле (экономия на масштабе)
2	Прочность и качество	Анизотропия (слоистая структура)	Однородная структура
4	Ограничения по материалам	Не все металлы/пластики подходят	Любые материалы (сталь, титан, медь)
5	Размер изделий	Ограничено камерой печати	Нет жестких ограничений

Источник: составлено автором

Сравнительный экономический анализ АТ и традиционных субтрактивных методов производства позволяет автору сделать вывод о том, что применение АТ дает максимальный экономический эффект в сложных, мелкосерийных[48], кастомизированных изделиях, в то время как традиционные методы пока остаются вне конкуренции в массовом производстве, высокоточной механике, крупногабаритных изделиях.

Проведенный анализ в таблицах 5–6 позволяет дифференцировать типы производств по эффективности внедрения аддитивных технологий, поэтому необходимо уточнить границы экономической целесообразности применения АТ.

Наиболее эффективно внедрение АТ в зоне “технологического прорыва” – это мелкосерийное (до 500–1000 шт.) и штучное производство, а также изделия с высокой сложностью геометрии (решетчатые структуры, конформные каналы). Здесь АТ выигрывают за счет отсутствия оснастки и возможности быстрой итерации дизайна. Именно для этого сегмента справедлив экономический парадокс «сложность = снижение себестоимости».

Условно эффективно внедрение АТ в зоне “гибридных решений” – это среднесерийное производство (1000–5000 шт.). Здесь оптимален гибридный

[48] Повышение эффективности изготовления деталей в мелкосерийном производстве за счет использования аддитивных технологий / Е. Б. Щелкунов, М. Е. Щелкунова, А. А. Акулина, Е. А. Рубан // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2026. – № 2(791). – С. 53-60.

подход, то есть АТ для прототипов и оснастки, традиционные методы – для чистовой обработки и масштабирования базовых деталей.

Экономически нецелесообразно внедрение АТ в зоне “традиционного лидерства” – это крупносерийное и массовое производство (свыше 5000–10000 шт.). Здесь традиционные методы (литье под давлением, штамповка) обеспечивают минимальную себестоимость за счет эффекта масштаба, а низкая скорость послойного синтеза и стоимость материалов делают АТ неконкурентоспособными. Исключение составляют лишь уникальные высокомаржинальные ниши (например, медицинские импланты или детали для аэрокосмоса), где цена продукта многократно превышает издержки на его производство.

Следовательно, в современных условиях оптимальный подход производства – гибридный[49], то есть АП – для прототипов, сложных деталей, мелкосерийных изделий, традиционные методы – для массового выпуска и высоконагруженных узлов.

Аддитивное производство за последние 10-15 лет превратилось из экспериментальной технологии в ключевой элемент современной промышленности. Однако его роль неоднозначна: в одних сферах оно революционизирует производство, в других – остается дополнением к традиционным методам. Автором представлены отрасли, в которых аддитивное производство критически важно (таблица 7).

Исследуя место АТ в структуре современного промышленного производства, автором подчеркивается, что использование АТ – это не замена, а дополнение и расширение возможностей, инструмент для решения задач, которые традиционными методами не решаются или решаются слишком дорого.

[49] Гибридные технологии и оборудование аддитивного синтеза изделий / А. В. Киричек, О. Н. Федонин, А. В. Хандожко [и др.] // Наукоемкие технологии в машиностроении. – 2022. – № 8(134). – С. 31-38.

Таблица 7 – Место аддитивного производства в отраслях промышленности

	Отрасль	Преимущества АП	Примеры использования АП в России
1	Авиа-космическая и оборонная промыш-ленность	Снижение веса деталей (решетчатые структуры, топологическая оптимизация). Быстрое производство сложных узлов (турбинные лопатки, элементы двигателей). Меньше отходов дорогих материалов (титан, инконель)	GE Aviation печатает топливные форсунки для двигателей, сокращая детали с 20 до 1. SpaceX использует 3D-печать для компонентов ракет (SuperDraco)
2	Медицина	Персонализированные импланты (челюсти, тазобедренные суставы). Биопечать тканей и протезов.	Слуховые аппараты на 3D-принтерах. В 2023 году впервые напечатали человеческое ухо из живых клеток
3	Автомобиле-строение (премиум и гоночные авто)	Легкие детали для электромобилей (увеличение запаса хода). Кастомизированные элементы интерьера. Быстрый ремонт редких запчастей	Bugatti использует 3D-печать для титановых тормозных суппортов. Local Motors печатает кузов автомобиля за 24 часа.
4	Мелко-серийное и штучное производство	Нет затрат на оснастку (экономия на малых партиях). Возможность быстрой итерации дизайна[50]	Ювелирные изделия, дизайнерская мебель, прототипы электроники
5	Строительство (3D-печать зданий)	Сокращение сроков и стоимости строительства, снижение отходов, архитектурная свобода	АМТ-Спецавиа – печать домов в Ярославле; ООО «Лаборатория 3D-печати» – печать элементов инфраструктуры
	Биоинженерия (биопринтинг)	Быстрое прототипирование хирургических инструментов Персонализированные импланты из живых тканей, биосовместимость, снижение риска отторжения	НИИ трансплантологии им. Шумакова – биопечать хрящевой ткани; 3D Bioprinting Solutions – биопринтер для щитовидной железы

Источник: составлено автором[51]

Традиционное производство пока доминирует в массовых изделиях из металла и пластика из-за высокой скорости традиционных методов (литье под

[50] Чжэн С. Применение аддитивных технологий в промышленном дизайне / С. Чжэн, Ц. Сюн, Ю. В. Назаров // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник РГХПУ им. С.Г. Строганова. - 2022. - № 4-2. - С. 257-270.

51 Гавриленко, Т. В. Состояние и основные проблемы развития аддитивных технологий / Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов, В. А. Востров // Успехи кибернетики. – 2024. – Т. 5, № 2.

давлением, штамповка); низкой себестоимости при больших тиражах (корпуса смартфонов, пластиковая посуда, автомобильные кузова).

В высокоточной механике массово не используют АП, так как недостатком является ограниченная точность 3D-печати (±0,1 мм против ±0,01 мм числового программного управления) и анизотропия, то есть неравномерная прочность слоев (подшипники, шестерни, прецизионные валы). В крупногабаритных конструкциях пока не используют АП из-за ограничений по размеру камеры печати, дороговизне печати больших металлических деталей (корабельные гребные винты, мостовые конструкции).

К числу ключевых трендов, усиливающих роль АП, можно отнести следующие:

1. Цифровая трансформация экономики. Цифровые двойники – это изделия, которые проектируются и тестируются в виртуальной среде, затем печатаются[52]. Децентрализация – производство ближе к потребителю, например, печать запчастей на месте.

2. Гибридные технологии – это комбинация АП и числового программного управления. Печать заготовки с последующей механической обработкой (например, Siemens Energy печатает турбинные лопатки, затем полирует их на станках).

3. Новые материалы – это высокопрочные сплавы (титан, жаропрочные никелевые сплавы); композиты (углепластик, графеновые добавки).

В работе автором определена роль АТ в контексте Индустрии 4.0 и цифровой трансформации в рамках интеграции с числовым программным управлением, цифровыми двойниками, искусственным интеллектом и сделан вывод, что АТ – это не изолированная технология, а часть цифровой системы производства[53].

---

[52] Хомяков, Н. В. Концепция виртуального контроля качества деталей при аддитивном производстве на основе цифрового двойника / Н. В. Хомяков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2024. – Т. 22, № 2. – С. 163-169.

[53] Трофимова, Н. Н. Преимущества и недостатки внедрения инновационной технологии аддитивного 3D-производства на современных промышленных предприятиях в условиях перехода к Индустрии 4.0 / Н. Н. Трофимова // Вестник Академии. – 2021. – № 4. – С. 58-64.

Числовое программное управление (далее – ЧПУ) – это система автоматического управления станками (токарными, фрезерными, шлифовальными и др.), где все операции выполняются по заранее заданной программе, закодированной в числовом виде. Основные принципы работы ЧПУ:

1. создание модели подразумевает, что деталь проектируется в CAD-программе (например, AutoCAD, SolidWorks);

2. генерация управляющей программы (G-код), то есть CAM-система, например, Mastercam, Fusion 360, преобразует 3D-модель в набор команд для станка;

3. загрузка программы в станок означает, что оператор загружает код в контроллер ЧПУ через USB, LAN или напрямую с компьютера;

4. автоматическая обработка означает, что станок выполняет операции – резка, сверление, фрезерование без ручного вмешательства.

Типы станков с ЧПУ представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Типы станков с ЧПУ и взаимосвязь с АТ

	Тип станка	Функции станка с ЧПУ	Применение АТ
1	Фрезерный	Режет металл/дерево/пластик вращающимся инструментом	Корпуса приборов, шестерни, пресс-формы
2	Токарный	Обрабатывает заготовки вращением (точение, расточка).	Валы, втулки, резьбовые детали
3	Лазерный	Режет или гравирует материалы лазером	Декор, точные детали из акрила, металла
4	Плазменный	Режет металл плазменной дугой	Металлоконструкции, художественные элементы
5	3D-принтеры с ЧПУ	Совмещают аддитивные и субтрактивные технологии	Гибридное производство деталей

Источник: составлено автором

Отметим, что ЧПУ – это «золотой стандарт» точного производства, а аддитивные технологии – это мощное дополнение для сложных и кастомизированных деталей. АП незаменимо в сложных, малотиражных и кастомизированных изделиях, а также в отраслях, где критичны вес, скорость

и минимизация отходов[54]. Тем не менее, традиционные методы пока выигрывают в массовом производстве и высокоточных и крупногабаритных деталях. Сравнение ЧПУ и аддитивных технологий визуализировано в таблице 9.

Таблица 9 – Сравнение ЧПУ и аддитивных технологий

	Критерий	ЧПУ	Аддитивные технологии
1	Принцип	Удаление материала (субтрактивно)	Добавление материала (аддитивно).
2	Точность	До ±0.01 мм	±0.1–0.5 мм (зависит от технологии)
3	Скорость	Быстрее для простых деталей	Быстрее для сложных геометрий
4	Отходы	Стружка, обрезки (до 60% материала)	Минимум отходов (только поддержки)
5	Гибкость	Требует оснастки для каждой детали	Легко менять дизайн без переоснастки

Источник: составлено автором

ЧПУ применяется в разных отраслях: ракетно-космической отрасли[55] – лопатки турбин, элементы фюзеляжа; автопромышленности – детали двигателей, корпуса; медицине – точные импланты[56], хирургические инструменты; электронике – платы, радиаторы, корпуса[57].

Считаем необходимым объединять процессы аддитивного производства и ЧПУ: интеграция с искусственным интеллектом позволяет автоматическую оптимизацию упаковки[58] и режимов резания; гибридные станки позволяют

[54] Аддитивное производство как инструмент снижения отходов и перехода к зеленому строительству / Ю. Г. Молчанова, Т. С. Борисова, И. М. Ходжакурбанов [и др.] // Экономика строительства. – 2026. – № 2. – С. 650-654.

[55]Веселовский, М. Я. Развитие процессов цифровизации промышленных предприятий ракетно-космической отрасли в условиях неоиндустриализации / М. Я. Веселовский, А. А. Юрьев, И. И. Чуева // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2025. – № 2. – С. 66-75.

[56]Возможности применения аддитивных технологий при создании и разработке дентального имплантата (обзор литературы) / Ю. А. Сергеев, В. М. Аванисян, А. А. Долгалев, Д. З. Чониашвили // Вестник новых медицинских технологий. – 2023. – Т. 30, № 4. – С. 22-26. – DOI 10.24412/1609-2163-2023-4-22-26.

[57] Зоидов, К. Х. Современные тенденции интеграции цифровых интеллектуальных систем с управленчскими подходами в сфере инновационной деятельности промышленных предприятий / К. Х. Зоидов, С. И. орталевич, Ф. С. Штурмин // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2021. – № 4(126). – С. 80-90.

[58]Дугаева, Д. Н. Оптимизация упаковки для специальных грузов посредством применения аддитивных технологий / Д. Н. Дугаева, Н. П. Белозерцева // Логистика. - 2026. - № 1(230). - С. 28-30.

совмещение 3D-печати и ЧПУ в одном устройстве[59]; роботизация позволяет автономные системы без оператора.

Проведенный сравнительный анализ позволяет сделать вывод о том, что аддитивные технологии не заменяют традиционные методы производства, а дополняют их, открывая новые возможности в сегментах с высокой сложностью геометрии, требованием к кастомизации и необходимостью сокращения сроков разработки. Наибольший экономический эффект достигается в отраслях, где цена ошибки и вес конструкции критичны (авиация, космос[60], медицина[61]), а также в сферах, где традиционные методы не позволяют реализовать требуемую геометрию[62].

Далее автором предложено считать аддитивные технологии одновременно и как сквозные, и как критические технологии и представлено обоснование их двойственной природы. Это две взаимодополняющие характеристики подчеркивают стратегическую важность АТ в НИС (рисунок 4).

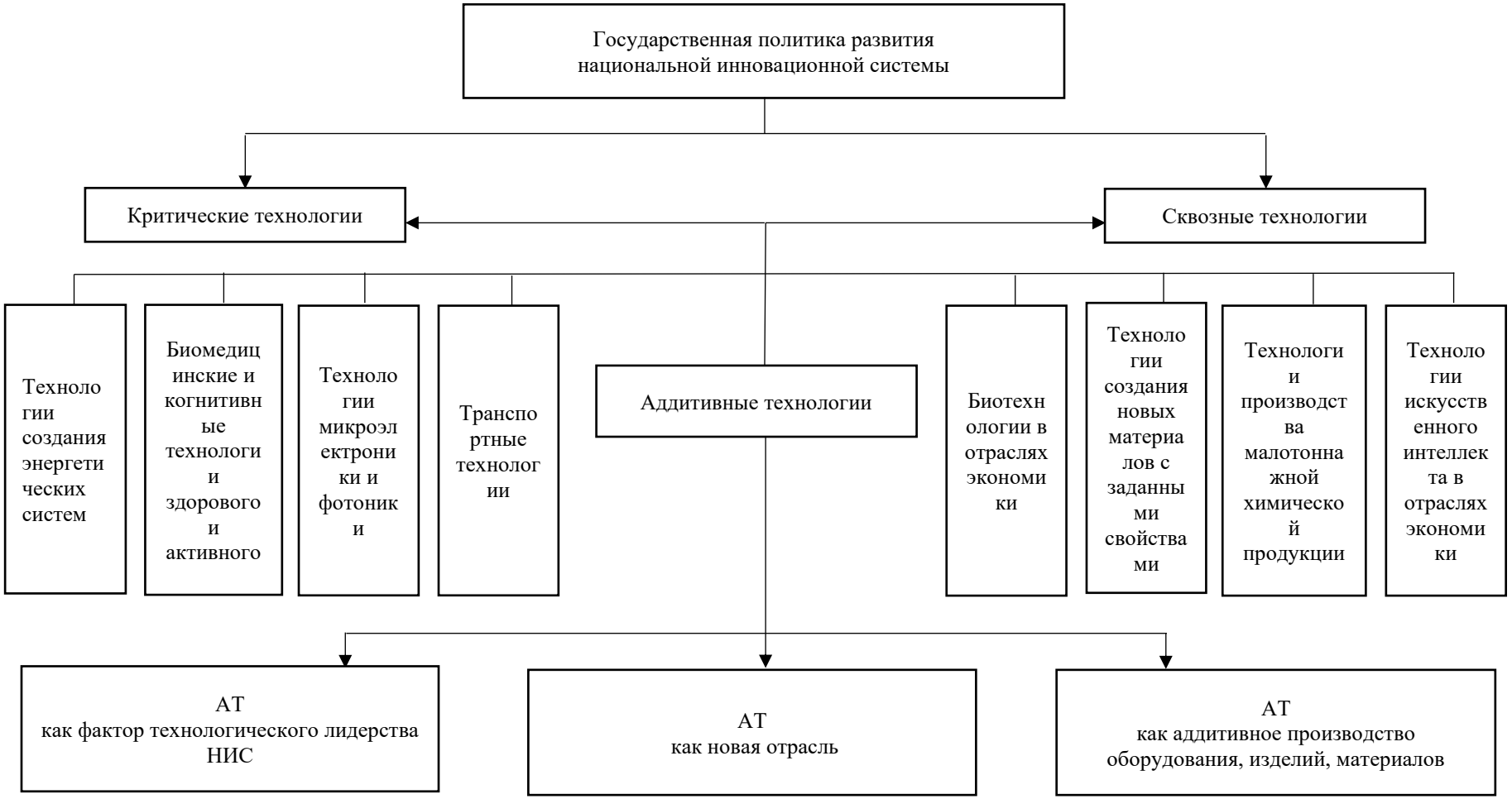
Под аддитивными технологиями как сквозными автором понимаются технологии, которые пронизывают множество отраслей и секторов экономики, являются основой для инноваций в других областях и имеют широкий спектр применения. АТ в настоящее время не привязаны к одной отрасли.

[59]Лавренов, В. А. Перспективы применения аддитивных технологий для производства тепловых трубок и испарительных камер / В. А. Лавренов, Д. А. Трофимов // Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. - 2026. - № 1(169). - С. 40-43.

[60] Волкова, О. Ю. Биомиметические принципы и аддитивные технологии создания крупногабаритных композитных конструкций космического базирования / О. Ю. Волкова, А. Н. Полилов, А. Э. Поляков // Перспективные материалы. – 2026. – № 1. – С. 5-18.

[61] Романова, А. М. Влияние 3D-печати на рынок медицинских изделий и протезирования / А. М. Романова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 9, № 3(156). – С. 11-16.

[62] Оценка возможностей применения аддитивных технологий в промышленности / Д. А. Путилов, А. В. Ефремов, О. В. Гречкина, И. А. Шарагин // Вестник Военного инновационного технополиса "Эра". – 2024. – Т. 5, № 2. – С. 235-241.



Источник: разработано автором

Рисунок 4 – Место аддитивных технологий в системе наукоемкий технологий НИС

Они радикально меняют процессы в аэрокосмической промышленности при печати облегченных деталей самолетов и ракет, медицине и биоинженерии при разработке иидивидуальных имплантатов, протезов, биопечати тканей, автомобилестроении при прототипировании[63], кастомных и легких компонентов, энергетике при разработке сложных деталей турбин[64], теплообменников, в строительстве при печати элементов зданий и мостов[65], в потребительских товарах в процессах индивидуального дизайна или мелкосерийного производства. Итак, АТ – классический пример сквозной технологии, которая «прошивает» насквозь всю промышленность, создавая новые возможности для дизайна, логистики[66], печать на месте и кастомизации.

Под аддитивными технологиями как критическими автором подразумеваются технологии, которые имеют стратегическое значение для национальной безопасности, технологического суверенитета и конкурентоспособности страны, позволяют создавать продукцию, невыполнимую другими методами. Их отсутствие или отставание создает критическую зависимость и уязвимость.

Таким образом, благодаря использованию АТ в НИС образуются следующие варианты синергетического эффекта:

- суверенитет и импортозамещение, то есть способность НИС самостоятельно производить сложные детали (например, для авиационных двигателей или военной техники) без длинных цепочек поставок из-за рубежа;

[63] Балановский, А. Е. Прототипирование металлических изделий различной формы методом аддитивной наплавки / А. Е. Балановский, В. Ю. Конюхов, Т. А. Опарина // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2025. – Т. 81, № 3. – С. 18-23.

[64] Барсегян, Н. В. Современные направления инновационных разработок в организации энергоресурсосберегающих производств / Н. В. Барсегян, А. И. Шинкевич, Р. Р. Зарипова // Инновационная деятельность. – 2025. – № 4(75). – С. 5-15.

[65] Ищенко, А. В. Строительство с применением аддитивных технологий при формировании мастер-плана развития территорий / А. В. Ищенко, П. А. Молоткова, К. А. Воронина // Экономика строительства. – 2025. – № 4. – С. 645-647.

[66] Брынцев, А. Н. Цифровые инновации в сфере логистики / А. Н. Брынцев, С. И. Никишов. – Москва, типография ООО "Белый ветер" : ООО "Белый ветер", 2023. – 174 с.

- оборонная промышленность, в том числе быстрое изготовление и ремонт деталей в полевых условиях, создание изделий с оптимальной геометрией для стелс-технологий;
- прорывные изделия означают создание внутренних структур охлаждения, сверхлегких решетчатых конструкций или деталей, объединяющих множество элементов в одно целое, что невозможно при литье или механической обработке;
- цепочки поставок предполагает устойчивость к кризисам (как показала пандемия, когда на 3D-принтерах печатали недостающие запчасти для аппаратов ИВЛ).

Именно сочетание этих свойств делает аддитивные технологии столь значимыми. Будучи сквозными, они обеспечивают широкий мультипликативный эффект на всю экономику. Их развитие подтягивает за собой материаловедение, цифровое проектирование (CAD/CAM), робототехнику и искусственный интеллект[67] (для генеративного дизайна и оптимизации). Будучи критическими, они получают приоритет в государственном финансировании и стратегическом планировании. Страны, включая Россию, США, Китай, страны ЕС, используют их в национальных технологических инициативах и дорожных картах, понимая, что отставание в этой области недопустимо. Сквозной характер АТ умножает экономический эффект, а критическая важность делает их развитие вопросом национальной стратегической безопасности и технологического лидерства.

Автором подчеркивается, что двойственная природа аддитивных технологий определяет их особое место в национальной инновационной системе. С одной стороны, как сквозные технологии, они пронизывают множество отраслей, таких как авиастроение, медицина, автомобилестроение,

[67] Кротова, Е. Л. Использование искусственного интеллекта для обнаружения дефектов в аддитивно-субтрактивном производстве / Е. Л. Кротова, А. Е. Казеев, Н. А. Мошонкина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2026. – № 1(163).

энергетика, строительство[68], создавая мультипликативный эффект для всей экономики. С другой стороны, как критические технологии, они имеют стратегическое значение для обеспечения национальной безопасности и технологического суверенитета, поскольку позволяют создавать продукцию с уникальными характеристиками, недостижимыми традиционными методами, и снижают зависимость от импортных поставок сложных комплектующих.

Считаем, что будущее развитие НИС за гибридными моделями, где АП используется для оптимизации процессов, а традиционные методы – для финальной доводки и масштабирования. Отметим, что аддитивное производство не заменяет традиционное производство, а дополняет его, открывая новые возможности в отраслях производства[69].

На основе проведенного анализа под аддитивными технологиями в контексте НИС автором предлагается понимать совокупность цифровых производственных процессов послойного синтеза объектов, которые, выступая одновременно как сквозные, пронизывающие множество отраслей, и критические, имеющие стратегическое значение для технологического суверенитета, технологии, формируют новую технологическую базу для трансформации промышленности и выступают драйвером инновационного развития.

[68] Использование технологии 3D-печати бетона для строительства сооружений: возможности и вызовы / О. М. Преснов, А. С. Кулеба, А. П. Волков, Д. И. Хлыстов // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 5(107). – С. 84-89.

[69] Формирование требований к мобильному аддитивному ремонтно-производственному комплексу для войскового ремонта авиационной техники и средств обеспечения полетов / А. В. Ефремов, А. А. Парамонов, А. С. Ляскин, С. В. Митрофанова // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2025. – № 35. – С. 130-138.

1.2. Факторы развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе

Аддитивные технологии представляют собой не просто новый способ изготовления деталей, а фундаментальный сдвиг парадигмы производства в рамках НИС, на основе которого пересматривается экономика создания ценности, особенно в сегментах с высокой сложностью и требованиями к кастомизации. Их развитие является необходимым условием для сохранения конкурентоспособности в высокотехнологичных отраслях[70],[71], на предприятиях обрабатывающей промышленности[72] и промышленных систем в целом[73].

В данном параграфе автором исследованы факторы аддитивных технологий и обоснована их роль в современной экономике.

В работе под аддитивными технологиями как экономической категорией понимается не просто «технология печати», а фактор изменения производственных функций. Аддитивные технологии как экономический парадокс меняют классическую экономическую модель: фиксированные издержки (оснастка) стремятся к нулю, переменные издержки становятся нелинейными (сложность геометрии перестает влиять на стоимость).

Квинтэссенцию этого парадокса можно выразить формулой, выведенной из сравнительного анализа в параграфе 1.1. Рост сложности и кастомизации изделий при использовании АТ не ведет к удорожанию,

---

[70] Филин, С. А. Оценка эффективности инновационных проектов в высокотехнологичных ИТ-компаниях / С. А. Филин, С. Ф. Садыков, А. Ю. Уткин // Региональная экономика: теория и практика. – 2023. – Т. 21, № 12(519). – С. 2313-2326.

[71] Григорьев, Е. И. Перспективы внедрения аддитивных технологий на отечественные высокотехнологические предприятия / Е. И. Григорьев, В. И. Бобровник // Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, Москва, 30 мая 2023 года. – Москва: Алеф, 2023. – С. 137-143.

[72] Старикова, М. С. Нелинейность инновационно-технологического развития обрабатывающей промышленности России: анализ детерминант и результатов / М. С. Старикова, М. Я. Веселовский, М. С. Абрашкин // Естественно-гуманитарные исследования. – 2025. – № 3(59). – С. 511-515.

[73] Дубровина, Т. А. Теоретические основы конкурентоустойчивости промышленных систем / Т. А. Дубровина, А. С. Трошин // Beneficium. – 2026. – № 1(58). – С. 20-30.

напротив, обеспечивает снижение себестоимости в условиях мелкосерийного производства (АТ = ↑Сложность + ↑Кастомизация = ↓Себестоимость). Именно эта фундаментальная особенность определяет уникальное место АТ в современной экономике, смещая фокус конкуренции с эффекта масштаба на эффект разнообразия.

Аддитивные технологии за последние 150 лет прошли путь от экспериментальных методов фотоскульптуры и топографии до ключевого инструмента цифровой экономики. Их история показывает, как инновации, зародившиеся в разных странах, привели к технологической революции[74]. В XIX веке идеи послойного синтеза заложили основу, а в 1980-х патентные прорывы сделали 3D-печать коммерчески доступной[75] (Приложение А).

Современные 3D-технологии – это результат многолетних экспериментов с послойным созданием объектов. Создание ключевых патентов, для таких технологий, как технологии послойного наплавления пластиковой нитью – FDM в 2009 году, ускорило развитие аддитивных технологий, открыв новые рынки. Исторический опыт доказывает, что дальнейшее развитие требует международной кооперации, инвестиций в АТ и адаптации под задачи цифрового технологического лидерства[76]. С 2010-х аддитивные технологии стали глобальным явлением.

Благодаря устойчивости АТ заметно снижение отходов, чем в традиционном производстве, благодаря глобализации АТ перешли от американских стартапов до китайских FDM-принтеров с технологией

[74] Карпухина, Н. Н. Промышленные революции: от Индустрии 3.0 к Индустрии 5.0 в контексте российской экономики / Н. Н. Карпухина, Е. С. Митяков, А. Ю. Пронин // Russian Technological Journal. – 2025. – Т. 13, № 4. – С. 123-134.

[75] Ваганов, А. В. Исследование повышения производительности изготовления изделий при 3D-печати многосопельным экструдером / А. В. Ваганов, С. С. Шемелюнас, А. М. Макаров // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2024. – № 8(291). – С. 43-45. – DOI 10.35211/1990-5297-2024-8-291-43-45.

[76] Ковальчук, Ю. А. Цифровое технологическое лидерство бизнес-экосистем / Ю. А. Ковальчук, И. М. Степнов // Друкеровский вестник. – 2023. – № 2(52). – С. 44-54. – DOI 10.17213/2312-6469-2023-2-44-54.

послойного наплавления пластиковой нитью и европейских металлических решений[77].

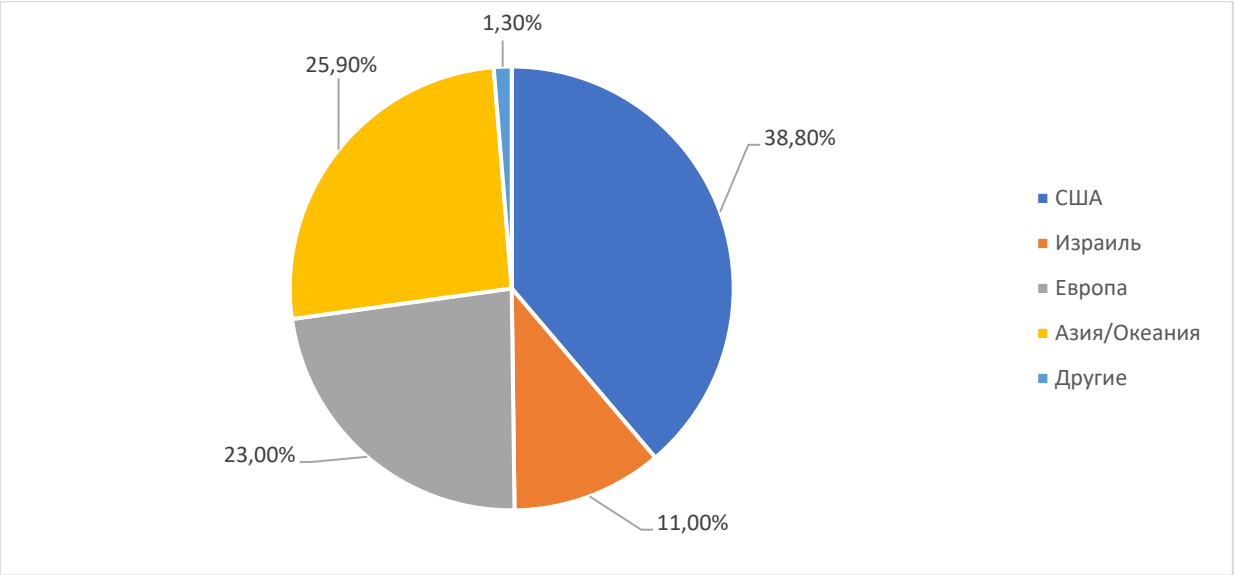
Далее автором в данном параграфе проведен анализ глобального рынка АТ и позиционирования стран-лидеров. Общие наблюдения по всем данным охватывают значительный временной период с 1988 г. по 2024 г., но основная детализация приходится на последнее десятилетие с 2012 г. по 2024 г. Все ключевые показатели, такие как поставщики материалов, доступные продукты, производители систем, иллюстрируют уверенный рост в течение последних 10-15 лет. Данные с 1988 г. по 2000-е годы показывают период становления и относительной нестабильности аддитивной отрасли. Анализ охватывает всю цепочку создания стоимости АТ – материалы, готовые продукты, оборудование, производителей, географию и темпы роста.

На основе данных рисунка 5 проиллюстрировано глобальное региональное распределение промышленных АТ-систем установленной базы в 2024 году, где наблюдается следующая раскладка участников промышленных АТ-систем по концентрации рынка:

1. США – крупнейший рынок промышленных АТ-систем с долей 38,8 %,
2. Азия с долей 25,9 % – второй крупный рынок, включает Китай, Японию, Корею и другие страны,
3. Европа – третье место среди континентов с долей 23,0 %,
4. Израиль – значительная доля 11,0 % для одной страны, благодаря Stratasys,
5. Другие страны – слабое развитие аддитивных технологий, на все остальные страны приходится всего лишь 1,3 %.

Рынок промышленных АТ-систем сильно сконцентрирован в трех основных регионах: Северная Америка (США), Азия и Европа.

[77] Щербакова, Е. С. Методика управления ключевыми факторами успеха инновационных проектов стартапов в условиях цифровой трансформации / Е. С. Щербакова, А. И. Шинкевич // E-Management. – 2025. – Т. 8, № 4. – С. 107-122.



Источник: составлено автором на основании[78]

Рисунок 5 – Промышленные АТ-системы по странам-лидерам в 2024 г.

Доминирование США подчеркивает их роль как первоначального центра развития аддитивных технологий и крупнейшего потребителя. Значительная доля Израиля уникальна и обусловлена присутствием одного из глобальных лидеров – Stratasys. Доля "других" регионов, включая Южную Америку, Африку, Ближний Восток, Россию, пока крайне мала, что указывает на значительный потенциал для географической экспансии АТ в будущем.

Лидером в коммерциализации 3D-печати являются США благодаря компаниям 3D Systems, Stratasys, ZCorp, другие страны также внесли значительный вклад в развитие аддитивных технологий. В странах Европы Германия является лидером в металлической 3D-печати. В Великобритании ранние исследования и роботизированная печать начались в 1991 году. Во Франции инновации в АТ связаны с аэрокосмической сферой. В Азии такие страны, как Япония, Китай, Южная Корея активно развивают производство аддитивных технологий. Япония – пионер в фотополимеризации[79] и гибридных технологиях. В Китае распространяется массовое производство АТ

[78] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

[79] Технология изготовления изделий из фотополимерных композиций аддитивными технологиями / Р. Р. Ганиев, Е. С. Гайнцева, Ю. Д. Тошов [и др.] // Литейщик России. – 2025. – № 1. – С. 13-18.

и существенная государственная поддержка. В Южной Коре активное развитие получают биопечать и наноматериалы.

Источник: составлено автором на основании[80]

Рисунок 6 – Темпы роста промышленных АТ-систем в 1988-2024 гг. в мировой практике, %

Согласно данных рисунка 6, наблюдается высокая волатильность темпов роста продаж промышленных АТ-систем в мире на протяжении более двадцати пяти лет с 1988 по 2024 год, а также отсутствие устойчивого долгосрочного тренда темпов роста. Динамику темпов роста продаж промышленных АТ-систем можно разделить на три периода:

Первый ранний период 1988-2003 гг. – крайне нестабильный, с резкими скачками увеличения до 100 % в 1992 году и уменьшения до 30 % в 1989 году.

Второй период 2004-2014 гг. – относительная стабилизация, рост в основном положительный, в диапазоне от 0 % до 30 %, с редкими исключениями уменьшения до 10 % в 2008 году. Резкие подъемы в 2009 году на 40 % характеризуют посткризисное восстановление.

Третий период 2015-2024 гг. – возврат к большей волатильности. Заметные уменьшения темпов роста промышленности в 2024 году на 10 % и

80 Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

резкие подъемы темпов роста промышленности в 2016 году на 22 %, в 2020 году – на 25 %.

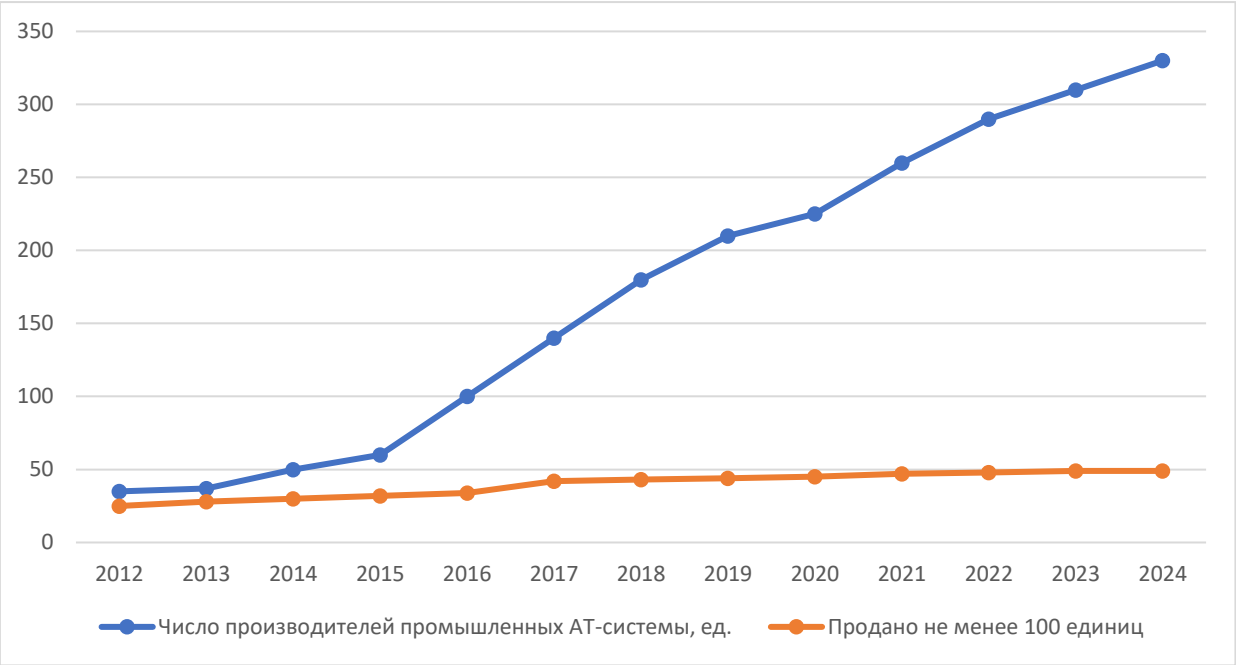
Необходимо провести анализ причин волатильности. Высокая волатильность темпов роста на разных исторических этапах обусловлена сочетанием следующих факторов:

1. Патентная динамика в 1990-е – 2000-е годы, то есть демонстрируются ранние скачки в 1992 году на 100 %, что связано с истечением базовых патентов на стереолитографию (SLA) и началом коммерциализации. Периоды затишья, напротив, обусловлены патентными войнами и высокими лицензионными барьерами для новых игроков.

2. Технологические “плато” и прорывы в 2000-е – 2010-е годы – это стабилизация темпов в 2004–2014 гг., что отражает фазу зрелости рынка прототипирования (технологии послойного наплавления пластиковой нитью FDM, стереолитографии SLA). Резкий всплеск в 2016 г. на 22 % стал реакцией на окончание патентной защиты на технологию FDM, что привело к лавинообразному появлению дешевых desktop-принтеров и росту числа производителей (рисунок 7).

3. Макроэкономические шоки – это падения в 2008 году на 10 % и 2020–начале 2021 годах снижение до 0 % и последующий спад напрямую коррелируют с глобальным финансовым кризисом и пандемией COVID-19, когда промышленность сокращала инвестиции в новое оборудование. Однако посткризисное восстановление в 2009 году рост на 40 %; в 2021 году рост на 25 % демонстрирует высокий отложенный спрос на АТ как инструмент повышения гибкости производств.

4. Сдвиг от прототипирования к аддитивному производству в 2020-е годы и спад в 2024 году на 10 % может свидетельствовать не о кризисе, а о структурной перестройке рынка, то есть насыщение сегмента дешевых принтеров и переход крупных промышленных заказчиков к серийному аддитивному производству, где темпы внедрения более постепенны и требуют сертификации процессов.



Источник: составлено автором на основании[81]

Рисунок 7 – Динамика производителей АТ-систем в 2012-2024 гг.

На рисунке 7 можно отметить, что наблюдается значительный рост общего количества производителей промышленных АТ-систем и поступательное повышение количества тех, кто продал не менее 100 единиц АТ-систем с 2012 года по 2024 год. За 12 лет количество производителей АТ-систем увеличилось более, чем в 9 раз с 35 до 330 предприятий. Среди крупных производителей, которые продают более 100 АТ-систем отмечается медленный, но стабильный рост. За 12 лет количество увеличилось в 2 раза с 25 до 49 производителей. В динамике у всех производителей АТ наблюдается резкое увеличение в 2 раза с 2016 года по 2019 год со 100 до 210 единиц АТ-систем. Далее после 2020 года рост продаж АТ-систем продолжается, но темпы снижаются. Среди крупных производителей – рост продаж АТ-систем очень плавный и стабильный, особенно после 2016 года, увеличение на 1-2 компании в год).

81 Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

Рынок производителей АТ-оборудования переживает настоящий бум, особенно среди небольших и новых игроков. Однако рынок крупных, устоявшихся производителей (продавших более 100 АТ-систем) растет гораздо медленнее и консолидируется. Это указывает на следующие причины:

– низкие барьеры для входа на рынок, особенно в нишевые технологии или регионы;

– высокая конкуренция;

– многие новые производители фокусируются на специализированных нишах или не достигают масштаба 100 проданных систем;

– доминирование небольшой группы лидеров, таких как Stratasys[82], 3D Systems[83], EOS[84], HP[85], GE Additive[86] и других, которые захватывают основную долю рынка по объему продаж.

Участники АТ, в том числе страны, регионы, компании, специалисты, должны четко идентифицировать эти риски на своем уровне, разработать стратегии их смягчения, включая инвестиции в НИОКР, образование, создание стандартов[87], формирование кластеров, пересмотр бизнес-моделей, сфокусироваться на применениях, где АТ обеспечивает конкурентное преимущество[88]. В этом случае эти организации смогут не только выявить потенциал, но и реализовать его в НИС, превратив аддитивные технологии из многообещающего тренда в драйвер реального социально-экономического прогресса. Игнорирование же этих барьеров чревато потерями инвестиций, замедлением развития и утратой конкурентных позиций.

---

[82] Официальный сайт Stratasys / Explore Industrial 3D Printing Solutions | Stratasys Additive Printing // Режим доступа: https://www.stratasys.com/en/ (Дата обращения 21.03.2026 г.)

[83] Официальный сайт 3D Systems /3D Printers, Software, Manufacturing & Digital Healthcare | 3D S Режим доступа: ystems // https://www.3dsystems.com/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[84] Официальный сайт EOS в России / Professional 3D Printing Solutions | EOS | EOS GmbH // Режим доступа: https://www.eos.info/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[85] Официальный сайт HP / 3D Solution Services for Additive Manufacturing | HP® Official Site // Режим доступа: https://www.hp.com/us-en/printers/3d-printers/services/3d-solution-services.html (Дата обращения 21.03.2026 г.)

[86] Официальный сайт GE Additive / GE // Режим доступа: https://www.ge.com/additive/ja/node/27 (Дата обращения 21.03.2026 г.)

[87] Лаврикова, Н. И. Инновационная экономика: технологические стандарты и конкурентное поведение / Н. И. Лаврикова, И. Г. Кочергин // Экономические и гуманитарные науки. – 2024. – № 5(388). – С. 3-13. – DOI 10.33979/2073-7424-2024-388-5-3-13.

[88] Кочетова, А. А. Особенности применения и развития аддитивных технологий / А. А. Кочетова // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 10. – С. 224-225.

Аддитивное производство в НИС трансформирует глобальную производственную сферу и оказывает воздействие на национальную инновационную систему. Ключевым трендом является рост рынка аддитивных технологий по всему миру. Так, объем глобального рынка АП достиг 24,3 млрд долларов в 2024 году по оценкам Wohlers Report[89] с прогнозом до 97,1 млрд долларов в 2033 году (рисунок 8).

Источник: составлено автором на основании [90]

Рисунок 8 – Динамика в 2011-2024 гг. и прогноз развития глобального рынка АТ на 2025-2033 гг. (млрд долл)

Прогноз развития глобального рынка АТ на 2025-2033 гг. показывает значительное увеличение до 97 млрд долларов в 2033 г. на 385 % за 10 лет, что подтверждает статус АТ как одного из ключевых драйверов шестого технологического уклад.

Источниками роста АТ являются металлическая 3D-печать в аэрокосмической и медицинской отраслях и расширение применения в автомобилестроении и энергетике. В последние годы заметен сдвиг от прототипирования к серийному производству, например, Boeing печатает

[89] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf
90 Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

более 50 тысяч деталей ежегодно для авиалайнеров[91], Siemens Energy[92] производит турбинные компоненты с рекордной точностью (экономия 40% веса)[93].

Далее автором выявлены внешние и внутренние факторы, обусловливающие необходимость развития АТ в НИС России.

В Российской Федерации развитие аддитивных технологий рассматривается как острая необходимость по нескольким ключевым причинам, связанным как с внешними вызовами, так и с внутренними потребностями национальной инновационной системы[94] [95](таблица 10).

В результате анализа внешних и внутренних факторов[96][97][98], автором сделано заключение о стратегических выгодах от развития АТ:

- обеспечение технологического суверенитета;
- создание новых высокотехнологичных рабочих мест[99][100] [101];
- повышение конкурентоспособности обрабатывающей промышленности;

---

[91] Innovation_Quarterly_2026_Q3_081926a.pdf // Режим доступа: https://www.boeing.com/content/dam/boeing/boeingdotcom/ features/innovation-quarterly/2022/09/ Boeing-additive-manufacturing-IQ.pdf (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[92] Additive Manufacturing Siemens Energy // Режим доступа: https://www.siemens-energy.com/global/en/home/products-services/service/additive-manufacturing (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[93] Землянская, Н. Б. Оптимизация каналов коммуникации и интеграция цифровых технологий в сфере авиаперевозок / Н. Б. Землянская, Н. В. Казакова, Г. В. Тихонов // СТИН. – 2025. – № 10. – С. 33-35.

[94] Борталевич, С. И. Оценка влияния внутренних и внешних факторов на деятельность инновационного промышленного предприятия в условиях изменения современных тенденций управления / С. И. Борталевич, С. С. Харитонов, Ф. С. Штурмин // Вестник МИРБИС. – 2020. – № 2(22). – С. 104-110.

[95] Шаповалов, В. В. Инновационные технологии разработки и мониторинга автоматических коробок переключения передач / В. В. Шаповалов, А. Л. Озябкин, О. И. Коваленко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2023. – № 1(217). – С. 36-42. – DOI 10.17213/1560-3644-2023-1-36-42.

96 Кочетова, А. А. Особенности применения и развития аддитивных технологий / А. А. Кочетова // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 10. – С. 224-225.

97 Булина, А. Р. Аддитивные технологии как инновационный фактор защиты от геополитических рисков промышленных предприятий строительной отрасли / А. Р. Булина, Н. А. Солопова // Финансовая экономика. – 2022. – № 4. – С. 180-186.

[98] Авилова, В. В. Роль региональной локализации промышленных комплексов в условиях построения технологического суверенитета / В. В. Авилова // Вопросы региональной экономики. – 2024. – № 3(60). – С. 10-18.

[99] Фалько, С. Г. Проблемы управления высокотехнологичными социальными предприятиями / С. Г. Фалько, А. И. Орлов, Р. Н. Вихарев // Инновации в менеджменте. – 2023. – № 2(36). – С. 16-21. – EDN MNWUJL.

[100] Колмыкова, Т. С. Цифровые технологические решения в развитии ресурсного потенциала высокотехнологичных промышленных предприятий / Т. С. Колмыкова // Экономика и управление в машиностроении. – 2024. – № 6. – С. 27-31.

[101] Юсупова, А. Т. Высокотехнологичное предпринимательство в регионах России: условия возникновения новых компаний / А. Т. Юсупова, А. В. Рязанцева // Регион: Экономика и Социология. – 2021. – № 4(112). – С. 132-159. – DOI 10.15372/REG20210405.

Таблица 10 – Внешние и внутренние факторы развития АТ в НИС

	Группа факторов	Фактор развития АТ в НИС	Характеристика фактора развития АТ в НИС
1	Внешние экономические факторы	Глобальная конкуренция и технологические санкции	Западные страны активно развивают АТ (3D-печать, цифровое производство), что дает им преимущество в оборонной, аэрокосмической и медицинской отраслях Ограничения на поставку высокотехнологичного оборудования (например, станков для аддитивного производства) требуют импортозамещения и развития технологий
		Снижение зависимости от традиционных цепочек поставок	АТ позволяют сократить логистические издержки и производить детали на месте, что критично в условиях санкций и разрыва международных кооперационных связей
2	Внутренние инновационные факторы	Повышение эффективности производства	АТ сокращают отходы материалов (по сравнению с классической обработкой), ускоряют прототипирование и позволяют создавать сложные геометрические формы, недоступные традиционным методам. Это важно для авиации, космоса, медицины (кастомизированные импланты) и оборонки (быстрое производство запчастей).
		Стимулирование научно-технического прогресса	Развитие АТ требует кооперации науки (материаловедение, цифровое моделирование) и промышленности, что ускоряет коммерциализацию инноваций. В перспективе может создать новые рынки (например, биопечать органов) и повысить экспортный потенциал РФ.
3	Стратегические и экономические выгоды	Снижение технологического отставания	Без развития АТ Россия рискует потерять позиции в высокотехнологичных отраслях
		Развитие цифровой экономики	АТ интегрируются с искусственным интеллектом, интернетом вещей (IIoT) и цифровыми двойниками, что соответствует курсу на цифровизацию промышленности[102]
		Поддержка малого и среднего бизнеса	3D-печать снижает порог входа в производство, позволяя малым предприятиям конкурировать с крупными корпорациями

Источник: составлено автором

– развитие экспортного потенциала (металлические порошки).

Инвестиции в аддитивные технологии для России – это не просто инновационная активность[103], но вопрос национальной безопасности и

[102] Ползунова, Н. Н. Технологии цифровизации кластеров в промышленности / Н. Н. Ползунова // Экономика и управление в машиностроении. – 2024. – № 3. – С. 18-22.

[103] Фалько, А. И. Анализ индикаторов цифровой экономики и их влияния на инновационную активность российских организаций / А. И. Фалько, И. В. Сомина, Ю. А. Дорошенко // Экономика. Информатика. – 2023. – Т. 50, № 1. – С. 67-78. – DOI 10.52575/2687-0932-2023-50-1-67-78.

экономического роста в условиях санкционного давления и глобальной технологической гонки[104]. Отсутствие системного развития АТ приведет к усилению технологического отставания и потере конкурентоспособности в ключевых секторах экономики[105].

В настоящее время существует острая необходимость развития аддитивных технологий в НИС, так как существуют определенные угрозы развития экономики России в целом: зависимость экономики от иностранных технологий в критических отраслях; экономика может упустить шанс на рывок в шестом технологическом укладе[106], где АТ – ключевой элемент; экономика не сможет обеспечить технологический суверенитет и конкурентоспособность промышленности[107].

Для разработки эффективной политики развития аддитивных технологий необходимо не только понимание их экономической сущности и внешних вызовов, но и системный анализ барьеров, препятствующих их внедрению в национальную инновационную систему.

Далее автором систематизированы факторы, препятствующие развитию АТ, по трем уровням НИС (макро-, мезо-, микро-) и четырем категориям развития (научно-технологический потенциал, внедрение и промышленная интеграция, инновационная инфраструктура, кадровый и образовательный потенциал). По каждому фактору автором предложены меры государственного регулирования развития АТ и представлены в таблице 11.

---

[104] Абрамов, И. В. Обеспечение развития аддитивных технологий в России в условиях санкций / И. В. Абрамов, Ю. Д. Лукина, В. И. Абрамов // Russian Economic Bulletin. – 2022. – Т. 5, № 4. – С. 198-204.

[105] Ползунова, Н. Н. Аддитивное производство - путь к конкурентоспособности / Н. Н. Ползунова, И. С. Ползунов // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2018. – Т. 6, № 12. – С. 100-105.

[106] Авилова, В. В. Теоретические аспекты перехода к новому технологическому укладу: характеристические черты и возможные сценарии / В. В. Авилова // Вестник Российского университета кооперации. – 2023. – № 3(53). – С. 9-11.

[107] Старикова, М. С. Анализ и классификация типов инновационно-технологического развития отраслей обрабатывающей промышленности / М. С. Старикова, М. Я. Веселовский, М. С. Абрашкин // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2025. – № 4(113). – С. 76-90.

Таблица 11 – Система групповых факторов, препятствующих развитию АТ, и мероприятия государственного регулирования развития АТ по уровням НИС

	Факторы	Характеристика препятствующих фактора	Мероприятия государственного регулирования по развитию АТ
1.	**Макроуровень (государственное управление)**		
1.1	Научно-технологический потенциал	Несовершенство технических регламентов, отсрочка эффектов НИОКР, недостаток фундаментальных исследований под задачи промышленности, слабая связь фундаментальной науки с прикладными разработками	Включение АТ в ГОСТы и отраслевые стандарты, долгосрочные гранты (10+ лет) для научных центров, государственное задание на проведение НИОКР по приоритетным направлениям, создание центров превосходства
1.2	Внедрение и промышленная интеграция	Высокая стоимость нововведений, недостаток финансовой поддержки, неопределенность экономической выгоды, отсутствие гарантированного спроса, зависимость от импорта оборудования и материалов	Субсидии на закупку оборудования, налоговые льготы, создание целевых фондов, госгарантии по кредитам, пилотные проекты с госзаказом, включение требований по локализации в госпрограммы
1.3	Инновационная инфраструктура	Неразвитость инновационной инфраструктуры, недостаточность законодательных стимулов, несоответствие приоритетам госполитики, отсутствие центров коллективного пользования, неразвитость кооперационных связей	Принятие закона "Об аддитивных технологиях", включение АТ в стратегии НИС и технологического суверенитета, создание сети ЦКП и инжиниринговых центров, межотраслевые платформы (как НТИ), создание АТ-кластеров
1.4	Кадровый и образовательный потенциал	Недостаток квалифицированного персонала, низкий инновационный потенциал кадров, отсутствие системы подготовки специалистов по АТ, неопределенный рыночный спрос на компетенции	Интеграция 3D-печати в программы вузов и колледжей, популяризация АТ через выставки и конкурсы, создание кафедр и образовательных программ по АТ, повышение квалификации преподавателей
2.	**Мезоуровень (отрасли, регионы)**		
2.1	Научно-технологический потенциал	Недостаток информации о технологиях, неразвитость кооперации науки и бизнеса, низкий уровень трансфера технологий из НИИ в промышленность	Создание R&D-центров при заводах, отраслевые хакатоны и акселераторы, софинансирование прикладных исследований из региональных бюджетов

Продолжение таблицы 11

	Факторы	Характеристика препятствующих фактора	Мероприятия государственного регулирования по развитию АТ
2.2	Внедрение и промышленная интеграция	Высокий экономический риск, высокая конкуренция, недостаток собственных средств у предприятий, неопределенность спроса, отсутствие отраслевых стандартов	Страховые механизмы для стартапов, поддержка малого бизнеса, льготные лизинговые программы, стимулирование спроса через региональные госзакупки, разработка отраслевых регламентов
2.3	Инновационная инфраструктура	Неразвитость сети центров прототипирования, отсутствие инжиниринговых центров в регионах, слабая материально-техническая база, бюрократические барьеры	Создание региональных ЦКП и инжиниринговых центров, "зеленый коридор" для АТ-стартапов, развитие сети FabLab, гранты на создание инфраструктуры
2.4	Кадровый и образовательный потенциал	Дефицит кадров на региональном рынке, неготовность менеджмента к цифровой трансформации, сопротивление изменениям, недостаток доверия к АТ	Корпоративные университеты, курсы по управлению инновациями для руководителей, демонстрационные центры на предприятиях, профориентация школьников
3.	**Микроуровень (предприятия, стартапы, НИИ)**		
3.1	Научно-технологический потенциал	Недостаток экспертизы, узкая специализация, отсутствие патентной защиты разработок, слабая связь с фундаментальной наукой	Стажировки в ведущих центрах, сетевые коллаборации с вузами, бесплатные патентные услуги для стартапов, доступ к научным базам данных
3.2	Внедрение и промышленная интеграция	Недостаток оборотных средств, высокая стоимость внедрения, риски окупаемости, зависимость от импорта материалов, неготовность к цифровизации	Микрогранты на НИОКР, лизинг оборудования с господдержкой, финансирование через краудфандинг, локализация производства материалов, внедрение MES-систем
3.3	Инновационная инфраструктура	Отсутствие доступа к оборудованию, неразвитость внутрифирменной инфраструктуры, неэффективное управление НИОКР	Создание инновационных лабораторий на предприятиях, гибкие методологии (Scrum), цифровые платформы сбора аналитики, доступ к оборудованию через механизм «удаленной печати»
3.4	Кадровый и образовательный потенциал	Дефицит мотивации у инженеров, текучесть кадров, консерватизм сотрудников, нехватка soft skills, отсутствие системы непрерывного обучения	Премии за инновации, программы лояльности (опционы, обучение), внутренние конкурсы идей, тренинги по Agile и Lean Startup, создание корпоративных учебных центров

Источник: разработано автором

Предложенная автором система факторов, препятствующих развитию АТ, и рекомендованные меры государственного регулирования, дифференцированные по уровням НИС, позволяют перейти от фрагментарного, точечного стимулирования к формированию целостной, системной политики развития АТ на макро-, мезо- и микроуровнях НИС.

I. На макроуровне НИС – это государственная политика, экономика и законодательство, предлагаются следующие мероприятия развития АТ:

1.1. организационные меры по развитию научно-технологического потенциала – это законодательная база, что означает принятие ФЗ «Об аддитивных технологиях» (определение статуса АТ-продукции, прав ИС). Межведомственная комиссия, то есть координация между Минпромторгом, Минобрнауки и корпорациями;

1.2. меры по внедрению и промышленной интеграции, включают субсидии и налоговые льготы, то есть возмещение 30-50 % затрат на закупку АТ-оборудования, нулевой НДС для стартапов в первые 3 года; госгарантии по кредитам, что означает создание фонда гарантий для АТ-компаний; пилотные госзаказы – это внедрение обязательной квоты на АТ-продукцию в госзакупках;

1.3. инновационные меры означают обновление стандартов, то есть включение АТ в ГОСТ Р и Технические регламенты; национальная платформа знаний - база данных патентов, исследований и успешных кейсов[108]; долгосрочные гранты означают финансирование НИОКР на 10 и более лет, например, для разработки металлических порошков);

1.4. меры кадрового и образовательного потенциала охватывают образовательные программы, такие как курсы по 3D-печати в школах и колледжах; магистерские программы «Аддитивные технологии» в ведущих вузах; популяризация АТ означает проведение различных выставок, форумов,

[108] Основные тенденции и перспективы платформенной экономики в Российской Федерации / С. Н. Рябухин, И. А. Кокорев, А. А. Сафронова [и др.] // Мир новой экономики. – 2025. – Т. 19, № 2. – С. 134-148.

например, всероссийский конкурс «Инженеры будущего» с номинацией по АТ.

II. На мезоуровне – это отрасли, регионы, корпорации группируются следующие мероприятия развития АТ:

2.1. организационные меры по развитию научно-технологического потенциала предусматривают цифровые платформы как единую систему мониторинга АТ-проектов по аналогии с «Цифровой промышленностью»; ассоциации, то есть создание Национального союза АТ-производителей для лоббирования интересов;

2.2. меры по внедрению и промышленной интеграции содержат отраслевые субсидии, например, 30% компенсация затрат на АТ для авиакосмоса и медицины; льготный лизинг оборудования через банковскую систему; страховые пулы, то есть снижение рисков для предприятий через страхование экспортных контрактов;

2.3. инновационные меры интегрируют центры коллективного пользования (далее – ЦКП), такие как создание региональных АТ-хабов с доступом к оборудованию по примеру Сколково; отраслевые стандарты; разработка регламентов для авиации[109] и сертификация деталей по стандартам, для медицины по биосовместимым имплантам;

2.4. меры кадрового и образовательного потенциала включают корпоративное обучение – это программы переподготовки предприятия; стажировки в западных странах для инженеров; региональные кластеры, то есть сеть АТ-центров в моногородах.

III. На микроуровне – это предприятия, стартапы, НИИ консолидируются следующие мероприятия развития АТ:

[109] Дроговоз, П. А. Оценка реализуемости производственных программ в авиационной промышленности / П. А. Дроговоз, Н. С. Ефимова, В. Д. Калачанов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение. – 2020. – № 2(131). – С. 88-108.

3.1. организационные меры по развитию научно-технологического потенциала подразумевают внедрение гибких методологий в НИОКР, цифровых двойников;

3.2. меры по внедрению и промышленной интеграции распространяются на микрогранты до 5 млн руб. для стартапов; локализацию материалов, то есть субсидии на производство порошков;

3.3. инновационные меры состоят из патентных льгот, таких как бесплатная подача заявок на патенты через Роспатент; акселераторов, программы «Технопром» для стартапов с менторской поддержкой и технологиями искусственного интеллекта[110];

3.4. меры кадрового и образовательного потенциала включают мотивационные программы, такие как гранты для молодых ученых до 1 млн руб. на исследования, опционы для сотрудников АТ-стартапов.

Выявленная система факторов, препятствующих развитию АТ, требует адекватного инструментального ответа со стороны государства. В таблице 12 систематизированы меры государственного регулирования, дифференцированные по уровням НИС.

Таблица 12 – Интеграция мер государственного регулирования АТ по уровням НИС

	Уровень НИС	Меры государственного регулирования АТ в НИС			
		Экономические	Инновационные	Социальные	Организационные
1	Макро	Субсидии, госгарантии	Обновление ГОСТ, базы знаний	Образование, популяризация	Законы, межведомственная комиссия
2	Мезо	Отраслевые льготы, страхование	ЦКП, отраслевые стандарты	Корпоративное обучение, кластеры	Цифровые платформы, ассоциации
3	Микро	Микрогранты, локализация	Патентные льготы, акселераторы	Мотивационные программы	Гибкие методологии, цифровые двойники

Источник: составлено автором

[110] Щербакова, Е. С. Тенденции успешности стартапов с технологиями искусственного интеллекта при стимулировании инноваций в рамках «шестиспиральной» модели / Е. С. Щербакова, А. И. Шинкевич // Управление устойчивым развитием. – 2025. – № 2(57). – С. 12-24.

Однако для целостного представления об институциональной среде развития АТ необходимо также структурировать инструменты поддержки по их функциональному назначению – от нормативно-правовых до информационно-кадровых. Такая систематизация представлена в таблице 13. Институциональные инструменты поддержки аддитивных технологий в НИС структурированы по четырем категориям: нормативно-правовые, финансово-экономические, организационно-инфраструктурные и информационно-кадровые. По каждому инструменту указан уровень реализации (федеральный, региональный) и конкретные примеры действующих мер в таблице 13.

Представленная систематизация демонстрирует, что в России сформирован достаточно широкий спектр институциональных инструментов поддержки АТ. Однако их эффективность снижается из-за фрагментарности и отсутствия координации между уровнями реализации (федеральный – региональный – отраслевой). Ключевой задачей является не столько создание новых инструментов, сколько их интеграция в рамках единого управленческого контура, что и предлагается автором в разработанной концептуальной модели развития АТ в НИС в параграфе 1.3 и организационно-экономическом механизме управления развитием АТ в НИС в параграфе 3.3.

Считаем, что в России инновационный эффект может дать взаимосвязь «предприятие – научный центр – органы государственного управления»[111], например, «Росатом – Сколково – Минобрнауки»[112].

Для прорыва в АТ необходимо синхронизировать меры на всех уровнях НИС, делая упор на следующие элементы: инвестирование (гранты, льготы), регуляторику (стандарты, законы), кадры (образование, мотивация),

[111] Щербакова, Е. С. Тенденции успешности стартапов с технологиями искусственного интеллекта при стимулировании инноваций в рамках «шестиспиральной» модели / Е. С. Щербакова, А. И. Шинкевич // Управление устойчивым развитием. – 2025. – № 2(57). – С. 12-24.

[112] Дроговоз, П. А. Механизмы совершенствования высокотехнологичного производства на основе производственной системы " Росатом " / П. А. Дроговоз, О. Б. Иващенко // Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. – 2020. – № 2(146). – С. 37-42.

Таблиц 13 – Институциональные инструменты поддержки аддитивных технологий в национальной инновационной системе

	Конкретные меры	Уровень реализации	Документальное сопровождение
1	Нормативно-правовые инструменты поддержки АТ в НИС		
1.1	Принятие профильного закона «Об аддитивных технологиях»	Федеральный	ФЗ проект (обсуждается с 2023 г.)
1.2	Включение АТ в перечень критических технологий	Федеральный	Указ № 529 от 18.06.2024
1.3	Обновление ГОСТ Р и технических регламентов	Федеральный	ГОСТ Р 57558-2017, Программа стандартизации до 2027 г.
1.4	Разработка отраслевых стандартов сертификации	Отраслевой	АП-25 (авиация), регламенты Минздрава (медицина)
2	Финансово-экономические инструменты поддержки АТ в НИС		
2.1	Субсидирование закупки АТ-оборудования (30–50% затрат)	Федеральный региональный	Постановления Минпромторга, региональные программы
2.2	Налоговые льготы (нулевой НДС для стартапов, льготы на имущество)	Федеральный региональный	НК РФ (поправки), законы субъектов РФ
.2.3	Гранты на НИОКР (Фонд содействия инновациям, РНФ)	Федеральный	Программы «Старт», «Развитие»
2.4	Льготное кредитование и лизинг (Фонд развития промышленности (ФРП), Российская государственная корпорация развития (ВЭБ.РФ)	Федеральный	Программа ФРП «Цифровизация промышленности»
3	Организационно-инфраструктурные инструменты поддержки АТ в НИС		
3.1	Создание центров коллективного пользования (ЦКП)	Региональный	ЦКП «Аддитивные технологии» (ЮЗГУ, Самара)
3.2	Формирование АТ-кластеров и технологических платформ	Федеральный региональный	Кластер «Радиоэлектроника и приборостроение» (Курск)
3.3	Развитие инжиниринговых центров и FabLab	Региональный	Сеть ЦМИТ в Курской области (план до 2030 г.)
3.4	Цифровые платформы (биржи задач, ситуационные центры)	Региональный	ЕЦП УР АТ (предложена в диссертации)
4	Информационно-кадровые инструменты поддержки АТ в НИС		
4.1	Образовательные программы (вузы, ДПО)	Федеральный региональный	Направление 28.03.03 «Аддитивные технологии»
4.2	Повышение квалификации и стажировки	Региональный	Программы ЮЗГУ, КГУ, стажировки в ЦАТ Росатома
4.3	Популяризация АТ (выставки, конкурсы, хакатоны)	Федеральный региональный	WorldSkills, «Инженеры будущего»

Источник: составлено автором

инфраструктуру (ЦКП, университетские экосистемы[113], цифровые платформы)[114].

Таким образом, автором предложена оригинальная классификация факторов, препятствующих развитию аддитивных технологий в национальной инновационной системе, отличающаяся четырехкомпонентным составом (научно-технологический потенциал, внедрение и промышленная интеграция, инновационная инфраструктура, кадровый и образовательный потенциал) в трехуровневой структуре НИС, предложенным комплексом мер государственного регулирования, дифференцированных по уровням НИС, что позволяет обеспечить системный подход к преодолению барьеров, способствует эффективной интеграции аддитивных технологий на разных уровнях национальной инновационной системы.

Такая классификация факторов, препятствующих развитию АТ, позволяет:

– на макроуровне сформировать благоприятную нормативно-правовую и экономическую среду развития АТ, стимулирующую развитие технологий через господдержку, налоговые льготы и международное сотрудничество;

– на мезоуровне координировать взаимодействие между отраслями, научными учреждениями и региональными кластерами, устраняя дисбалансы в инфраструктуре и финансировании развития АТ;

– на микроуровне повысить адаптацию предприятий к новым аддитивным технологиям за счет образовательных программ, развития кадрового потенциала и оптимизации внутренних процессов.

Кроме того, структуризация по категориям (научно-технологический потенциал, внедрение и промышленная интеграция, инновационная

---

[113] Воронов, В. С. Университетские экосистемы молодежного инноваторства и изобретательства / В. С. Воронов, В. Р. Смирнова, Ю. С. Васильева. – Москва : Российская государственная академия интеллектуальной собственности, 2024. – 182 с.

[114] Ползунова, Н. Н. Перспективы применения цифровых платформ для обеспечения взаимодействия промышленных предприятий в составе кластеров / Н. Н. Ползунова // Экономика и управление в машиностроении. – 2024. – № 4. – С. 16-21.

инфраструктура, кадровый и образовательный потенциал) позволяет точечно воздействовать на ключевые проблемные зоны, обеспечивая сбалансированное развитие всех аспектов внедрения аддитивных технологий, что создает основу для перехода от фрагментарной поддержки к системной политике развития АТ.

1.3. **Концептуальная модель развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе**

Россия активно развивает аддитивные технологии от военно-промышленного комплекса до медицины. В 1980-1990-е годы НИИ СССР разрабатывали лазерное спекание для аэрокосмоса, но коммерциализация началась позже. В 2010-е годы компании «Росатом»[115], «Инновационные нефтегазовые технологии (ИНГТ)»[116] и «Anisoprint»[117] развивают металлическую и композитную печать[118].

В 2020-е годы в России печатают титановые импланты[119] и авиакомпоненты (ОДК[120], «Сухой»[121]).

В данном параграфе разработана концептуальная модель развития аддитивных технологий в НИС, интегрирующая предыдущие научные

[115] ООО «Росатом Аддитивные технологии» - официальный сайт // Режим доступа: https:// rosat.tvel.ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[116] Разработка нефтегазовых месторождений в Тюмени - ООО "ИНГТ" – официальный сайт // Режим доступа: Режим доступа: https://inoilgas.ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[117] Anisoprint – официальный сайт // Режим доступа: https://anisoprintrus.orgs.biz/?ysclid=mn02jssw1v333944588 (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[118] Разработка и исследование композиционных материалов из акрилата с ПЭЭК для изготовления имплантатов тазобедренного сустава методом аддитивного производства (DLP 3D-печать) / Й. Дама, Б. Джоги, Р. Паваде [и др.] // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2025. – Т. 27, № 1. – С. 172-191.
[119] Опыт применения отходов аддитивного производства при изготовлении пористых полуфабрикатов из титановых сплавов ВТ1-00 и ВТ6 / А. А. Ширяев, А. А. Арисланов, С. В. Путырский, Н. Ф. Востриков // Труды ВИАМ. – 2025. – № 4(146). – С. 14-27.
[120] ОДК - Объединенная двигателестроительная корпорация // Режим доступа: https://www.uecrus.com/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[121] Аддитивные технологии в ОКБ Сухом – Кафедра ТиСАПРМП // Режим доступа: https://tsaprmp.imtm.info/2023/03/10/аддитивные-технологии-в-окб-сухом/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

разработки по развитию АТ. Для этого автором проведен обзор нормативно-правовой основы развития АТ в НИС России. Развитие аддитивных технологий в Российской Федерации законодательно и стратегически закреплено в ряде ключевых документов. Автором систематизирован перечень основных документов по уровням и типам управления (таблица 14).

Таблица 14 – Нормативно-правовое обеспечение развития АТ в НИС

№	Уровень	Тип документа	Законодательные акты
1	Президентский	Указы, поручения	Указы № 642, 204, 474, 145[122], 309[123],
2	Правитель-ственный	Распоряжения, стратегии	Распоряжение № 1913-р (Стратегия АТ до 2030), 3268-р[124]
3	Федеральный	Законы	ФЗ-172 «О стратегическом планировании»
4	Ведомственный	Приказы, планы	Приказы Минпромторга, Минобрнауки
5	Технический	ГОСТ	ГОСТ Р 57558-2017, ТР ТС 010/2011
6	Региональный	Стратегии субъектов	Программы Москвы, Татарстана и др.

Источник: составлено автором

Кратко охарактеризованы стратегические и программные документы федерального уровня развития АТ:

– в Указе Президента РФ № 642 от 01.12.2016 г. «О Стратегии научно-технологического развития РФ» определены приоритеты, включая «переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям[125]», аддитивные технологии упоминаются в контексте сквозных технологий (пункт 45.б Стратегии)[126];

[122] Указ Президента РФ О Стратегии научно-технологического развития РФ, N 145 от 28.02.2024 // Режим доступа: https://www.zakonrf.info/ukaz-prezident-rf-145-28022024/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[123] Указ Президента РФ О национальных целях развития РФ на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года, N 309 от 07.05.2024 // Режим доступа: https://www.zakonrf.info/ukaz-prezident-rf-309-07052024/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[124] Распоряжение Правительства РФ Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года, N 3268-р от 31.10.2022 // Режим доступа: https://www.zakonrf.info/rasporiazhenie-pravitelstvo-rf-3268-r-31102022/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[125] Сомонов, В. В. Совершенствование управления объектами интеллектуальной собственности в сфере аддитивного производства / В. В. Сомонов // Патенты и лицензии. Интеллектуальные права. – 2022. – № 11. – С. 42-49.
126 Указ Президента РФ О Стратегии научно-технологического развития РФ, N 642 от 01.12.2016 // Режим доступа: https://www.zakonrf.info/ukaz-prezident-rf-642-01122016/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

– в Указе Президента РФ № 204 поставлены задачу «ускорения технологического развития», где сквозные аддитивные технологии являются инструментом достижения целей[127] (пункт 11б Национальных целей и стратегических задач);

– в Указе Президента РФ № 474 сформулирована одна из целей «достойный, эффективный труд и успешное предпринимательство», которая коррелирует с развитием высокотехнологичных отраслей, включая аддитивные технологии [128] (пункт 2г Национальных целей до 2030 г.);

– Указ Президента РФ № 529 от 18.06.2024 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий», где перечислены критические и сквозные технологии[129] и сгруппированы по направлениям: информационные технологии, биотехнологии, новые материалы и др. Технологии в перечне включают, например, искусственный интеллект, квантовые вычисления, технологии создания новых материалов, геномные технологии и т.д.;

– Распоряжение Правительства РФ № 1913-р от 14.07.2021 г. «Стратегия развития аддитивных технологий в РФ на период до 2030 года» – ключевой профильный документ развития АТ[130];

– Распоряжение Правительства РФ № 1315-р от 20 мая 2023 г. Концепция технологического развития России до 2030 года, в которой подробно определяются сквозные и критические технологии, понятия и порядок формирования перечня, технологические инновации, отражающие

127 Указ Президента РФ О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года, N 204 от 07.05.2018 // https://www.zakonrf.info/ukaz-prezident-rf-204-07052018/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

128 Указ Президента РФ О национальных целях развития РФ на период до 2030 года, N 474 от 21.07.2020 // Режим доступа: https://www.zakonrf.info/ukaz-prezident-rf-474-21072020/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

129 Указ Президента Российской Федерации от 18.06.2024 г. № 529 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий» // Режим доступа: http://www.kremlin.ru/acts/bank/50755/print (Дата обращения 21.03.2026 г.).

130 Распоряжение Правительства РФ № 1913-р от 14.07.2021 г. «Стратегия развития аддитивных технологий в РФ на период до 2030 года» // Режим доступа: https://bazanpa.ru/pravitelstvo-rf-rasporiazhenie-n1913-r-ot14072021-h5250367/strategiia/5/1/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

сущность аддитивных технологий[131]. В ней определены «большие вызовы» и приоритеты, для ответа на которые и разрабатываются критические и сквозные технологии;

– Распоряжение Правительства РФ № 1789-р от 04.07.2023 г. Комплексная научно-техническая программа полного инновационного цикла "Новые композиционные материалы: технологии конструирования и производства» содержит положения о развитии аддитивных технологий для работы с этими материалами[132].

Анализ основных документов по развитию АТ в НИС России представлен в Приложении Б.

Автором на основе законодательной базы выявлены проблемы регулирования развития АТ в НИС[133] и представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Проблемы регулирования развития АТ в НИС

	Проблема	Характеристика проблемы
1	Юридическая неопределенность	Произведенные аддитивным способом детали формально не подпадают под традиционные категории "промышленной продукции", что затрудняет сертификацию (ВПК, медицине)
2	Разрозненность требований	Каждая отрасль (атомная, авиационная, медицинская) разрабатывает свои стандарты, что мешает созданию единого рынка АТ
3	Несоответствие международным нормам	Российские стандарты слабо гармонизированы с ISO/ASTM (например, ISO/ASTM 52900, 52901), что блокирует экспорт
4	Отсутствие аккредитованных центров	Нет системы независимых лабораторий для испытаний АТ-продукции

Источник: составлено автором

131 Распоряжение Правительства РФ Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года (вместе с Концепцией технологического развития на период до 2030 года), N 1315-р от 20.05.2023 // Режим доступа: https://www.zakonrf.info/rasporiazhenie-pravitelstvo-rf-1315-r-20052023/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

132 Распоряжение Правительства РФ от 4 июля 2023 г. № 1789-р | Документы ленты ПРАЙМ: ГАРАНТ.РУ // Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407286310/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

133 Ефремов, А. В. Обоснование требований к войсковому мобильному ремонтному комплексу аддитивных технологий / А. В. Ефремов // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению "новые материалы и энергетика в вооруженных Силах Российской Федерации" : Сборник статей научно-технической конференции, Анапа, 16–17 апреля 2025 года. – Анапа: Военный инновационный технополис "ЭРА", 2025. – С. 99-108.

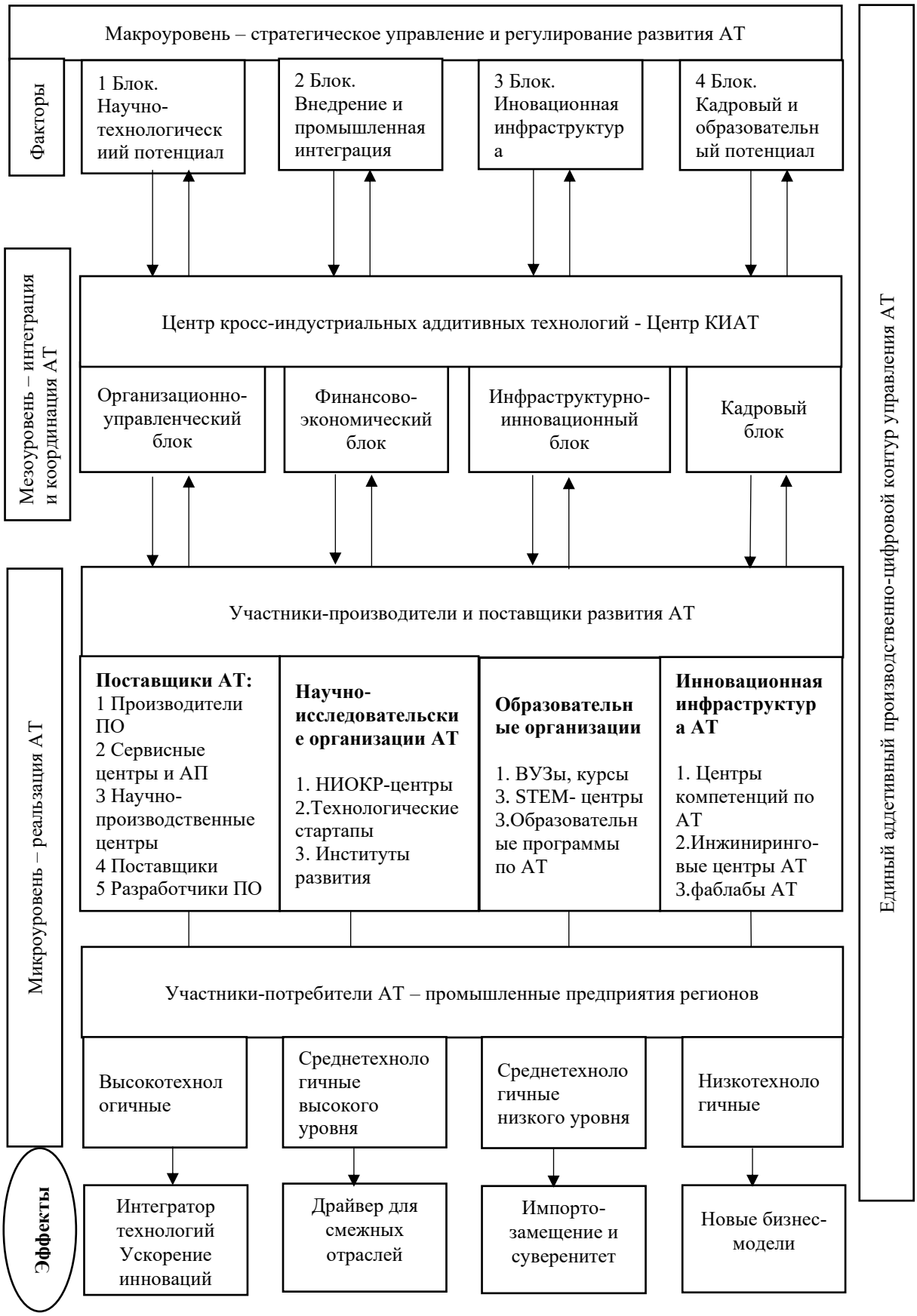
Необходимо отметить, что нормативная база находится в стадии формирования, что создает как риски[134], так и возможности для выработки концептуальных предложений.

В данном параграфе автором обоснована концептуальная модель развития АТ в НИС, которая отличается сквозным характером аддитивных технологий в рамках трехуровневого подхода НИС (макро-, мезо- и микроуровень) и взаимодействия участников развития АТ в едином аддитивном производственно-цифровом контуре НИС: государства, науки, образования, производителей и потребителей АТ, что позволяет ускорить технологический суверенитет, снизить импортозависимость, увеличить кумулятивный эффект от развития АТ, повысить вовлеченность технологичных предприятий, а также адаптировать НИС к глобальным вызовам (рисунок 9).

Отличительной особенностью предложенной концептуальной модели развития АТ в НИС является реализация сквозного управления в рамках единого аддитивного производственно-цифровой контура в НИС, начиная от стратегических приоритетов макроуровня через интеграционное ядро мезоуровня – Центр кросс-индустриальных аддитивных технологий (далее – Центр КИАТ) и заканчивая практической реализацией участников-производителей и участников-потребителей АТ на микроуровне с последующей обратной связью для корректировки политики.

На макроуровне концептуальная модель развития АТ в НИС включает блок стратегического управления и регулирования (государственная политика, законы, стратегии, нормативно-правовое регулирование, финансирование НИОКР, координация), формирующий институциональные условия для преодоления факторов, препятствующих развитию АТ.

[134] Третьякова, Л. А. Особенности оценки инновационных рисков с позиции их технико-экономических индикаторов в отраслевых системах / Л. А. Третьякова, Н. И. Лаврикова, Н. А. Азарова // Организатор производства. – 2023. – Т. 31, № 1. – С. 129-144.



Источник: разработано автором

Рисунок 9 – Концептуальная модель развития АТ в НИС

На мезоуровне концептуальной модели развития АТ в НИС взаимодействуют отраслевые кластеры, регионы, институты развития АТ в рамках предложенного автором центра кросс-индустриальных аддитивных технологий (далее – Центр КИАТ) – исполнительного органа с цифровой платформой. В работе проведена детализация функциональных блоков Центра кросс-индустриальных аддитивных технологий для управления сквозным развитием АТ и взаимодействия с разными субъектами в НИС (таблица 16).

На микроуровне модель развития АТ в НИС объединяет участников-производителей и участников-потребителей АТ, предприятия, стартапы, НИОКР-центры.

В число участников-производителей входят пять категорий участников аддитивного рынка (производители оборудования, сервисные центры, научные центры, поставщики, разработчики ПО).

В число участников-потребителей АТ входят промышленные предприятия различного уровня технологичности: высоко-, низкотехнологичные, среднетехнологичные высокого уровня, среднетехнологичные низкого уровня, которые в рамках единого аддитивного производственно-цифровой контура в НИС через взаимодействие с Центром КИАТ получают доступ к заказам, оборудованию, компетенциям и рынкам сбыта АТ[135][136].

Замкнутый контур управления обеспечивается за счет того, что данные о реализации аддитивных проектов на микроуровне аккумулируются в Центре КИАТ, анализируются и передаются на макроуровень для корректировки стратегических приоритетов и мер государственной поддержки[137] (таблица 16).

---

[135] Колмыкова, Т. С. Влияние аддитивных технологий на технологичность предприятий национальной инновационной системы / Т. С. Колмыкова, Е. Ю. Ершова // Естественно-гуманитарные исследования. – 2025. – № 6(62). – С. 421-426.

[136] Дудин, М. Н. Инновационная стратегия развития высокотехнологичных компаний: возможности проектного менеджмента / М. Н. Дудин, С. В. Шкодинский, И. А. Продченко // Экономика, предпринимательство и право. – 2021. – Т. 11, № 5. – С. 1131-1150.

[137] Шинкевич, А. И. Закономерности формирования инновационных сетей в условиях экономики замкнутого цикла / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, С. А. Башкирцева // Вестник университета. – 2022. – № 8. – С. 51-59.

Таблица 16 – Функциональные инструментальные блоки Центра кросс-индустриальных аддитивных технологий

	Блок механизма	Контур управления (роль в инновационном цикле)	Ключевые элементы по развитию АТ в регионе на предприятиях Курской области	Функции элементов по развитию АТ в регионе на предприятиях Курской области
1	Организационно-управленческий	Институциональный контур формирует структуру принятия решений и координации участников	1.1. Координационный совет по развитию АТ – стратегический уровень	Состав: заместитель губернатора по промышленности (председатель), руководители Минпрома, Минобрнауки КО, ректоры ЮЗГУ и КГУ, гендиректора предприятий-лидеров Функции: определение приоритетов («умная специализация»), утверждение региональной дорожной карты
			1.2. Региональный центр кросс-индустриальных аддитивных технологий – операционный уровень	База – создается на площадке ЮЗГУ. Функции: проектный офис, управляющий реализацией дорожной карты. Организует взаимодействие между вузами и предприятиями (например, помогает ООО НПО «Композит» найти заказчика на разработку новых материалов). Осуществляет мониторинг проектов и загрузки оборудования
			1.3. Отраслевые рабочие группы – экспертный уровень	Состав: главные инженеры и технологи предприятий по кластерам (машиностроение, АПК, приборостроение). Функции: формируют технические задания на разработки под нужды отрасли (например, ТЗ для АО «Курскхимволокно» на оптимизацию детали реактора). Проводят экспертизу результатов пилотных проектов
2	Финансово-экономический	Мотивационный и ресурсный контур создает стимулы для инновационной активности и снижает риски предприятий.	2.1. Региональный фонд развития аддитивных технологий (целевое финансирование)	Аккумулирует средства (областной бюджет и федеральные субсидии) для долевого финансирования проектов по приоритетным направлениям
			2.2. Субсидии и гранты (поддержка спроса)	Механизм «первой успешной детали»: Софинансирование до 70% затрат на НИОКР и печать опытного образца для предприятия. Выплата – только после приемки детали заказчиком. Поддержка проектов по реинжинирингу импортных запчастей
			2.3. Налоговые льготы и ускоренная амортизация	Льготы по налогу на имущество для организаций, приобретающих промышленные 3D-принтеры

Продолжение таблицы 16

	Блок механизма	Контур управления (роль в цикле инноваций)	Ключевые элементы по развитию АТ в регионе на предприятиях Курской обл.	Функции элементов по развитию АТ в регионе на предприятиях Курской области
			2.4. Льготное кредитование (поддержка масштабирования	Взаимодействие с Фондом развития промышленности для предоставления льготных займов на создание участков аддитивного производства на базе успешных пилотов
3.	Инфраструк-турно-иннова-ционный	Обеспечивающий контур предоставляет материально-техническую базу для инновационной деятельности	3.1. Центр коллективного пользования (ЦКП) «Аддитивные технологии» на базе ЮЗГУ:	Оснащение: Промышленные 3D-принтеры по металлу (SLM/DED) и полимерам (SLS, MJF), 3D-сканеры (партнерство с RangeVision). Функции: Обеспечение доступа малых и средних предприятий, стартапов к дорогостоящему оборудованию. Выполнение НИОКР по заказам компаний.
			3.2. Инжиниринговый центр АТ на базе ЮЗГУ и КГУ	Функции: Услуги по 3D-моделированию, топологической оптимизации, реинжинирингу. Подготовка управляющих программ для оборудования
			3.3. Сеть FabLab и ЦМИТ	Локализация: Курск (базовый), Железногорск, Курчатов, Льгов. Функции: Вовлечение молодежи и малого бизнеса, подготовка кадров начального уровня. Прототипирование для стартапов
4.	Кадровый	Компетентностный контур обеспечивает воспроизводство человеческого капитала для инноваций	4.1. Целевые образовательные программы (подготовка кадров)	Разработка совместно с ЮЗГУ и КГУ программ магистратуры и ДПО под запросы предприятий «инженер-технолог АТ», «оператор 3D-оборудования»
			4.2. Система переподготовки и повышения квалификации	Краткосрочные курсы для действующих инженеров предприятий по работе с конкретным ПО (генеративный дизайн) и оборудованием
			4.3. Стажировки и ассесмент (трансфер знаний)	Организация стажировок преподавателей и студентов на базе ведущих российских центров (АО «ЦАТ» Росатома, ЮЗГУ). Проведение открытых чемпионатов по 3D-моделированию
			4.4. Механизмы привлечения и закрепления талантов	Учреждение именных стипендий Губернатора для студентов, занимающихся АТ-разработками. Программа «Рабочая ипотека» для востребованных инженеров

Источник: составлено автором

Такой подход к интеграции аддитивных технологий в НИС позволяет учитывать всю сложность взаимодействий между государством, научными и образовательными организациями, участниками-производителями и предприятиями-потребителями АТ, а также способствует решению ключевой проблемы фрагментарности развития АТ в НИС России.

Предложенная концептуальная модель развития АТ в НИС эффективна только при наличии "сквозных" механизмов взаимодействия между уровнями, например, через дорожные карты или цифровые платформы[138]. Приведем основные параметры, подтверждающие обоснованность трехуровневой модели развития АТ в НИС:

1. Соответствие АТ структуре НИС. Внедрение АТ требует согласованных действий на всех уровнях НИС – от государственного финансирования на макроуровне до внедрения в отрасли на мезоуровне и переобучения инженеров на предприятиях на микроуровне[139].

2. Учет специфики АТ. Аддитивные технологии – кросс-отраслевая область, где эффективность процесса зависит от разных факторов на каждом уровне: единых стандартов на макроуровне; кооперации вузов и промышленности на мезоуровне; внедрения в цехах на микроуровне[140]. Без трехуровневой координации возникнут проблемы, например, предприятия приобретут 3D-принтеры, но не смогут сертифицировать продукцию из-за пробелов в законах).

3. Учет международного опыта. Германия в рамках стратегии «Industry 4.0» и Китай в программе «Made in China 2025» используют аналогичную модель АТ для цифровизации промышленности[141].

---

[138] Коломак, Е. А. Пространственное развитие современной России: факторы, механизмы, результаты / Е. А. Коломак // Регион: Экономика и Социология. – 2025. – № 4(128). – С. 27-51.

[139] Шинкевич, А. И. Цифровизация образовательных организаций как продукт- и процесс-инновация в экономике данных: управленческо-методические аспекты / А. И. Шинкевич, Э. Ш. Шаймиева, Г. И. Гумерова // Russian Journal of Economics and Law. – 2024. – Т. 18, № 2. – С. 387-421.

[140] Быстров, А. В. Индустриальная кросс-отраслевая экосистема беспилотных авиационных систем / А. В. Быстров, А. Г. Радайкин, О. В. Девяткин. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2024. – 160 с.

[141] Ползунова, Н. Н. Технологии цифровизации кластеров в промышленности / Н. Н. Ползунова // Экономика и управление в машиностроении. – 2024. – № 3. – С. 18-22.

Рассмотрим функции и направления взаимодействия субъектов развития аддитивных технологий в НИС. Для эффективного внедрения АТ в национальную инновационную систему требуется слаженная работа четырех ключевых участников: государства, науки, производства и образования. Каждый участник развития АТ выполняет уникальные функции, а их взаимодействие создает синергетический эффект.

1. Основные функции государственных органов управления АТ:

– регуляторная – разработка технических стандартов и сертификации АТ (аналоги ISO/ASTM), правовое регулирование интеллектуальной собственности[142] (патенты на 3D-печать),

– финансовая поддержка – субсидии и налоговые льготы для компаний, внедряющих АТ, гранты на НИОКР, например, программы ФПИ или Минпромторга),

– стратегическое планирование – национальные стратегические инициативы, создание индустриальных кластеров (аналоги "Сколково").

Взаимодействие научно-исследовательских организаций с другими участниками развития АТ в НИС: с государством – участие в госпрограммах,

– с производственными организациями – партнерство с промышленностью (совместные лаборатории Росатома и вузов)[143],

– с образовательными организациями – просветительские проекты (лекции, мастер-классы).

3. Основные функции производственных организаций (корпорации, стартапы, инвесторы): внедрение АТ в производство, использование 3D-печати для прототипирования и мелкосерийного выпуска (автопром, авиакосмос), снижение издержек (например, GE Aviation сократила детали двигателей с 20 до 1), инвестиции в инновации, венчурные фонды (РВК, I2BF)

[142] Авилова, В. В. Промышленная интеллектуальная собственность как основа обеспечения технологического суверенитета страны: региональный уровень создания и введения в оборот / В. В. Авилова // Вопросы региональной экономики. – 2025. – № 3(64). – С. 11-16.

[143] Повышение эффективности производственных систем на основе применения аддитивных технологий: современное Состояние и перспективы развития / В. Е. Петров, А. В. Олейник, Д. С. Трубашевский [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 8. – С. 88-97.

– поддержка стартапов, промышленные акселераторы (например, "Технопарки"), развитие инновационной инфраструктуры[144], создание цифровых платформ[145] (биржи 3D-моделей, облачные сервисы печати).

Взаимодействие производственных организаций с другими участниками развития АТ в НИС:

– с государством в нормативно-правовой сфере (регуляторная политика) – участие в разработке отраслевых стандартов (ГОСТ Р, ОСТ), технических регламентов и процедур сертификации АТ-продукции. Крупные корпорации («Росатом», «Ростех») делегируют своих представителей в технические комитеты Росстандарта (ТК 182 «Аддитивные технологии»), инициируют создание стандартов на металлические порошки и режимы печати, а также участвуют в формировании требований к сертификации АТ-деталей для авиации (АП-25) и медицины (регистрационные удостоверения на импланты);

– с государством в фискальной и инвестиционной сфере – лоббирование налоговых льгот, субсидий и льготных займов для АТ-компаний (например, через Фонд развития промышленности);

– с научно-исследовательскими организациями – заказ исследований у НИИ (например, Ростех и Курчатовский институт);

– с образовательными организациями – запрос на подготовку специалистов АТ.

4. Основные функции образовательных организаций: образование и просвещение в сфере АТ, введение курсов по 3D-моделированию в школах (STEM-образование); Фаблабы и мастерские для любителей (например, Moscow Maker Faire).

---

[144] Дорошенко, Ю. А. Формирование инновационной инфраструктуры региона как основа его эффективного развития / Ю. А. Дорошенко, И. О. Малыхина, И. В. Широкий // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2023. – № 2(99). – С. 45-54.

[145] Дроговоз, П. А. Оценка экономических эффектов на промышленных предприятиях в условиях платформенной цифровизации / П. А. Дроговоз, П. П. Пушкарева // Глобальный научный потенциал. – 2024. – № 12-1(165). – С. 218-220.

Взаимодействие образовательных организаций с другими участниками развития АТ в НИС:

– с государством – участие в публичных обсуждениях законопроектов;

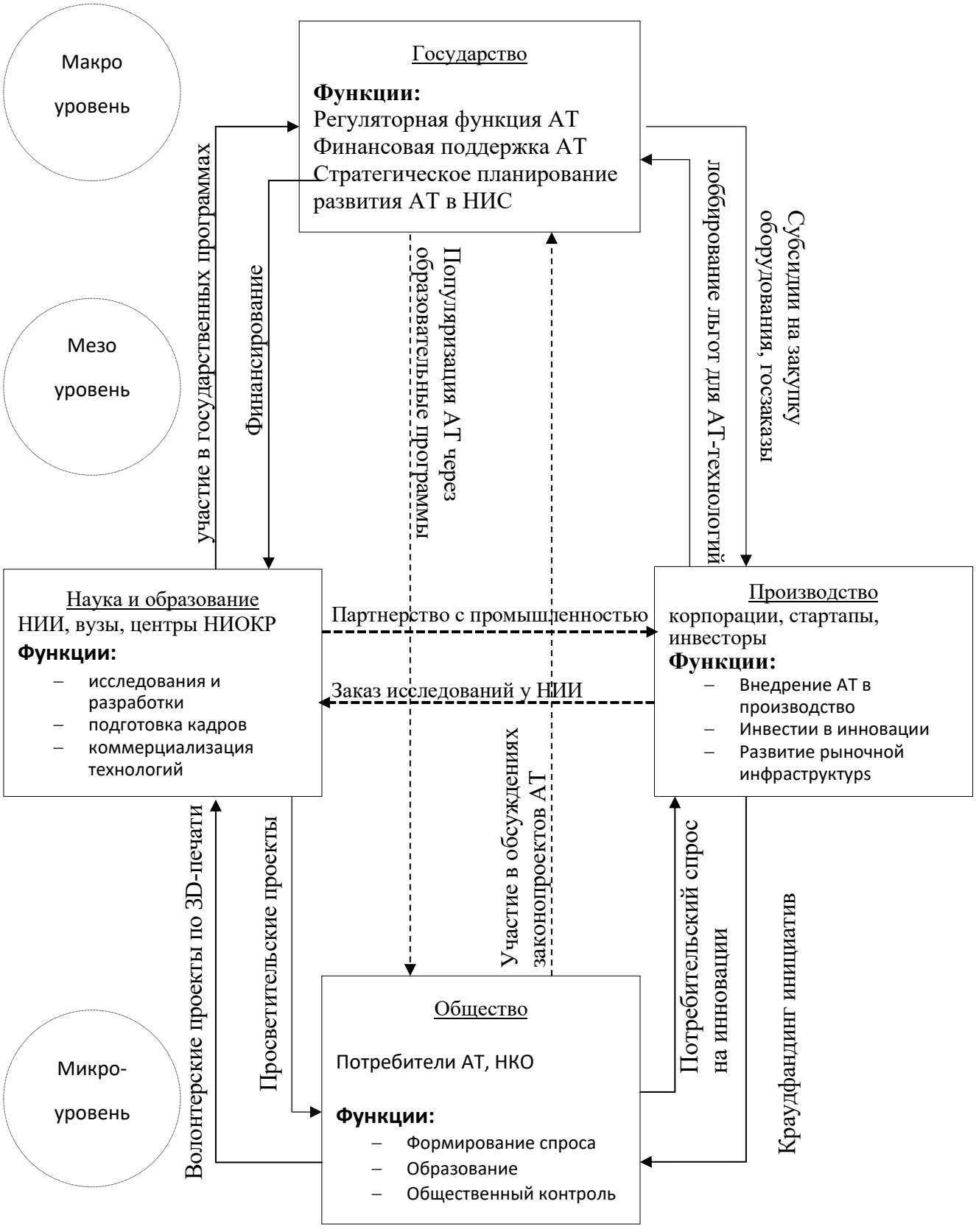
– с научно-исследовательскими организациями – гражданская наука – например, волонтерские проекты по 3D-печати;

– с бизнесом – потребительский спрос на инновации (например, 3D-печатные кроссовки).

Общественные организации (потребители, НКО) также участвуют развития АТ в НИС. Их функции: формирование спроса, популяризация кастомизированной продукции (3D-печать протезов, дизайнерских товаров), участие в краудсорсинговых проектах (например, разработка open-source 3D-моделей), общественный контроль, обсуждение этических аспектов (биопечать, оружие из 3D-принтеров), поддержка экологических инициатив (переработка материалов для печати).

Схема взаимодействия участников развития АТ в НИС автором представлена следующим образом: государство создает условия для науки и производства через законы и финансирование; наука поставляет производству технологии, которые превращаются в продукты; производство удовлетворяет запросы общества, формируя рынок; общество влияет на государство через обратную связь (например, поддержка "зеленых" инициатив) (рисунок 10).

Примером успешного взаимодействия участников развития АТ в НИС можно отметить 3D-печать в медицине: государство выделило грант на разработку биопринтеров; научно-исследовательская организация создала технологию печати хрящевых тканей; производственная организация запустила стартап и коммерческое производство; общество - пациенты получили доступ к персонализированным имплантам.



Источник: составлено автором

Рисунок 10 – Взаимодействие основных субъектов в НИС

Таким образом, для устойчивого развития АТ автором предлагаются следующие условия взаимодействия:

- государству – создать четкие «правила игры» (стандарты, льготы),
- научно-исследовательским организациям – ориентироваться на запросы бизнеса,
- производственным организациям – инвестировать в НИОКР и образовательные программы,
- образовательным организациям – выпускать высококомпетентных специалистов в области АТ,
- обществу – активно участвовать в формировании спроса и законодательно-этических норм.

Только при системном взаимодействии всех участников аддитивные технологии станут драйвером инновационной экономики.

В работе автором представлены преимущества трехуровневого подхода к интеграции субъектов в развитии АТ (таблица 17).

Таблица 17 – Преимущества трехуровневого подхода к развитию АТ

	Уровень	Задачи для АТ	Эффект
1	Макро (государство)	Разработка стратегии Финансирование НИОКР Гармонизация стандартов с ISO/ASTM	Создание «правил игры», снижение рисков для инвесторов
2	Мезо (регионы, отрасли)	Создание инжиниринговых центров Развитие кластеров (например, Росатом в Димитровграде) Подготовка кадров в вузах	Преодоление фрагментарности, синергия между наукой и производством
3	Микро (предприятия)	Внедрение АТ в цепочки производства Разработка цифровых двойников Кастомизация продукции	Рост конкурентоспособности, сокращение производственных циклов

Источник: составлено автором

Кумулятивный эффект от развития АТ в национальной инновационной системе заключается в ускорении технологического суверенитета, снижении импортозависимости, особенно в ВПК и медицине.

Далее автором выявлены риски и предложены практические решения по развитию аддитивных технологий в рамках трехуровневого подхода (таблица 18).

Таблица 18 – Риски и практические решения трехуровневого подхода к развитию АТ в НИС

	Риски развития АТ в НИС	Практические решения развития АТ в НИС
1	Дисбаланс в развитии уровней. Если господдержка (макро) есть, но вузы не готовят специалистов (мезо), предприятия (микро) не смогут внедрить АТ.	Создать сквозные координационные органы Национальный центр АТ (как в Сингапуре), связывающий: Минэкономразвития (макро), отраслевые ассоциации (мезо), технологические платформы предприятий (микро).
2	Бюрократические барьеры Согласование инициатив между уровнями может замедляться из-за межведомственных разногласий (Минпромторг и Минобрнауки), негибкости госпрограмм.	Внедрить цифровые инструменты: цифровой двойник НИС для мониторинга прогресса на всех уровнях; платформы для коллаборации (аналог Manufacturing USA).
3	Ресурсная асимметрия. Крупные госкомпании (Ростех, Росатом) получат преимущество на мезо-/микроуровне, а МСП останутся без поддержки.	Гибкое финансирование Связывать госсубсидии (макро) с KPI: Выделение средств → Внедрение АТ на 10+ предприятиях (микро) → Создание 500 рабочих мест (мезо)
4	Недоучет обратных связей Информация о проблемах на микроуровне (например, нехватка порошков) может годами не доходить до макрорегуляторов.	Стимулировать МСП: налоговые каникулы для стартапов в АТ; программы софинансирования закупки оборудования (например, 50% от государства)

Источник: составлено автором

Таким образом, трехуровневый подход развития АТ в НИС необходим для России, где фрагментарность развития АТ является системной проблемой. Его преимущества – комплексность и синергия – многократно перевешивают риски. Однако эффект развития АТ зависит от следующих условий:

- необходимы горизонтальные связи между уровнями, чтобы вузы знали запросы предприятий, а органы государственного управления – реальные барьеры бизнеса;

- необходима динамичная корректировка стратегий, например, через ежегодный мониторинг на платформах в рамках Национальных программ.

Без этого трехуровневая модель превратится в «вежливую фикцию», где решения на макроуровне не дойдут до цехов, а инновации предприятий утонут в согласованиях.

Предлагаемая концептуальная модель развития АТ в НИС предполагает получение ожидаемых эффектов:

- сокращение сроков разработки аддитивной продукции в 2-3 раза;
- рост доли АТ в промышленности до 10-15% (сейчас ~2-3%);
- снижение зависимости от импорта сложных деталей.

Считаем, что предложенная модель интегрирует АТ в НИС через координацию всех уровней – от госполитики до образования. Ключевой успех зависит от синергии между наукой, образованием, участниками-производителями, участниками-потребителями АТ и государственной поддержкой.

Эта модель отражает системный подход к развитию АТ, где каждый уровень и участник выполняет свою функцию, а их взаимодействие обеспечивает синергетический эффект для национальной инновационной системы.

Субъекты развития аддитивных технологий в НИС формируют сложную экосистему[146][147], где каждый игрок выполняет специфическую роль. Их можно структурировать по уровням влияния и функционалу:

1. Государственные институты на макроуровне, в том числе федеральные органы власти включают Минпромторг – разработка стратегий, финансирование НИОКР; Минобрнауки – интеграция АТ в образовательные стандарты[148], гранты на исследования; Росстандарт – создание нормативной базы (ГОСТы). Корпорации госучастия объединяют Росатом (проект

[146] Веселовский, М. Я. Цифровые экосистемы как драйвер развития высокотехнологичных производств / М. Я. Веселовский, Н. С. Хорошавина, А. В. Федотов // Beneficium. – 2025. – № 2(55). – С. 86-93.
[147] Селиверстов, Ю. И. Модель формирования инновационной экосистемы региона / Ю. И. Селиверстов, М. В. Люлюченко // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2019. – № 10-1. – С. 101-106.
[148] Юсупова, А. Т. Научно-практическии семинар "инновационные экосистемы как формы интеграции науки, образования и бизнеса" / А. Т. Юсупова, Н. А. Кравченко // Регион: Экономика и Социология. – 2021. – № 2(110). – С. 296-302.

"Аддитивные технологии") как ключевой технологический интегратор[149] металлической печати АТ и Ростех по вопросам внедрения АТ в оборонпром.

2. Научно-образовательные центры на мезоуровне, в числе которых входят НИТУ "МИСиС" – разработка новых материалов (например, жаропрочные сплавы для авиации); МГТУ им. Баумана – подготовка инженеров, исследования в области биопечати; Курчатовский институт – фундаментальные исследования. Инжиниринговые платформы[150], такие как Сколтех – трансфер технологий по стартапам; ЦНИИ КМ "Прометей" (в структуре Росатома) – сертификация металлических изделий.

Промышленные организации на микроуровне включают участников-производителей, участников-потребителей АТ (таблица 19).

Таблица 19 – Промышленные предприятия, использующие АТ

	Тип субъекта	Примеры в РФ	Роль
1	Крупные корпорации	ОДК, "Сухой", КамАЗ	Внедрение АТ в серийное производство (литьевые формы, турбинные лопатки)
2	Средний бизнес	"Picaso 3D", "АМТ-Спецавиа"	Разработка и производство оборудования
3	Стартапы	"РусАТ" (биопечать), "Anisoprint" (композиты)	Инновационные решения для нишевых рынков
4	Сервисные бюро	"Центр Аддитивных Технологий", "3D-Print"	Услуги печати для малого бизнеса

Источник: составлено автором

Стандартизующие организации: ISO/ASTM – их нормы (ISO 52900) становятся фактическим эталоном.

Автором выявлены ключевые проблемы взаимодействия субъектов АТ в НИС России:

- разрыв цепочек развития АТ состоит в том, что НИИ создают технологии АТ, но нет механизмов передачи бизнесу;
- дисбаланс в поддержке развития АТ, выражающийся в высокой степени концентрации государственного финансирования (до 80% средств

[149] Рыжов, И. В. Понятие и функции технологического интегратора в национальной инновационной системе / И. В. Рыжов, Д. И. Тараканов // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 3(176). – С. 444-447.
[150] Аддитивные технологии и реверс-инжиниринг. Обзор и применимость / Е. К. Зорин, Ю. О. Даринцева, М. Р. Миннибаев [и др.] // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2025. – № 5. – С. 99-125.

осваивается крупными госкорпорациями[151]) и крайне ограниченном доступе к ним для малых инновационных предприятий и стартапов, что приводит к монополизации инновационной инфраструктуры и сдерживанию развития низового сектора генерации инноваций;

- импортозависимость заключается в том, что, «российские» принтеры используют немецкие лазеры и китайскую электронику;
- региональная неравномерность отмечается в том, что 70% мощностей АТ сосредоточено в Москве, СПб и Новосибирске.

Успешное развитие АТ в России требует не просто наличия субъектов, а создания «кооперативных экосистем»[152] по отраслям (авиация[153], медицина, энергетика)[154]. Критически важно преодолеть изоляцию между наукой, бизнесом и государством через инструменты антикризисного управления[155] [156] в рамках межведомственных рабочих групп при Правительстве РФ, отраслевых консорциумах, создания стимулов для частных инвестиций в R&D (создания стимулов для частных инвестиций в R&D (налоговые преференции по принципу «super-deduction», позволяющие многократно увеличить сумму затрат на НИОКР, принимаемую к вычету при расчете налога на прибыль).

Разработанная концептуальная модель определяет субъектный состав и механизмы взаимодействия участников развития АТ. Однако ее функционирование невозможно без понимания стратегических целей, на достижение которых эта деятельность направлена. В мае 2024 года Указом

---

[151] Басистый, С. Г. Инструменты государственной поддержки развития аддитивных технологий в регионе / С. Г. Басистый, Е. К. Новосельская, Е. Ю. Ковалева // Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2023. – № 2(170). – С. 72-76.

[152] Рудычев, А. А. Формирование инновационных экосистем мезоуровня как инструмент развития промышленных предприятий / А. А. Рудычев, Ю. И. Селиверстов, М. В. Люлюченко // Modern Economy Success. – 2023. – № 5. – С. 28-34. –

[153] Формирование требований к мобильному аддитивному ремонтно-производственному комплексу для войскового ремонта авиационной техники и средств обеспечения полетов / А. В. Ефремов, А. А. Парамонов, А. С. Ляскин, С. В. Митрофанова // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2025. – № 35. – С. 130-138.

[154] Быстров, А. В. Методика интеграции высокотехнологичных предприятий на основе промышленных экосистем / А. В. Быстров, А. Г. Радайкин, С. В. Васильев // Экономика устойчивого развития. – 2025. – № 1(61). – С. 38-42.

[155] Митяков, С. Н. Формирование промышленных экосистем как инструмент антикризисного управления / С. Н. Митяков, Е. С. Митяков // Мир новой экономики. – 2024. – Т. 18, № 3. – С. 47-62.

[156] Юсупова, А. Т. Кооперация науки и бизнеса: уроки сибирского опыта / А. Т. Юсупова // Управление наукой: теория и практика. – 2021. – Т. 3, № 4. – С. 96-103. – DOI 10.19181/smtp.2021.3.4.12.

Президента РФ № 309 «утверждены новые национальные проекты, призванные обеспечить достижение национальных целей развития до 2030 года и на перспективу до 2036 года»[157], которые являются новым уровнем стратегического планирования, который конкретизирует цели развития АТ.

Анализ содержания этих проектов показывает, что аддитивные технологии, благодаря своей сквозной природе, выступают не просто одной из многих технологий, а критически важным инструментом, обеспечивающим технологическую основу для достижения конкретных социально-экономических результатов в большинстве из них. Проведенная в диссертации систематизация взаимосвязей АТ с новыми национальными проектами представлена в таблице 20.

Новые национальные проекты конкретизируют, в каких социально-экономических сферах должны быть применены сквозные аддитивные технологии.

На основании представленной систематизации АТ по ННП автором сделан ряд принципиальных выводов.

Во-первых, развитие АТ перестает быть узкоотраслевой задачей Минпромторга и превращается в межведомственный инструмент, ответственность за применение которого лежит на кураторах всех новых национальных проектов.

Во-вторых, систематизация АТ по ННП подтверждает выдвинутый в параграфе 1.1 тезис о двойственной природе АТ как сквозных и критических технологий. Они используются во всех сферах – от медицины в ННП «Продолжительная и активная жизнь» до цифровизации государства в ННП «Экономика данных и цифровая трансформация государства».

157 Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309 • Президент России «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» // Режим доступа: http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542 (Дата обращения 21.03.2026 г.).

Таблица 20 – Аддитивные технологии как инструмент реализации новых национальных проектов НИС с 2024 г.

№	Новые национальные проекты - 2024	АТ как инструмент ННП	Конкретное применение АТ в НИС	Вклад АТ в цели ННП в НИС
1.	«Продолжи-тельная и активная жизнь»	Персонализированная медицина и протезирование	3D-печать индивидуальных имплантов (черепные, суставные, зубные) с пористой структурой для лучшей остеоинтеграции. Биопечать (долгосрочная перспектива) для создания тканевых конструкций. Производство индивидуальных ортезов, протезов и корсетов быстро, дешево и точно по скану пациента. Печать хирургических шаблонов и моделей органов для планирования сложных операций, что повышает их успешность и снижает риски.	Повышение качества и доступности высокотехнологичной медицинской помощи, сокращение сроков реабилитации, активное долголетие
2.	«Семья»			
3	«Молодежь и дети»	Образование, профориентация и создание новых профессий	Оснащение детских технопарков «Кванториум», центров «IT-куб» и вузов 3D-принтерами. Внедрение образовательных программ по 3D-моделированию и аддитивным технологиям с младших курсов. Создание системы подготовки высококвалифицированных кадров (операторы, инженеры-технологи, материаловеды) для новой индустрии. Формирование национальных чемпионатов (WorldSkills) по компетенциям, связанным с АТ	Ранняя подготовка инженерных кадров, формирование технологической грамотности, создание мотивации для молодежи работать в технологичных секторах
4	«Кадры»			
5	«Инфра-структура для жизни»	Строительство и архитектура	Строительная 3D-печать зданий и сооружений (малоэтажное строительство, элементы инфраструктуры). Печать архитектурных элементов сложной формы (фасады, малые формы, элементы благоустройства). Оптимизация инженерных коммуникаций (легкие и эффективные теплообменники, каналы). Ремонт и восстановление инфраструктурных объектов методом наплавки	Сокращение сроков и стоимости строительства, повышение энергоэффективности зданий, создание уникальной архитектурной среды.
6	«Эффективная транспортная система»	Производство и ремонт транспортных средств	Легкие конструкции в авиации (кронштейны, элементы интерьера, топливные сопла) для снижения веса. Изготовление сложных деталей для автомобилей, поездов и судов (оптимизированные под нагрузку кронштейны, теплообменники).	Повышение эффективности и безопасности транспорта, снижение логистических издержек, развитие отечественного транспорта

Продолжение таблицы 20

№	ННП - 2024	АТ в ННП	Конкретное применение АТ в НИС	Вклад АТ в цели ННП в НИС
7	«Экологическое благополучие»	Ресурсоэффективность и экономика замкнутого цикла	Снижение материалоемкости за счет топологической оптимизации (изделие использует материал только там, где это необходимо). Минимизация отходов производства (аддитивные методы, в отличие от вычитающих, добавляют материал, а не убирают его). Рециклинг металлических порошков и полимеров. Создание легких конструкций для транспорта, снижающих расход топлива	Снижение углеродного следа промышленности, рациональное использование ресурсов
8	«Эффективная и конкурентная экономика»	Ядро технологического перевооружения	Импортозамещение критических деталей для станкостроения, энергетики, нефтегазового сектора. Развитие малого инновационного бизнеса (низкий порог входа в производство прототипов и мелких серий). Цифровизация производства и создание распределенных производственных сетей. Формирование нового экспортного потенциала (оборудование, материалы, услуги печати).	Формирование высокопроизводительных рабочих мест, рост несырьевого экспорта, повышение производительности труда
9	«Туризм и гостеприимство»	Создание уникальных туристических продуктов	Восстановление историко-культурных объектов (печать утраченных архитектурных элементов). Производство сувенирной продукции высокой степени кастомизации (фигурки туристов по 3D-скану, модели достопримечательностей). Создание макетов и интерактивных экспонатов для музеев	Повышение привлекательности туристических регионов, развитие креативных индустрий
10	«Международная кооперация и экспорт»	Предмет и средство кооперации	Экспорт российского аддитивного оборудования и материалов (особенно в страны СНГ, БРИКС, АСЕАН). Участие в международных технологических альянсах и консорциумах по развитию стандартов в АТ. Предоставление инжиниринговых услуг по цифровому моделированию и аддитивному производству	Диверсификация экспорта, интеграция в глобальные технологические цепочки на новых условиях
11	«Экономика данных и цифровая трансформация государства»	Цифровая основа всего цикла	Цифровые двойники изделий – виртуальная модель, на основе которой идет печать. Формирование национальных библиотек цифровых моделей (в т.ч. для медицины и промышленности). Использование искусственного интеллекта для оптимизации структур и процессов печати. Цифровые платформы для распределенного заказа и производства	Создание цифровых активов, повышение эффективности госуправления в промышленной сфере, реализация принципа «digital first»

Источник: составлено автором

В-третьих, такая систематизация создает основу для интеграции отраслевых планов, зафиксированных в «Стратегии развития аддитивных технологий до 2030 года», в общую канву национальных стратегических приоритетов, что требует высокой степени координации и создания сквозных межпроектных рабочих групп, элементы которой заложены в разработанной концептуальной модели.

Проведенный в Приложении Б анализ нормативно-правовой базы регулирования АТ позволяет выделить несколько ключевых документов, определяющих траекторию развития отрасли, и оценить степень их влияния на НИС (таблица 21).

Таблица 21 – Влияние ключевых нормативно-правовых актов на развитие аддитивных технологий в НИС

	Документ	Основное содержание	Влияние на развитие АТ	Степень реализации
	Указ № 642 (Стратегия НТР РФ)	Определение приоритетов, включая цифровые производственные технологии	АТ включены в перечень сквозных технологий (п. 45.б)	Высокая (стратегический уровень)
	Указ № 529 (Приоритетные наукоемкие технологии)	Утверждение перечня критических и сквозных технологий	АТ отнесены к технологиям создания новых материалов	Средняя (требуется детализация)
	Распоряжение № 1913-р (Стратегия АТ до 2030)	Целевые показатели рынка, экспорта, кадров	Базовый отраслевой документ, задает KPI	Реализуется (ежегодный мониторинг)
	Распоряжение № 1315-р (Концепция технологического развития до 2030)	Определение механизмов технологического суверенитета	АТ – инструмент импортозамещения и цифровизации	Высокая
	Национальные проекты (2024–2030)	11 ННП	АТ как инструмент достижения целей ННП (таблица 19)	Стадия формирования

Источник: составлено автором

Анализируя влияние ключевых нормативно-правовых актов на развитие аддитивных технологий в НИС, необходимо отметить следующие закономерности:

происходит переход от точечной поддержки к системной политике, то есть если до 2021 года меры поддержки АТ носили фрагментарный характер (отдельные гранты, инициативы госкорпораций), то после утверждения Стратегии АТ до 2030 года в 2021 году и Концепции технологического развития в 2023 году, АТ начинают рассматриваться как системный элемент технологического суверенитета.

Усиливается интеграция в национальные проекты, то есть на основании представленных выше аддитивных технологий как инструмента реализации новых национальных проектов, можно отметить, что АТ «прошивают» большинство ННП – от здравоохранения до цифровой трансформации. Это означает, что развитие АТ перестает быть узковедомственной задачей Минпромторга и становится межведомственным приоритетом.

Сохраняются проблемы реализации АТ, несмотря на стратегическую проработанность, выявлены следующие разрывы:

- отсутствие единой методики оценки эффективности мер поддержки АТ;
- низкая координация между федеральными и региональными программами по развитию АТ;
- запаздывание стандартизации АТ (нормативная база отстает от технологий на 3–5 лет).

Нормативно-правовая среда создала институциональную рамку для развития АТ, но ее наполнение конкретными, скоординированными инструментами поддержки остается актуальной задачей, решение которой предложено в разработанном организационно-экономическом механизме развития АТ в глава 3.

Таким образом, автором обоснована концептуальная модель развития АТ в НИС, которая отличается сквозным характером аддитивных технологий в рамках трехуровневого подхода НИС (макро-, мезо- и микроуровень) и

взаимодействия участников развития АТ в едином аддитивном производственно-цифровом контуре НИС: государства, науки, образования, производителей и потребителей АТ, что позволяет ускорить технологический суверенитет, снизить импортозависимость, увеличить кумулятивный эффект от развития АТ, повысить вовлеченность технологичных предприятий, а также адаптировать НИС к глобальным вызовам.

Предложенная концептуальная модель развития АТ в НИС на разных уровнях (макро-, мезо-, микро-) с участием государства, науки, производства и общества позволяет:

1. Обеспечить системность внедрения АТ, то есть согласованность стратегий на всех уровнях (от госполитики до конкретных предприятий), например, национальная программа поддержки АТ на макроуровне реализуется в региональных индустриальных кластерах на мезоуровне, что основано на стартапах и цехах 3D-печати на микроуровне.

2. Оптимизировать распределение ресурсов – это означает, что государство финансирует инфраструктуру на макроуровне, наука разрабатывает технологии на мезоуровне, бизнес внедряет их в производство на микроуровне, а также снижает дублирование функций (например, вузы готовят кадры под запросы конкретных предприятий).

3. Ускорить коммерциализацию инноваций, то есть установить прямую связь между научными исследованиями на мезоуровне и рыночными потребностями нат микроуровне, например, НИИ создает новый материал для АТ, стартап тестирует его на промышленном принтере, корпорация масштабирует технологию.

4. Повысить вовлеченность общества означает, что образовательные инициативы (микро) поддерживаются государственными стандартами (макро). Краудсорсинговые платформы для 3D-моделей связывают пользователей (общество) и производителей (бизнес).

5. Адаптироваться к глобальным вызовам.

Гибкость модели позволяет быстро реагировать на изменения (например, переход к локализации производства после санкций).

Эти мероприятия позволяют усиливать национальную инновационную систему на всех уровнях:

- макроуровень – государственное управление задает стратегические приоритеты, такие как импортозамещение в АТ;
- мезоуровень – наука, регионы обеспечивают передачу знаний и технологий;
- микроуровень – бизнес, общество создает спрос и практическое применение.

Считаем, что предложенная концептуальная модель развития АТ превращает НИС в работоспособную систему, где все участники взаимосвязаны и взаимодействуют на положительный результат, а аддитивные технологии становятся не отдельным направлением, а ядром технологического суверенитета.

Выводы по 1-ой главе

В первой главе диссертации автором развиты теоретические основы исследования аддитивных технологий в контексте национальной инновационной системы, уточнен понятийный аппарат, предложено авторское определение АТ, учитывающее их двойственную природу как сквозных и критических технологий. Проведен сравнительный анализ аддитивных и традиционных методов производства, выявлены области наибольшей экономической эффективности применения АТ (сложные, мелкосерийные, кастомизированные изделия) и обоснована необходимость гибридного подхода, сочетающего аддитивные и субтрактивные технологии.

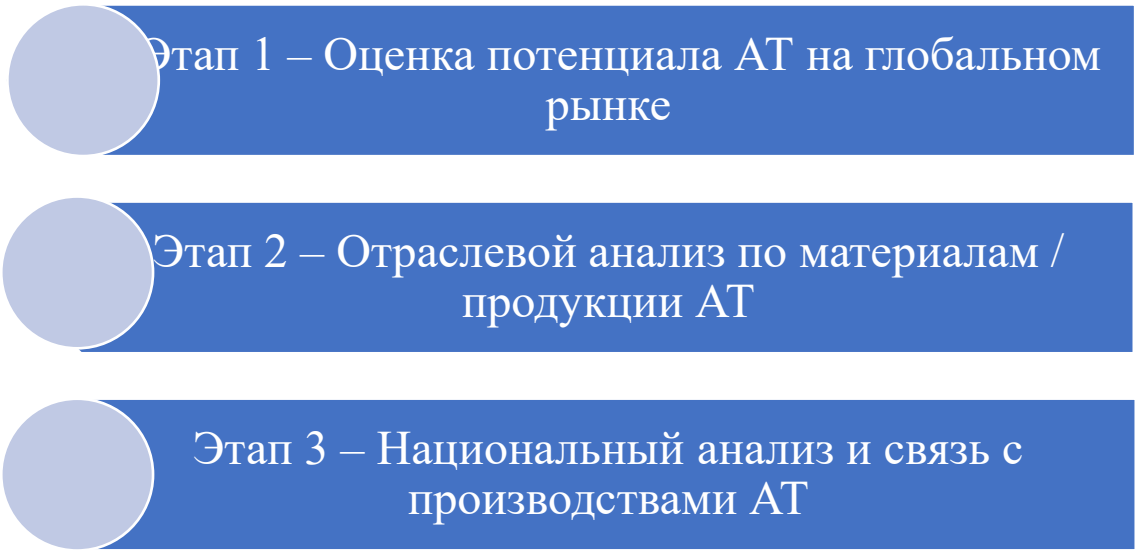
Автором предложена оригинальная классификация факторов, препятствующих развитию аддитивных технологий в национальной инновационной системе, отличающаяся четырехкомпонентным составом (научно-технологический потенциал, внедрение и промышленная интеграция, инновационная инфраструктура, кадровый и образовательный потенциал) в трехуровневой структуре НИС, предложенным комплексом мер государственного регулирования, дифференцированных по уровням НИС, что позволяет обеспечить системный подход к преодолению барьеров, способствует эффективной интеграции аддитивных технологий на разных уровнях национальной инновационной системы.

Автором обоснована концептуальная модель развития АТ в НИС, которая отличается сквозным характером аддитивных технологий в рамках трехуровневого подхода НИС (макро-, мезо- и микроуровень) и взаимодействия участников развития АТ в едином аддитивном производственно-цифровом контуре НИС: государства, науки, образования, производителей и потребителей АТ, что позволяет ускорить технологический суверенитет, снизить импортозависимость, увеличить кумулятивный эффект от развития АТ, повысить вовлеченность технологичных предприятий, а также адаптировать НИС к глобальным вызовам.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ К ОЦЕНКЕ ПОТЕНЦИАЛА АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НАЦИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

2.1. Реализация первого этапа методического подхода к оценке потенциала аддитивных технологий на глобальном рынке

Во второй главе диссертационного исследования реализуется методический подход к оценке потенциала аддитивных технологий в национальной инновационной системе[158]. Логика главы выстроена в соответствии с тремя последовательными этапами предложенного подхода (рисунок 11).



Источник: разработано автором

Рисунок 11 – Этапы методического подхода к оценке потенциала АТ в НИС

Такой методический подход позволяет комплексно оценить текущее состояние и перспективы развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе, учитывая как международный опыт, так и специфику

[158] Ершова, Е. Ю. Оценка использования материалов аддитивных технологий в национальной инновационной системе / Е. Ю. Ершова // Инновации в менеджменте. – 2025. – № 3(45). – С. 50-57.

технологического уровня отраслей России[159], а также ключевые элементы производственно-сбытовой цепочки, такие как материалы, сырье, готовая продукция, что обеспечивает:

– на основе сравнительного анализа выявление позиций РФ на глобальном рынке АТ на этапе 1;
– на основе отраслевой детализации определение потенциала внедрения АТ в разных сегментах промышленности на этапе 2;
– на основе ресурсной оценки анализ обеспеченности материально-сырьевой базы и спроса на продукцию на этапе 3.

Результатом становится стратегически обоснованная модель интеграции АТ в НИС, направленная на усиление конкурентоспособности, импортозамещения и технологический прорыв НИС.

Первый этап методического подхода нацелен на определение места России в глобальном ландшафте аддитивных технологий. Без понимания мировых трендов, масштабов рынка и стратегий стран-лидеров невозможна выработка адекватной национальной политики.

Общий анализ развития АТ, проведенный в параграфе 1.2 первой главы, свидетельствует о том, что глобальный рынок АТ вступил в фазу зрелого роста, характеризующуюся переходом от экспериментального прототипирования к промышленному серийному производству[160]. Ключевыми драйверами выступают аэрокосмическая, медицинская и автомобильная отрасли, где аддитивные технологии обеспечивают не просто сокращение издержек, а качественное изменение характеристик продукции, таких как снижение веса, кастомизация, функциональная интеграция. В ближайшие 10 лет прогнозируется рост рынка на 385%, что подтверждает

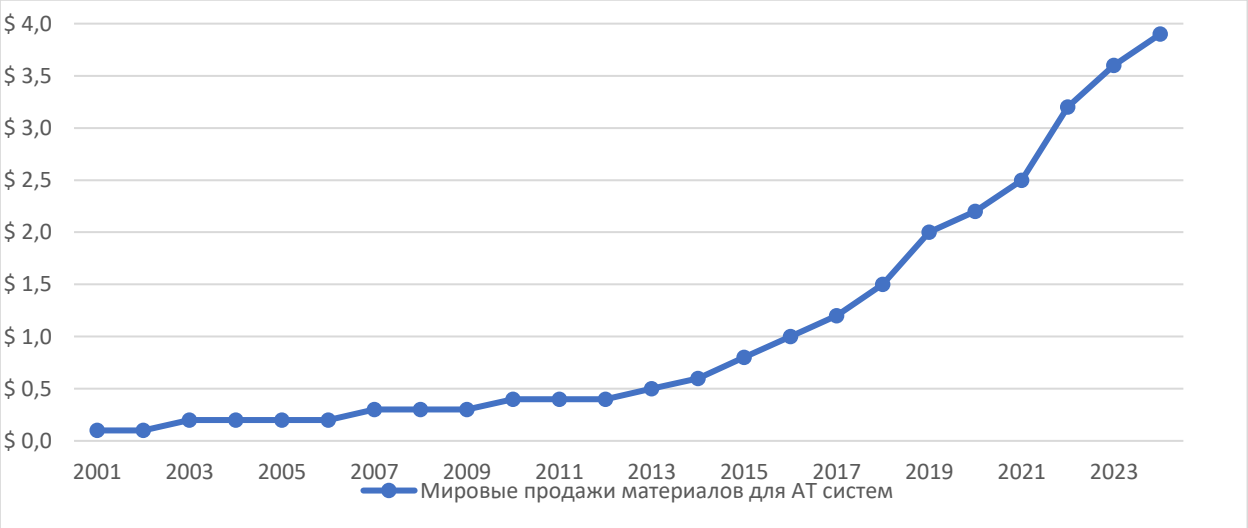
[159] Бабкин, А. В. Анализ современного состояния и перспективы развития аддитивных технологий в цифровой экономике / А. В. Бабкин, Д. В. Воронов // Развитие цифровой экономики в условиях деглобализации и рецессии. – Санкт-Петербург : Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2019. – С. 96-113.
[160] Каминский, А. А. Анализ трендов рынков аддитивных технологий / А. А. Каминский, М. И. Ананич // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2023. – Т. 6, № 1. – С. 77-84.

статус АТ как одного из ключевых драйверов шестого технологического уклада. Это создает как вызовы, так и возможности для национальных инновационных систем, стремящихся встроиться в новые технологические цепочки.

В данном параграфе последовательно анализируются динамика и структура глобального рынка АТ, его сегментация по ключевым элементам, региональная структура, что позволяет идентифицировать текущую позицию РФ и выявить потенциальные «точки роста» для интеграции в мировую цепочку создания стоимости.

Аддитивные технологии за последние десятилетия превратились из экспериментального метода прототипирования в ключевой драйвер промышленной трансформации. Их развитие напрямую связано с динамикой рынков материалов, оборудования, программного обеспечения и сервисов, что отражается в данных, представленных в анализируемых ниже рисунках.

Во-первых, исследуем сегментацию рынка АТ по ключевым элементам, таким как материалы, оборудование, услуги, ПО.



Источник: составлено автором[161]

Рисунок 12 – Динамика мировых продаж материалов для АТ систем в 2001-2023 гг. (в млрд долл.)

[161] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

На рисунке 12 отражается тренд мировых продаж материалов для АТ-систем, причем поступательный рост с 0,1 млрд долларов в 2001 году до 3,9 млрд долларов в 2024 г., что составило увеличение продаж на 3900 % за 23 года. Можно сделать вывод, что рынок материалов для АТ растет экспоненциально. На основании анализа данных необходимо рекомендовать производителям АТ в НИС России увеличить инвестиции в производство материалов, особенно полимерных порошков и металлов, а также создавать национальные стандарты качества для материалов.

Источник: составлено автором на основании[162]

Рисунок 13 – Динамика доходов поставщиков услуг АТ в 1994-2024 гг. (млрд долл.)

Исследуя рисунок 13, необходимо отметить поступательный рост доходов поставщиков услуг АТ. В течение 30-ти лет заметен тренд увеличения с 0,1 млрд долларов в 1994 году до 12 млрд долларов в 2024 году, что показывает прирост на 12000 %. Это свидетельствует о том, что сервисные модели – драйвер рынка аддитивных технологий по всему миру.

[162] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

Сервисная модель «печать по требованию» имеет принципиальное значение для сегмента малого и среднего предпринимательства (далее – МСП). Для малого бизнеса приобретение промышленного 3D-принтера (стоимостью от 3–5 млн руб. для металлических систем и выше) часто экономически недоступно. Сервисные центры (категория 2 в таблице 29) позволяют МСП: 1) получить доступ к технологиям без капитальных затрат; 2) тестировать рыночный спрос перед инвестициями; 3) использовать аддитивное производство как «аутсорсинг» для прототипирования и мелких серий. Таким образом, рост сервисного сегмента (доходы поставщиков услуг выросли в 120 раз за 30 лет) прямо коррелирует с потенциальной доступностью АТ для малого бизнеса, который в противном случае оставался бы исключенным из аддитивной отрасли.

Источник: составлено автором на основании[163]

Рисунок 14 – Динамика поставщиков материалов АТ в 1988-2024 гг., в единицах

На основе данных рисунка 14, показана динамика количества поставщиков материалов для АТ в мировой практике, начиная с 1988 года по 2024 год.

[163] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

Необходимо отметить экспоненциальный рост, особенно с середины 2000-х годов, и последующую консолидацию от 1000 предприятий в 1988 году до 30000 предприятий в 2022 году. Наблюдается динамика числа поставщиков материалов АТ в 1988-2024 гг. в рамках условных четырех этапов развития АТ:

1. 1988-2003 гг. – стагнация от 1000 до 2000 поставщиков;

2. 2004-2014 гг. – быстрый рост от 3000 до 13500 поставщиков;

3. 2015-2022 гг. – стремительный рост в 3 раза, несмотря на уменьшение в 2015 г. и 2020 году;

4. 2023-2024 гг. – значительное снижение до 25000 поставщиков или на 16,7 %.

Исследования динамики 25 лет подтверждают значительное увеличение поставщиков материалов в эпоху зрелости АТ (с середины 2000-х). Однако резкое уменьшение числа поставщиков в 2023 году (до уровня 2021 года) является предупреждающим сигналом, что может указывать на следующие риски:

– серьезную консолидацию рынка, в том числе слияния или поглощения, банкротства;

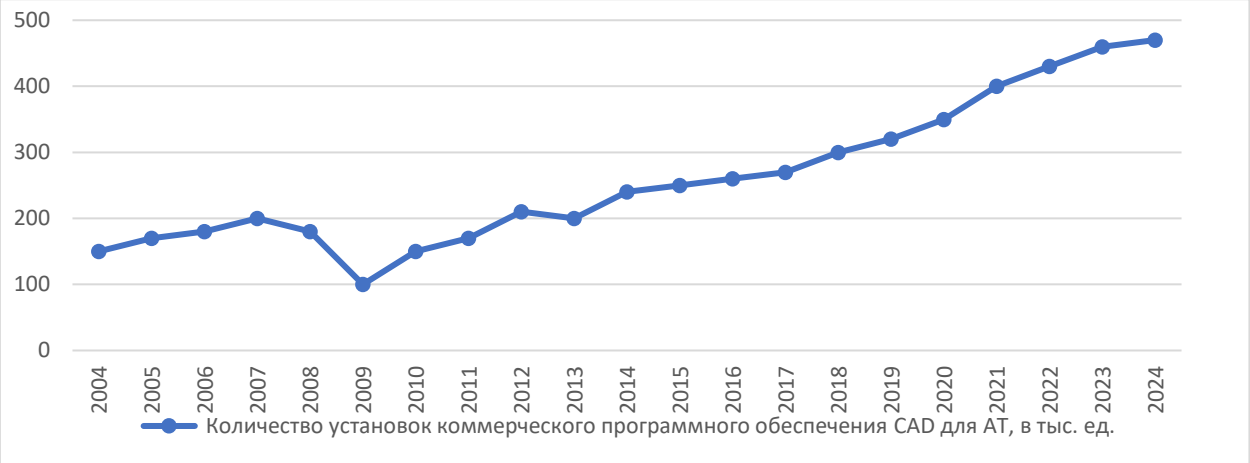
– воздействие макроэкономических факторов, таких как инфляция, спад, проблемы цепочек поставок;

– сокращение инвестиций в отрасль[164].

Это падение требует внимательного изучения причин.

Анализируя рисунок 15, можно отметить увеличение количества установок CAD программного обеспечения, причем со 150 тыс. единиц в 2004 году до 470 тыс. единиц в 2024 году (на 213 %).

[164] Суслов, Н. И. Влияние институтов на инвестиционный спрос: межстрановый анализ / Н. И. Суслов, Е. Н. Исупова, А. И. Иванова // Проблемы прогнозирования. – 2026. – № 1(214). – С. 70-83.



Источник: составлено автором[165]

Рисунок 15 – Динамика количества установок коммерческого программного обеспечения CAD для АТ, в тыс. ед.

Из этого можно сделать вывод, что CAD – основа для АТ, но прослеживается зависимость от иностранного ПО (Autodesk[166], SolidWorks[167]). В качестве рекомендации можно предложить инвестировать в отечественные аналоги (например, КОМПАС-3D[168]), ввести обязательное обучение CAD в технических вузах.

Сопоставление динамики продаж материалов, роста доходов сервисных поставщиков и увеличения количества установок CAD-ПО позволяет автору сделать вывод о формировании целостной экосистемы АТ. Наибольший мультипликативный эффект демонстрирует сервисный сегмент развития АТ, где доходы выросли в 120 раз за 30 лет, что указывает на смещение бизнес-моделей от простой продажи оборудования к предоставлению услуг «печати по требованию» и комплексного инжиниринга[169]. Это критически важный

[165] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf
[166] Autodesk | Программное обеспечение для проектирования, строительства и 3D дизайна / Официальный сайт Autodesk // Режим доступа: https://autodesk.официальный.рус (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[167] Solidworks (Official) (solidworks) – профиль | Pinterest / Официальный сайт SolidWorks // Режим доступа: https://ru.pinterest.com/solidworks/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[168] КОМПАС-3D. Официальный сайт САПР КОМПАС // Режим доступа: https://kompas.ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[169] Аддитивные технологии и реверс-инжиниринг. Обзор и применимость / Е. К. Зорин, Ю. О. Даринцева, М. Р. Миннибаев [и др.] // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2025. – № 5. – С. 99-125.

тренд для понимания перспектив развития малого и среднего инновационного бизнеса.

Во-вторых, рассмотрим региональную структуру и позиционирование стран-лидеров развития АТ.

Источник: составлено автором[170]

Рисунок 16 – Установка систем аддитивного производства по странам мира в 2024 г.

Анализируя данные на рисунке 16 по установке систем аддитивного производства в мире и исследуя распределение по странам, можно выделить в представленной структуре группы установленных систем аддитивного производства в различных странах.

Первая группа – лидеры, в числе которых следующие страны:

– США (30,9%) – абсолютный мировой лидер, что объясняется развитой инновационной экосистемой, высокими инвестициями в НИОКР и

[170] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

активным внедрением АМ в аэрокосмическую, медицинскую и оборонную промышленность[171],

– Китай (11,5%) – быстро растущий рынок благодаря государственной поддержке (программа "Made in China 2025") и развитию собственных технологий 3D-печати,

– Япония (8,1%) – традиционно сильные позиции в промышленной робототехнике и точном машиностроении, включая автомобилестроение и электронику.

Вторая группа – средний уровень стран: Южная Корея (4,7%), Франция (3,3%), Германия (3,2%) – развитые технологические экономики с фокусом на автомобилестроение, авиацию и медицинские применения АМ.

Третья группа – аутсайдеры, к которым относятся Турция (1,9%), Испания (1,5 %), Индия (1,1 %) – относительно низкая доля, но потенциал роста за счет локализации производств и госпрограмм.

Как показано на рисунке 16, глобальный рынок АТ высоко концентрирован. На долю США, Китая и Европы приходится более 70% установленных промышленных систем. Однако простое распределение долей не раскрывает механизмов, позволяющих этим странам занимать лидирующие позиции. Сравнительный анализ стратегий, институтов и инструментов поддержки АТ в США, Китае и Германии (как лидере Европы)» проведен в таблице 22.

Анализ позволяет выделить три различные модели развития АТ: американскую (инновационная экосистема, венчурное финансирование, патентная активность), китайскую (государственное форсирование, технологический суверенитет, масштабирование) и европейскую (промышленная точность, кооперация науки и бизнеса, стандартизация). Для России, с учетом ее институциональных особенностей, наиболее релевантным

[171] Шинкевич, А. И. Исследование тенденций развития процессов разработки и внедрения технологических инноваций в оборонной промышленности / А. И. Шинкевич, Т. В. Малышева, Д. В. Харитонов // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2023. – № 3. – С. 80-85.

представляется гибридный подход, сочетающий государственное стимулирование (по примеру Китая) с развитием венчурного финансирования и кооперации науки и бизнеса (по примеру США и Германии).

Таблица 22 – Сравнительный анализ стратегий стран-лидеров в области аддитивных технологий

	Параметр	США	Китай	Германия (Европа)
1	Страте-гический документ	AM Forward (2022), America Makes (2012)	Made in China 2025 (2015), План развития аддитивной промышленности (2017)	Industry 4.0 (2011), Nationale Strategie Additive Fertigung (2021)
2	Ключевые институты	America Makes (Национальный институт аддитивного производства), ASTM International	Национальный центр аддитивного производства (Beijing), технологические парки (Shenzhen, Xi'an)	Plattform Industrie 4.0, Fraunhofer-Gesellschaft (институты ILT, IWU)
3	Механизмы поддержки АТ	Федеральное финансирование R&D (DoD, NASA, NSF), венчурные инвестиции, налоговые льготы (R&D tax credit)	Прямые госсубсидии, льготные кредиты, создание технопарков, госзаказ для оборонки	Госпрограммы (Horizon Europe), промышленные консорциумы, кластеры (например, Cluster Additive Manufacturing Bavaria)
4	Фокус развития АТ	Аэрокосмос, медицина, оборона, сервисные модели	Полный цикл: от дешевых FDM-принтеров до промышленного SLM, строительная 3D-печать	Промышленная точность, металлическая 3D-печать, лазерные технологии, автомобилестроение
5	Достигнутые результаты	38,8% мирового рынка промышленных АТ-систем; лидер по патентам (4721 тыс. в 2024 г.)	11,5% мирового рынка; рост с 5% за 5 лет; лидер по темпам роста	23,0% мирового рынка; лидер в DED-технологиях и высокоточных PBF-системах

Источник: составлено автором

Помимо анализа страновых стратегий, важным аспектом международного контекста является мониторинг перспективных технологических трендов, которые в ближайшие 5–10 лет могут определить

облик отрасли. В работе были выделены три направления, которые в первоначальной версии были освещены фрагментарно, а теперь систематизированы в таблице 23.

Таблица 23 – Перспективные технологические тренды в области аддитивных технологий (зарубежный опыт)

Тренд / Направление	Суть технологии	Зарубежные примеры	Уровень зрелости	Потенциал для России
Био-принтинг	3D-печать живых тканей и органов с использованием биочернил (клетки + гидрогели)	Prellis Biologics (США) – печать капилляров; CELLINK (Швеция) – коммерческие биопринтеры; Wake Forest Institute (США) – импланты кожи	(лабораторные образцы, доклинические испытания	Высокий (медицина, транс-плантология); требует развития биосовместимых материалов и регуляторики
Строительная 3D-печать	Послойная печать зданий и сооружений бетонными смесями	COBOD (Дания) – печать домов; ICON (США) – доступное жилье; Winsun (Китай) – многоэтажные дома	опытно-промышленная эксплуатация	Средний (малоэтажное строительство, сельские территории); требуется адаптация ГОСТов
Композиционные материалы для АТ	Печать углеволокном, графеновыми добавками, кевларом для сверхлегких и прочных деталей	Markforged (США) – непрерывное армирование волокном; Anisoprint (Россия) – композитная печать; 9T Labs (Швейцария) – серийное производство	опытное производство	Высокий (авиация, беспилотники, спорт); у России есть задел (Anisoprint, НПО «Композит»)

Источник: составлено автором

Анализ показывает, что по трем перспективным направлениям Россия находится на начальном или среднем уровне развития. По биопринтингу и композитам имеется научный задел, но требуется масштабирование и промышленная апробация. По строительной 3D-печати – отставание, которое может быть преодолено через адаптацию зарубежного опыта с учетом российских климатических и регуляторных условий. Учет этих трендов важен для формирования национальной технологической повестки.

Развитие глобального рынка АТ может положительно повлиять на экономическую позицию нашей страны в аддитивном производстве. Россия может занять нишу в производстве металлических порошков (титан[172], алюминий). Важно развивать экспортные возможности АТ, особенно в странах Азиатско-Тихоокеанского региона – АРАС. В России по данным ВШЭ аддитивное производство увеличилось на 18% в 2024 году [173], особенно в авиакосмической и медицинской отраслях. Расширение областей применения, например, в медицине – печать тканей, кастомных имплантов, в строительстве – 3D-печать зданий[174], в энергетике – топливные элементы в Росатоме.

Автором сделан вывод, что глобальный рынок АТ характеризуется высокой концентрацией в трех центрах (США, Европа, Азия), устойчивым ростом (прогноз +385% до 2033 г.), доминированием полимерных порошков и металлов, а также переходом от прототипирования к серийному производству. При этом Россия занимает крайне скромное место (2,1% установленных систем), что указывает на значительное отставание и необходимость выявления факторов, препятствующих развитию. Глобальный анализ развития АТ в мире на основе исследованной статистики позволяет выявить ключевые факторы отставания России, что представлено в таблице 24.

---

[172] Неулыбин, С. Д. Повышение качества поверхности опытного образца, полученного из титанового сплава ВТ6 электродуговой наплавкой / С. Д. Неулыбин, А. Н. Юрченко // Металлург. – 2026. – № 1. – С. 73-77.

[173] Цифровые технологии в бизнесе: практики и барьеры их использования. Мониторинг цифровой трансформации бизнеса / Г. И. Абдрахманова, Т. С. Зинина, Е. В. Киселева, Е. Г. Нечаева, П. Б. Рудник, М. С. Фролов // ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. 2026. Выпуск 1 // Режим доступа: https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/890550370.pdf (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[174] Шлапакова, Н. А. Проблема применения 3D-печати зданий в строительстве / Н. А. Шлапакова, С. Ю. Глазкова, Д. М. Ермолаева // Друкеровский вестник. – 2025. – № 2(64). – С. 205-212.

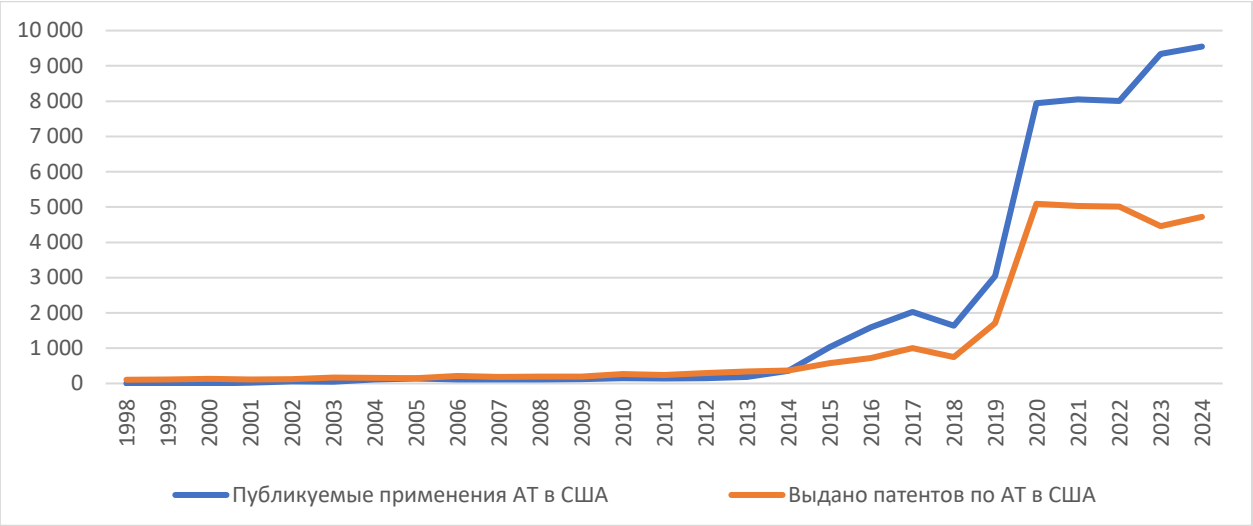
Таблица 24 – Мировые тренды развития АТ и ключевые факторы отставания России в развитии АТ

	Тренд развития АТ в странах мира	Состояние развития АТ в России	Фактор отставания в развитии АТ
1	США – 38,8 % рынка, мощная патентная активность, венчурное финансирование, стартапы	Россия – 2,1 %, патенты единичны, венчур почти отсутствует	Недостаток инвестиций в НИОКР и инновационную инфраструктуру (экономический / инновационный фактор)
2	Китай – господдержка, программа Made in China 2025, быстрый рост доли рынка	Россия – нет комплексной гос. стратегии (до 2021 г.), поддержка точечная	Отсутствие системной государственной политики (организационный фактор)
3	Европа – лидерство в металлической 3D-печати, мощные R&D-центры, кооперация науки и бизнеса	Россия – разрыв между НИИ и производством, технологии не коммерциализируются	Слабая кооперация науки и бизнеса (инновационный фактор)
4	Мировой тренд – рост сервисных моделей, 3D-печать как услуга	Россия – сервисный сегмент только формируется, низкая доступность для МСП	Высокий порог входа, отсутствие сервисной инфраструктуры (экономический / инфраструктурный фактор)
5	Мировой тренд – автоматизация постобработки (20-25% затрат)	Россия – постобработка часто ручная, низкая автоматизация	Технологическое отставание в смежных процессах (инновационный фактор)
6	Мировой рынок – широкий ассортимент материалов (полиамиды, металлы, композиты)	Россия – зависимость от импорта материалов, слабая локализация	Сырьевая зависимость, отсутствие производства материалов (экономический фактор)
7	Мировой тренд – дефицит кадров, но развитая система образования и переподготовки	Россия – острый дефицит кадров, образовательные программы не покрывают спрос	Кадровый дефицит, несоответствие образования (социальный фактор)

Источник: составлено автором

В качестве подтверждения лидерства США, приведены результаты анализа патентной активности американского государства.

На основе показателей рисунка 17, можно отметить, что в США при выдаче патентов по АТ наблюдается экспоненциальный рост с 105 тыс. шт. в 1998 году до 4721 тыс. шт. в 2024 г., особенно резкий скачок после 2018 г. с 576 тыс. шт. до 4892 тыс. шт. в 2023 году.



Источник: составлено автором на основании[175]

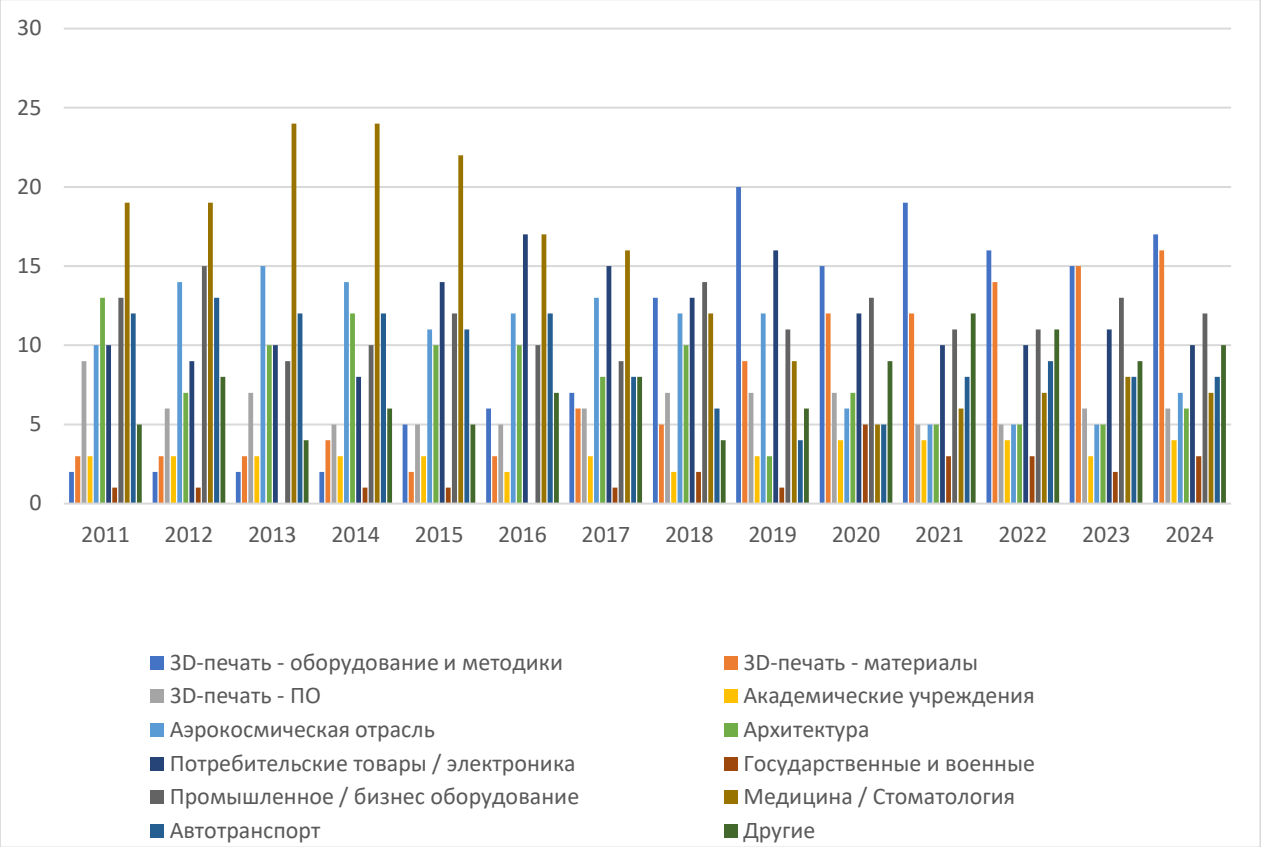
Рисунок 17 – Динамика патентной активности по США в 1998-2024 гг., тыс. шт.

Если рассматривать применение АТ в США, то в ряду публикуемых применений АТ с 2010 года наблюдается взрывной рост до 9547 тыс. шт. в 2024 г., что свидетельствует о коммерциализации и расширении областей внедрения[176]. США лидируют в инновациях АТ, в качестве рекомендации для России необходимо увеличить патентную активность через гранты и поддержку НИОКР.

Исследуя на рисунке 18 распределение патентов по отраслям с 2011 по 2024 гг., отмечено, что одним из лидеров является медицина/стоматология, где рост патентов достиг 24 тыс. шт. в 2013-2014 гг., но в 2024 г. произошел спад до 7 тыс. шт. из-за насыщения рынка АТ.

[175] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

[176] Каминский, А. А. Анализ трендов рынков аддитивных технологий / А. А. Каминский, М. И. Ананич // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2023. – Т. 6, № 1. – С. 77-84.



Источник: составлено автором на основании [177]

Рисунок 18 – Распределение патентов АТ по отраслям в США в 2011-2024 гг., тыс. шт.

Другим лидером является 3D-печать, где материалы для этой технологии увеличивались с 3 тыс. шт. до 16 тыс. шт., оборудование – с 2 тыс. шт. до 17 тыс. шт.; потребительские товары и электроника стабильно увеличивали количество патентов с 10 до 17 тыс. шт. Аэрокосмическая отрасль, общее число патентов которой достигло 15 тыс. шт. в 2013 г., затем уменьшилось до 7 тыс. шт. Отрасли, в которых низкий показатель по патентованию – это ПО для АТ, где падение с 9 тыс. шт. до 6 тыс. шт., госсектор 1–3 тыс. шт. Из анализа следует, что Россия может усилить позиции в материалах и оборудовании, а также в нишевых областях, таких как авиация.

[177] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

Источник: составлено автором на основании [178]

Рисунок 19 – Патенты АТ по типу заявителей по США в 2011-2024 гг. (%)

На рисунке 19, при анализе патентов АТ по типу заявителей в США в период с 2011 по 2024 год, выявлено, что компании доминируют (82–91%), но доля университетов стабильна (5–7%), физических лиц – увеличилась до 9 %. Соответственно, в России необходимо стимулировать кооперацию между бизнесом и наукой, а также поддержку стартапов[179].

По стартапам в 2024 году лидерами являлись Северная Америка (565 тыс. шт.) и Азия (535 тыс. шт.) благодаря развитой экосистеме венчурных инвестиций. Инвестиции в стартапы осуществляют США – 39,7 % и Европа – 35,9 %, основные секторы – системы 46,2% и услуги 30,8%. России нужны образовательные программы по АТ и привлечение инвестиций в стартапы по АТ. Отсутствие данных по России свидетельствует об явном отставании (рисунок 20).

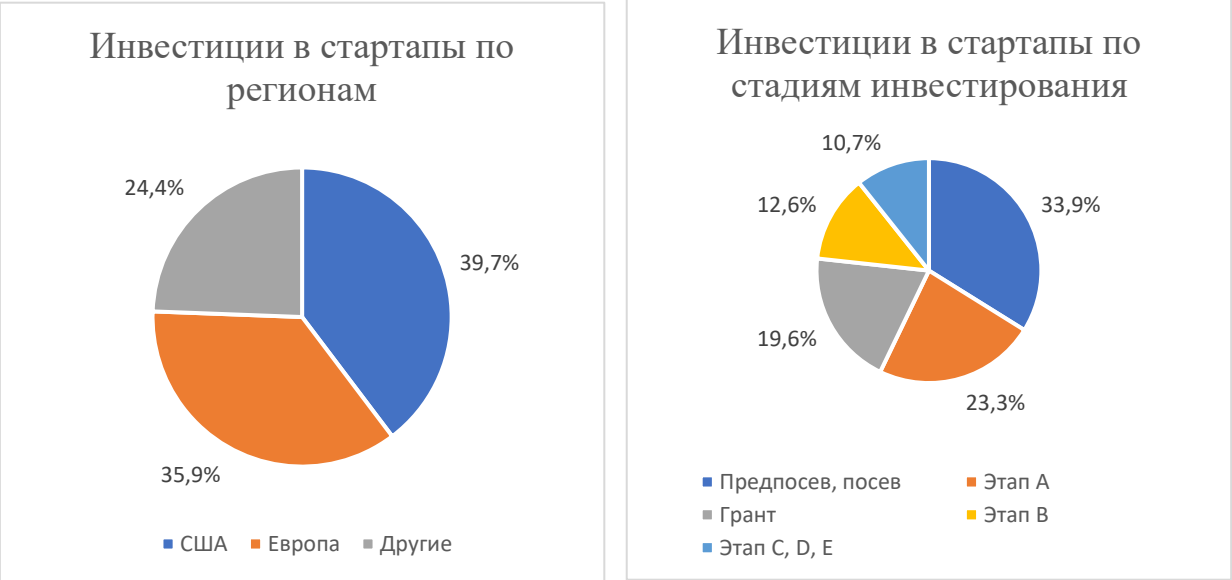
[178] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

[179] Наумкин, Н. И. Обучение школьников элементам 3D-моделирования и аддитивным технологиям в системе дополнительного образования / Н. И. Наумкин, М. А. Святкина // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2025. – № 2(78). – С. 277-283.

Источник: составлено автором на основании [180]

Рисунок 20 – Количество стартапов в сфере АТ за рубежом в 2024 г., тыс. шт.

В НИС России для развития АТ необходимо создавать акселераторы и технопарки для стартапов в области АТ, а также стимулировать кооперацию между вузами и бизнесом (по модели США).

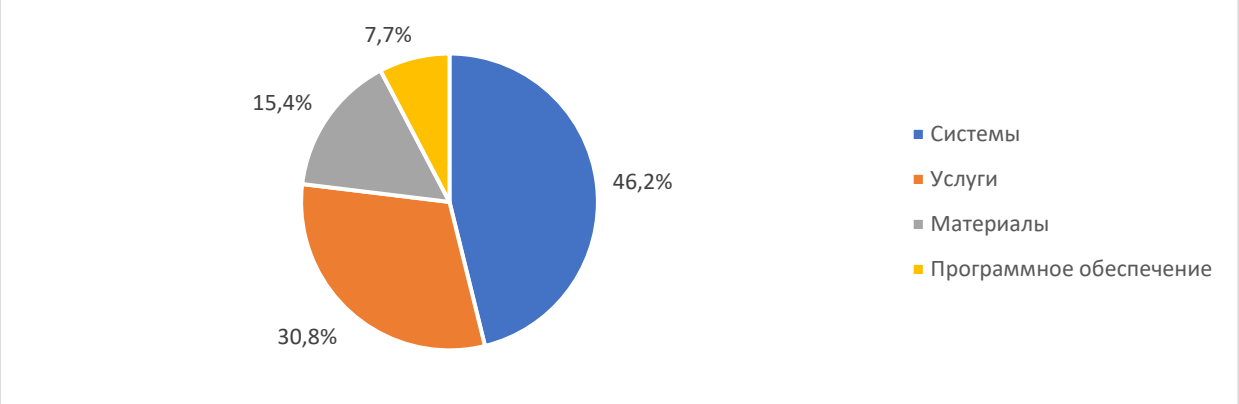


Источник: составлено автором на основании [181]

Рисунок 21 – Инвестиции в стартапы АТ по регионам и стадиям инвестирования в 2024 г.

[180] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf
[181] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

Исследуя структуру затрат на рисунок 21, необходимо отметить, что инвестиции в стартапы АТ в США в 2024 году составили 39,7 %, в Европе – 35,9%, что показывает основные центры притяжения капитала в развитие АТ. По стадиям инвестирования преобладают ранние этапы, такие как предпосев / посев – 33,9%, гранты – 19,6%, что говорит о высокой рискованности сектора АТ.



Источник: составлено автором на основании [182]

Рисунок 22 – Инвестиции в стартапы АТ по секторам в 2024 г.

На основе данных рисунка 22, можно отметить, что инвестиции в стартапы по секторам экономики составляют в аддитивные системы – 46,2 %, в услуги – 30,8 %, что является приоритетом инвесторов; материалы – на 3-м месте, программное обеспечение – 7,7 %, менее популярны.

На основании вышеизложенного, автором сделаны следующие выводы:

1. США и Китай – безусловные лидеры, задающие глобальные тренды в аддитивном производстве;
2. Европа и Япония сохраняют конкурентоспособность, но требуют ускорения инвестиций для сокращения разрыва в АП;
3. развивающиеся страны (Индия, Турция) – потенциальные точки роста АП, но нуждаются в инфраструктурной и образовательной поддержке.

[182] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

Региональная структура глобального рынка АТ характеризуется высокой концентрацией. На долю США и Китая приходится почти половина всех установленных промышленных систем (47,4%). При этом модели развития АТ принципиально отличаются. США делают ставку на инновационную экосистему (патентная активность, венчурное финансирование, стартапы). Китай реализует стратегию государственного форсированного развития в рамках программы «Made in China 2025», что позволило стране за короткий срок нарастить долю рынка с 5% до 11,5%. Европейские страны (Германия, Франция) сохраняют лидерство в нишевых высокотехнологичных сегментах (металлическая печать, лазерные технологии[183], оборудование премиум-класса)[184].

На основе проведенного анализа автором сформулирована инновационно-технологическая позиция России по развитию АТ:

1. Рыночная позиция России представлена долей 2,1 % в глобальной установленной базе промышленных АП-систем, что значительно ниже не только лидеров, но и многих развивающихся стран.

2. Инновационная позиция России определяет слабую патентную активность (сотни единиц против тысяч единиц патентов в США и Китае), отсутствие крупных стартапов, минимальный объем венчурных инвестиций.

3. Технологическая позиция России идентифицирует зависимость от импорта ключевых компонентов, таких как лазеры, системы сканирования, материалы, высококачественные металлические порошки, фотополимеры.

4. Потенциальными точками роста являются наличие научного задела в материаловедении, компетенции в лазерных технологиях, наличие крупных внутренних заказчиков в таких отраслях, как ОПК, авиакосмос,

[183] Григорьянц, А. Г. Особенности современных аддитивных технологий лазерного селективного выращивания деталей из металлических порошков / А. Г. Григорьянц, К. С. Елизаветский // Электрометаллургия. – 2025. – № 12. – С. 9-19.

[184] Сокольников, В. В. Анализ аддитивных технологий / В. В. Сокольников, Д. С. Андрюхина, Д. А. Зиновкина // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. – 2023. – № 3.

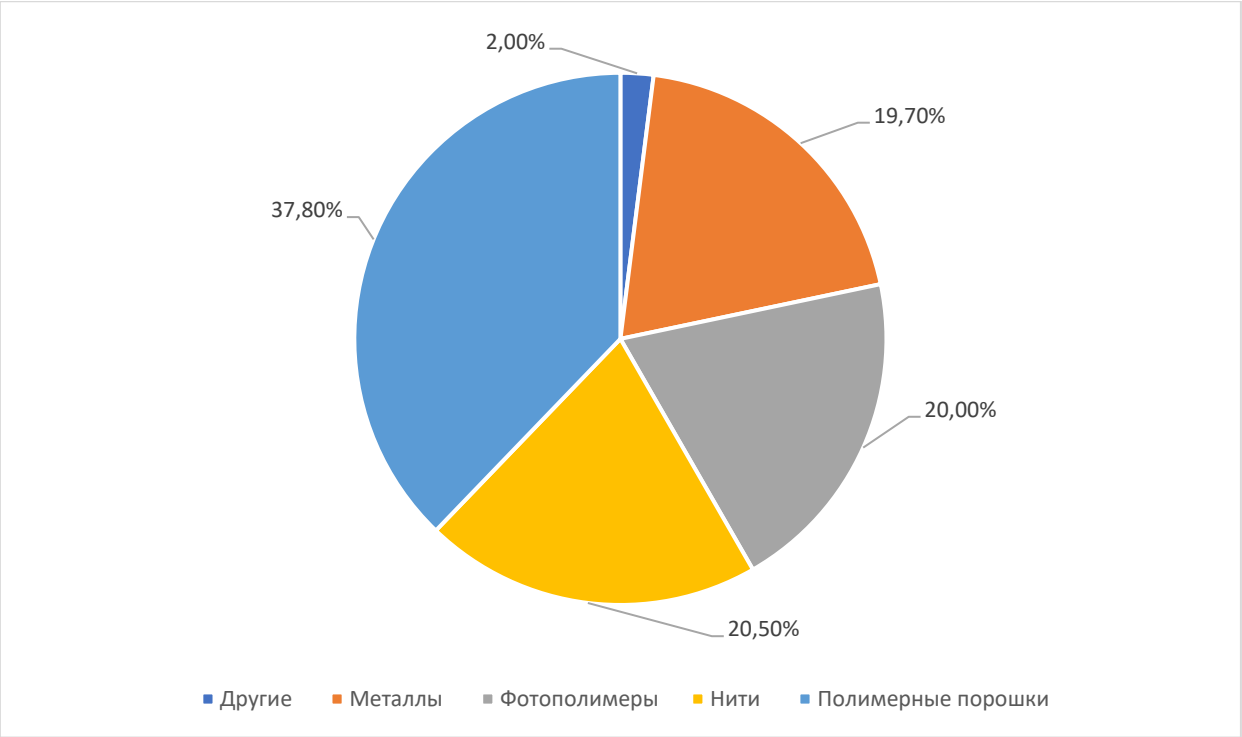
атомная отрасль, которые могут сформировать гарантированный спрос и стать драйверами развития.

Таким образом, проведенный на первом этапе методического подхода к оценке потенциала АТ анализ позволяет сформулировать ключевой вывод развития АТ в НИС нашей страны. Россия, обладая долей рынка в 2,1% и крайне незначительным присутствием в глобальных патентных и стартап-рейтингах, находится на периферии мирового развития аддитивных технологий. Страна выступает преимущественно импортером технологий и оборудования, а не генератором новых решений, поэтому необходимы стратегические управленческие решения и рекомендации по организационно-экономическому управлению развития АТ в НИС.

2.2. **Реализация второго этапа методического подхода к оценке потенциала отрасли аддитивных технологий по материалам и готовой продукции**

В рамках методического подхода к оценке потенциала АТ в НИС на первом этапе определены общие контуры глобального рынка и место России. Второй этап методического подхода направлен на детальный анализ ключевых элементов производственно-сбытовой цепочки – материалов и готовой продукции. Понимание того, какие материалы являются наиболее востребованными и рентабельными, а также в каких отраслях и с какой целью используются готовые аддитивные изделия, является необходимым условием для выявления приоритетных направлений импортозамещения и специализации отечественной аддитивной отрасли.

Во-первых, на втором этапе автором проведен анализ рынка материалов для развития АТ.



Источник: составлено автором[185]

Рисунок 23 – Структура мирового рынка материалов для АТ по типам в 2024 г. (в %)

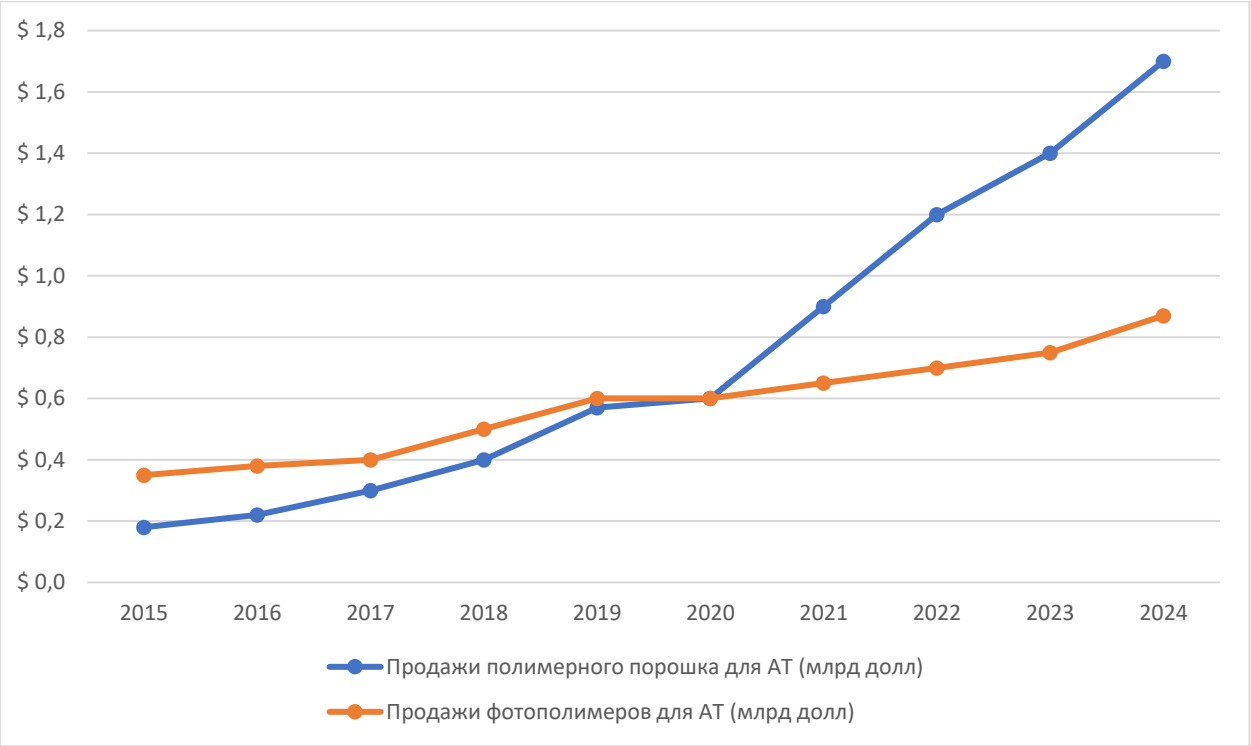
Изучая рынок материалов АТ по типам на рисунке 23, можно отметить, что в 2024 году максимальную нишу занимают полимерные порошки (37,8 %), доля которых практически в два раза больше доли нитей (20,5 %), фотополимеров (20,0 %) и металлов (19,7 %). В качестве вывода необходимо отметить, что полимеры доминируют, но металлы – стратегическая ниша для высокотехнологичных отраслей НИС[186].

В качестве рекомендации для развития АТ в НИС России, необходимо заниматься производством металлических порошков через крупные компании, такие как Русатом[187], и субсидировать НИОКР по композитным материалам.

[185] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

[186] Веселовский, М. Я. Инновационное развитие высокотехнологичных производств в условиях укрепления технологического суверенитета / М. Я. Веселовский, Н. С. Хорошавина // Beneficium. – 2025. – № 4(57). – С. 6-16.

[187] Официальный сайт – ООО «Росатом Аддитивные технологии» // Режим доступа:https://rosat.tvel.ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).



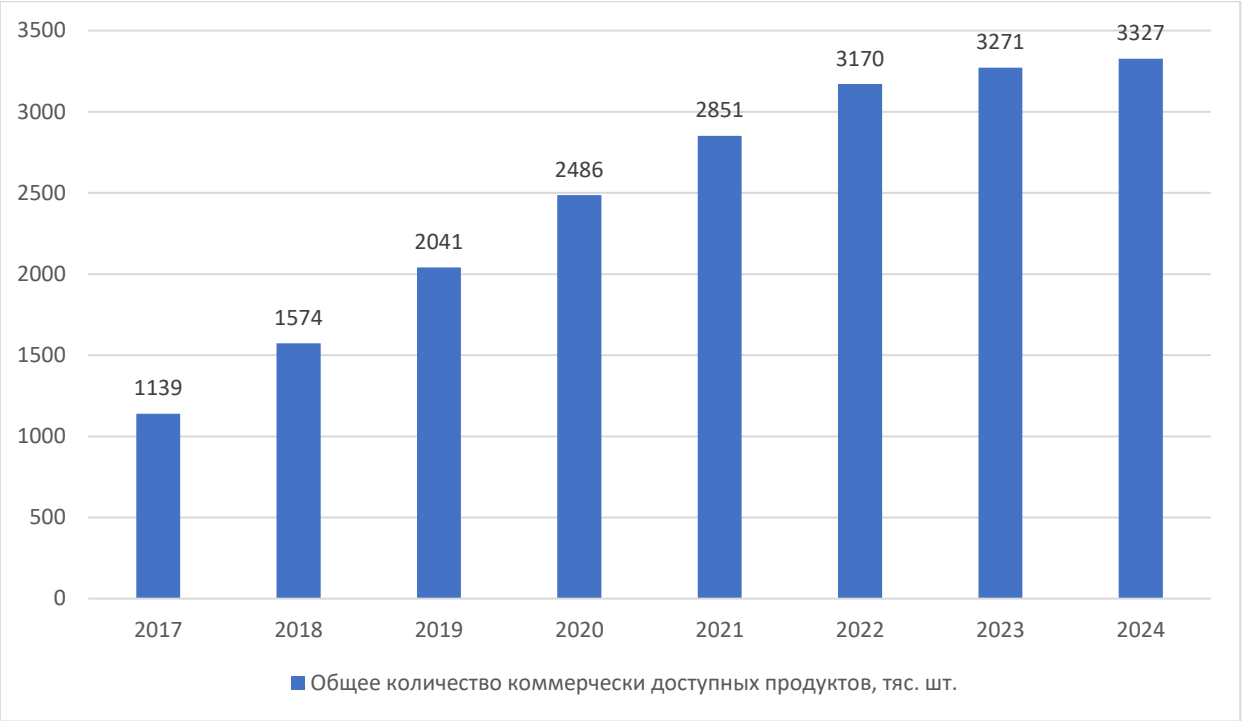
Источник: составлено автором[188]

Рисунок 24 – Динамика продаж фотополимеров и полимерных порошков для АТ в 2015-2024 гг. (в млрд долл)

Исследуя «динамику продаж фотополимеров и полимерных порошков на рисунке 24, необходимо отметить, что в период с 2015 по 2024 год наблюдается поступательный тренд материалов. Продажи порошков увеличиваются с 0,18 млрд долларов в 2015 году до 1,7 млрд долларов в 2024 году, фотополимеры – с 0,35 млрд долларов в 2015 году до 0,87 млрд»[189] долларов в 2024 году. Это свидетельствует о том, что порошки более перспективны для аддитивной промышленности. В качестве рекомендации развития АТ в НИС России предлагается поддержать локализацию производства полимерных порошков, так как это более перспективное направление для промышленности.

[188] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

[189] Ершова, Е. Ю. Оценка использования материалов аддитивных технологий в национальной инновационной системе / Е. Ю. Ершова // Инновации в менеджменте. – 2025. – № 3(45). – С. 50-57.



Источник: составлено автором на основании[190]

Рисунок 25 – Динамика доступных продуктов по аддитивным технологиям в мировой практике в 2017-2024 гг., в тыс. шт.

Анализируя рисунок 25, можно наблюдать устойчивый рост количества продуктов, доступных для коммерческого использования или заказа АТ, с 2017 по 2024 год. В период до восьми лет количество продуктов увеличилось почти в 3 раза с 1139 до 3327 тыс. штук. Можно констатировать, что в динамике ежегодный рост сохраняется, хотя темпы несколько снизились после 2021 года, 16,4 % рост в 2024 году против 24,8 % в 2017 году. Абсолютный прирост остается высоким.

Аддитивные технологии перешли из стадии прототипирования в стадию серийного производства конечных продуктов. Рынок коммерческих АТ-продуктов бурно растет, что является главным драйвером развития всей отрасли. Это свидетельствует о принятии АТ промышленностью как жизнеспособного метода производства (таблица 25).

[190] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

Таблица 25 – Виды материалов, доступных для развития аддитивных технологий в 2017-2024 г., ед.

Материалы	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Керамика	24	23	33	36	37	40	40	40
Композиты	100	138	175	219	254	294	301	308
Металл	498	693	844	988	1026	1125	1147	1158
Полимер	496	700	969	1222	1511	1688	1723	1796
Песок	5	5	5	5	5	5	5	5
Воск	16	15	15	16	18	18	19	19

Источник: составлено автором на основании[191]

На основании анализа таблицы 25 исследована динамика роста количества доступных материалов по основным категориям за последние 8 лет:

– общий взрывной рост подтверждается суммарном количеством материалов, которое по категориям выросло с 1139 единиц в 2017 до 3327 единиц в 2023–2024гг. Это почти 3-кратный рост за 7 лет;

– полимеры являются лидером роста, стартовали с высокого уровня 496 ед. в 2017 г., показали самый значительный абсолютный рост +1227 материалов к 2024 г., представляли стабильно высокие темпы роста каждый год, в 2023 году увеличив на 35 единиц, достигли 1796 материалов – это самая крупная категория материалов, доступных для развития АТ;

– использование металлов началось с быстрого старта, но затем произошло замедление. Начали с лидирующей позиции – 498 единиц в 2017 году, показали очень сильный рост в 2020 году, почти удвоение за 4 года до 988 единиц, затем резкое замедление роста после 2020 года, в частности, увеличение всего на 38 единиц в 2021 году, на 99 единиц в 2022 году, на 22 единицы в 2023 году, на 11 единиц в 2024 году. Рост почти остановился, уступили лидерство полимерам;

[191] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

– композиты, по использованию для АТ, представляют устойчивый рост с ускорением. Начали со 100 единиц аддитивных материалов; затем показали стабильный рост с тенденцией к ускорению в последние годы, один из самых высоких относительных темпов в конце периода. Достигли уровня 308 материалов в 2024 году;

– керамика демонстрирует стабильность с умеренным ранним ростом. Рост с 24 до 40 материалов в основном произошел до 2020 года, последние 4 года - стагнация на уровне 40 единиц;

– ниши (песок, воск) – полная стагнация. Песок совершенно неизменен – 5 единиц материалов с 2017 г. по 2024 год. Воск имеет минимальный рост – с 16 единиц до 19 единиц, причем в последний год.

Рынок материалов для АТ пережил период бурной диверсификации, особенно в полимерном и металлическом сегментах. Полимеры остаются самым динамичным и инновационным сегментом с непрерывным ростом ассортимента, что отражает широту технологий (MEX, VPP, MJT, PBF) и применений. Металлический сегмент, критически важный для промышленности, достиг фазы зрелости/насыщения. Значимый рост ассортимента замедлился, фокус смещается на оптимизацию существующих сплавов и снижение стоимости. Композиты демонстрируют растущий интерес и потенциал, особенно для высокотехнологичных отраслей (аэрокосмос, авто), где нужны легкие и прочные материалы. Их рост ускоряется. Керамика нашла свою нишу (в основном VPP), но рост ее ассортимента остановился. Материалы для специализированных применений (литье - песок, воск) полностью стабилизировались, инновации здесь минимальны. Общая динамика подтверждает коммерциализацию АТ, взрывной рост сменяется сегментированным развитием с разной скоростью в разных категориях.

Источник: составлено автором на основании[192]

Рисунок 26 – Динамика металлических изделий, доступных для АТ в мировой практике в 2017-2024 гг., в тыс. шт.

Рисунок 26 иллюстрирует количество доступных металлических АТ-продуктов с 2017 год по 2024 год, отмечается устойчивый рост АТ изделий, но с заметным замедлением. За 8 лет количество АТ увеличилось в 2,32 раза с 498 тыс. штук до 1158 тыс. штук. Пик роста пришелся на 2017–2020 гг., почти удвоение за 4 года. После 2020 года рост резко замедлился – 16,1 % за 3 года с 2021 года по 2023 год. В 2021 году отмечается минимальный прирост АТ металлических изделий на 38 тыс. шт. изделий или 3,8 %.

Металлическое аддитивное производство, особенно лазерное[193] и электронно-лучевое сплавление[194], является одним из ключевых сегментов промышленных АТ. Ранний бурный рост отражает освоение технологии в аэрокосмической, медицинской и автопромышленности. Замедление роста после 2020 года может указывать на насыщение начального спроса,

[192] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf
[193] Медведев, А. Е. Законы подобия для технологии аддитивного лазерного выращивания / А. Е. Медведев, А. А. Голышев, А. Г. Маликов // Прикладная механика и техническая физика. – 2025. – № 5(393). – С. 26-34.
[194] Селиванов, К. В. Применение аддитивных технологий в производстве электронной аппаратуры / К. В. Селиванов, Г. А. Волков // Датчики и системы. – 2023. – № 5(271). – С. 27-34.

технологические барьеры (скорость, стоимость), смещение фокуса на полимеры или необходимость освоения новых, более сложных сплавов и приложений.

Источник: составлено автором на основании[195]

Рисунок 27 – Динамика полимерных изделий, доступных для АТ в 2017-2024 гг., в тыс. шт.

Данные рисунка 27 отражают устойчивый рост количества доступных полимерных АТ-продуктов с 2017 по 2024 год. В этот период количество увеличилось более чем в 4 раза, с 136 до 569 тыс. шт.

Высокие темпы роста сохраняются на протяжении всего периода, хотя абсолютный прирост в 2024 году был минимальным за последние годы, всего на 8 тыс. шт. Наибольший относительный рост отмечен в 2018 на 67%.

Полимерное аддитивное производство (SLA, SLS, FDM и др.) показывает взрывной рост доступных коммерческих продуктов. Это связано с большим разнообразием технологий, относительно более низкой стоимостью систем и материалов, широким спектром применений от прототипирования до

[195] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

конечных деталей в потребительских товарах, медицине, инструментах. Рост даже в 2024 году, хотя и небольшой в абсолютных цифрах, остается значительным в процентах – на 3,5 %, что говорит о продолжающейся экспансии этого сегмента.

В таблице 26 отражено распределение изделий из доступных материалов по основным технологиям аддитивного производства в 2024 год. Необходимо отметить, что абсолютное доминирование среди материалов АТ занимают полимеры и металлы. Эти две категории составляют подавляющее большинство материалов (1796 + 1158 = 2954 из 3327 ед., или ~89 % от всех материалов).

Таблица 26 – Распределение материалов по технологиям АТ в мировой практике в 2024 г. (в ед.)

Материалы АТ	Процессы АТ							
	BJT	DED	MEX	MJT	PBF	SHL	VPP	Всего
Керамика	3	1	6	0	1	0	30	41
Композиты	7	4	202	0	79	2	14	308
Песок	5	0	0	0	0	0	0	5
Воск	0	0	1	3	0	0	15	19
Метал	36	88	25	0	987	18	4	1158
Полимер	3	0	723	87	179	0	804	1796
Всего	54	93	957	90	1246	20	867	3327

Источник: составлено автором на основании[196]

В числе основных процессов аддитивных технологий в 2024 году выделяются следующие:

1. Порошковое плавление PBF – абсолютный лидер по количеству материалов – 1246 единиц, особенно для металлов – 987 единиц. Это сердце промышленной металлической печати (SLM/SLS/DMLS). Также значимо для полимеров – 179 единиц и композитов – 79 единиц.

2. Фотополимеризация в ванне VPP – второй лидер 867 единиц, почти исключительно для полимеров – 804 единицы и керамики – 30 единиц.

196 Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

Включает SLA, DLP, LCD-технологии. Доминирует в стоматологии, ювелирном производстве, прототипировании с высокой детализацией.

3. Экструзия материала MEX – третий по объему 957 единиц, практически полностью представлен полимерами – 723 единицы. Это область FDM/FFF печати – самая массовая и доступная технология[197].

Таким образом, порошковое плавление PBF – основной потребитель металлов и полимерных порошков; фотополимеризация VPP доминирует в нишевых высокоточных сегментах.

Анализируя ниши и специализация материалов AT, необходимо подчеркнуть следующие положения:

1. Металлы используются почти исключительно в процессах PBF в количестве 987 единиц и DED – 88 единиц. Направленное энергетическое осаждение DED используется для ремонта, крупногабаритных деталей и покрытий.
2. Керамика сфокусирована на процессах VPP 30 из 41 единицы – это основной метод для точной керамической печати.
3. Композиты используются в аддитивных процессах, таких как MEX 202 единицы, в реализации композитных нитей для FDM и в процессах PBF – 79 единиц для изготовления полимерных порошков с наполнителями.
4. Песок 5 единиц и воск 19 единиц – крайне нишевые материалы. Песок используется только для BJT – печать связующим в литейных формах. Воск – в основном для MEX – 1 единица и MJT – 3 единицы в струйной печати для ювелирного литья и VPP – 15 единиц для высокодетализированных мастер-моделей.

В работе необходимо отметить аддитивные технологии с ограниченным ассортиментом:

[197] Юнусов, Э. А. Проблемы и обзор алгоритмических решений в технологии FFF 3D-печати / Э. А. Юнусов, Д. В. Горбунов // Успехи кибернетики. – 2025. – Т. 6, № 2. – С. 67-74.

1. Струйная печать связующим BJT – небольшое количество материалов 54 единицы, в основном песок 5 единиц, композиты 7 единиц, металлы 36 единиц – металлический порошок и связующее.

2. Струйная печать материалом MJT – 90 единиц, почти все – полимеры – 87единиц, используя технологию PolyJet и аналоги.

3. Выборочное ламинирование листов SHL – минимальное присутствие 20 единиц, из которых - металлы 18 единиц и композиты 2 единицы.

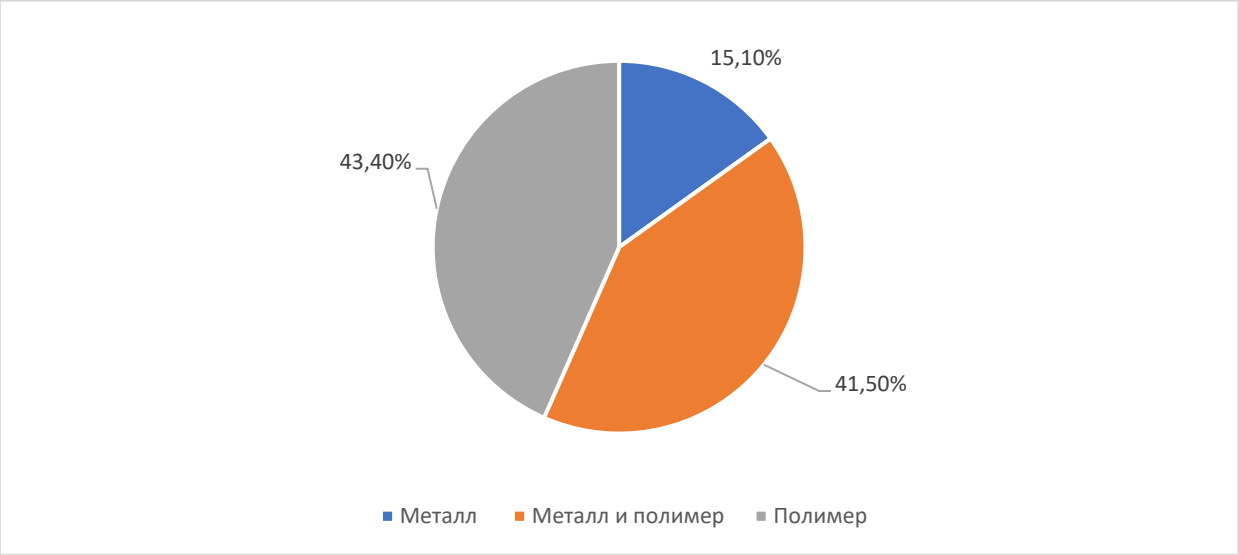
Рынок материалов для аддитивного производства сегментирован по технологиям:

- промышленное производство металлических деталей базируется на PBF (лазерное / электронно-лучевое плавление);
- массовость и доступность обеспечиваются MEX (FDM) и VPP (SLA/DLP) для полимеров;
- ключевой технологией для керамики и высокодетализированных полимерных изделий является VPP;
- нишевые технологии (BJT, SHL, DED) имеют ограниченный, но важный для специфических задач ассортимент материалов;
- разнообразие материалов напрямую отражает коммерческую значимость и востребованность технологий.

Для развития АТ в НИС России в работе рекомендовано создать национальную платформу для АТ-услуг, стимулировать малый бизнес аддитивного производства налоговыми каникулами.

Согласно данных рисунка 28 можно сделать вывод, что так как 41,5 % поставщиков работают одновременно с металлами и полимерами, то гибридные решения достаточно востребованы в мировом аддитивном производстве.

В качестве рекомендации в рамках НИС по России для развития АТ необходимо усилить кооперацию между металлургическими и химическими производствами, например, объединение Росатома и СИБУРа, а также ввести льготы для поставщиков комбинированных материалов.

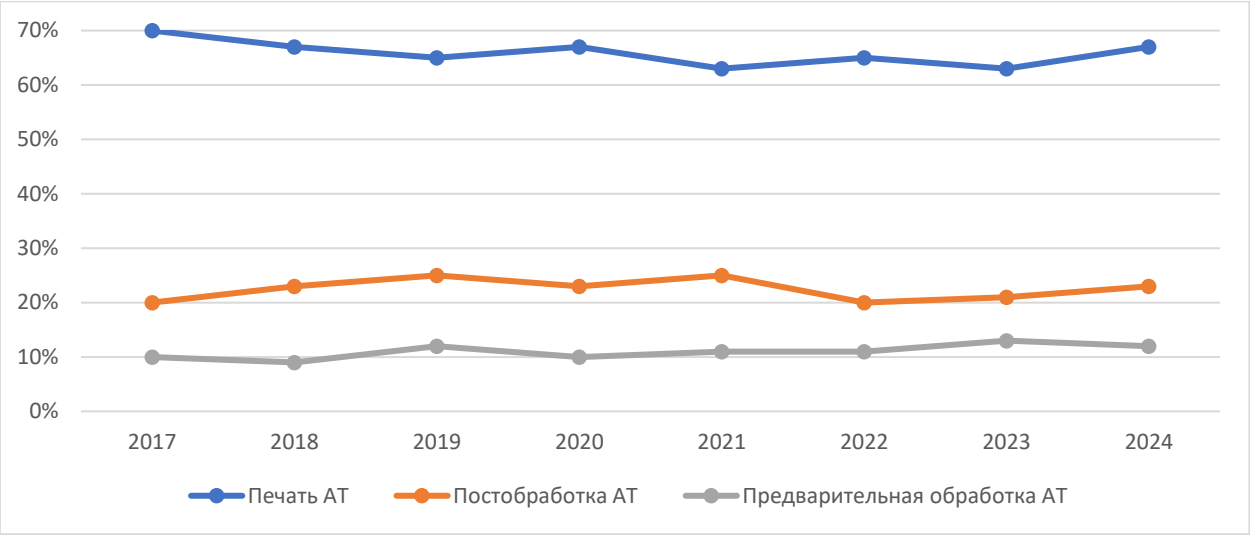


Источник: составлено автором на основании[198]

Рисунок 28 – Структура поставщиков услуг АТ по типам материалов в 2024 г.

Проведенный анализ мирового рынка материалов для АТ позволяет сделать ряд принципиальных выводов. Во-первых, полимерные порошки являются наиболее массовым сегментом, обеспечивающим основной объем промышленного применения (SLS-технологии). Во-вторых, металлические порошки, несмотря на меньшую долю (19,7%), представляют собой стратегический сегмент, определяющий конкурентоспособность в высокотехнологичных отраслях (авиакосмос, медицина, энергетика). В-третьих, наблюдается устойчивая тенденция к гибридизации: поставщики стремятся предлагать комплексные решения, работая с различными типами материалов. Для России это означает необходимость концентрации усилий на локализации производства именно металлических порошков и высококачественных полимеров, где зависимость от импорта наиболее критична. Во-вторых, осуществлен анализ рынка готовой продукции и рентабельности АТ-процессов.

[198] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf



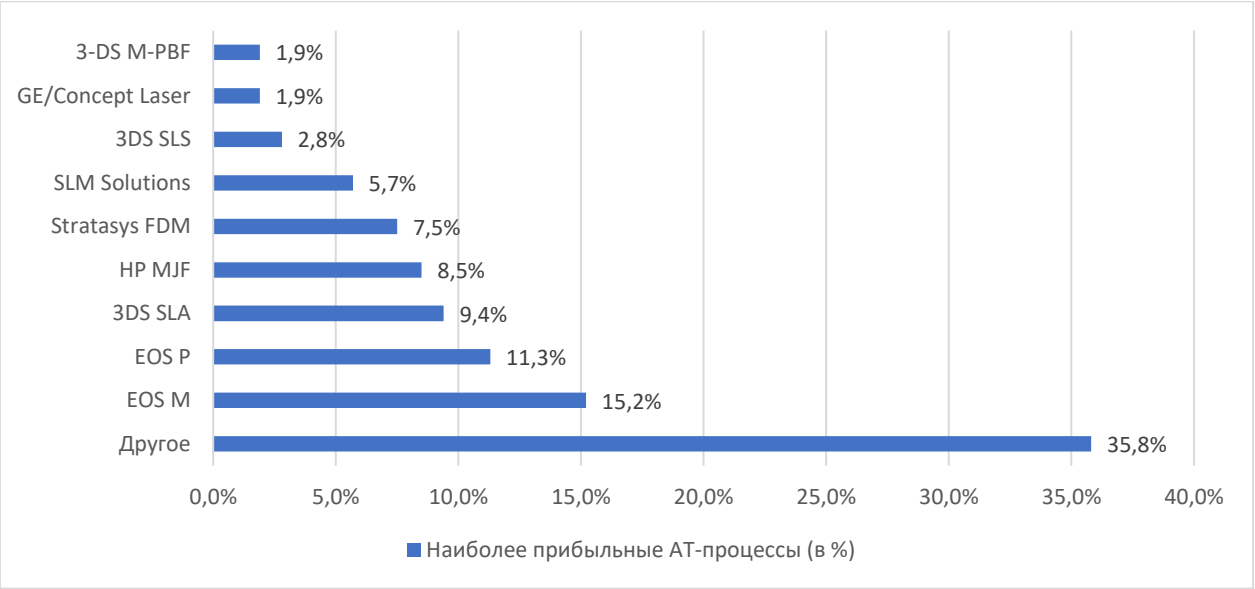
Источник: составлено автором[199]

Рисунок 29 – Структура затрат на производство металлических деталей методом АТ в 2017-2024 гг., %

На рисунке 29 представлена структура затрат на металлические детали методом АТ в 2017-2024 годах. Данные показывают, что на уровне 63-67 % всех затрат идет на печать АТ, это наибольшая часть, так как включает дорогое оборудование, материалы и энергопотребление. постобработка составляет 20-25 % затрат, что свидетельствует о высокой доле затрат из-за ручного труда и сложности процессов. Около 10 % уходит на предварительную обработку АТ, что включает в себя меньше, так это в основном цифровые и подготовительные работы. Можно сделать вывод, что постобработка – это «узкое место» в аддитивном процессе производства, требующее автоматизации, так как этап АТ достаточно трудоемкий[200] и зависит от квалификации операторов, при этом необходимо учитывать точность и контролировать качества.

[199] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

[200] Абраменко, Ю. С. Трудоемкость как показатель технологичности при изготовлении изделий методами аддитивной технологии / Ю. С. Абраменко, В. А. Акушевич, Е. А. Курсевич // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2025. – № 4. – С. 41-43.



Источник: составлено автором[201]

Рисунок 30 – Наиболее прибыльные АТ-процессы в мировой практике в 2024 г., %

На рисунке 30 среди наиболее прибыльных АТ-процессов в мировой практике в 2024 году лидируют процессы промышленные процессы лазерного спекания металлов (EOS M – 15,2 %), лазерного спекания полимеров (EOS P – 11,3 %) и стереолитографии (3DS SLA – 9,4%), что подтверждает их ключевую роль в промышленности.

В качестве рекомендации предложено развивать аналогичные технологии в России, а также поддержать патентование отечественных АТ-процессов. Для этого проведен подробный анализ преимуществ, недостатков АТ-процессов и разработаны рекомендации по развитию АТ-процессов в России как для страны с формирующимся научно-технологическим аддитивным потенциалом НИС (таблица 27).

[201] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

Таблица 27 – Сравнительная характеристика АТ-процессов, их преимуществ, недостатков и рекомендации по развитию АТ-процессов в НИС России

	Аддитивная технология	Характеристика АТ	Применение АТ	Преимущества АТ-процессов	Недостатки АТ-процессов	Рекомендации для развития АТ в НИС России
1.	EOS M (Metal) – Лазерное спекание металлов (PBF-LB/M)	Селективное лазерное плавление (SLM) или прямое лазерное спекание металлов (DMLS)	Аэрокосмос, медицина (импланты), автоспорт	Высокая точность и прочность деталей. Широкий выбор металлов (титан, нержавеющая сталь, алюминиевые сплавы). Минимальные отходы материала.	Дорогое оборудование и материалы. Требуется постобработка (термообработка, механическая доводка). Высокие энергозатраты.	Развивать аналоги (например, РУСАТ (Росатом) или сотрудничество с SLM Solutions. Увеличить производство металлических порошков внутри страны.
2	EOS P (Polymer) – Лазерное спекание (PBF, LB/P, SLS)	Селективное лазерное спекание полимерных порошков (нейлон, PA, PEEK)	Прототипирование, функциональные детали в авиации, медицине	Не требует поддержек при печати. Хорошая механическая прочность. Возможность создания сложных геометрий	Пористость деталей (может потребоваться пропитка). Ограниченная точность по сравнению с SLA.	Развивать отечественные аналоги. Снижать зависимость от импортных полимерных порошков.
3	3DS SLA (Stereolithography) – Стереолитография	Фотополимеризация жидкой смолы ультрафиолетовым лазером	Стоматология, ювелирное производство, макетирование	Самая высокая точность среди АМ-технологий. Гладкая поверхность без постобработки	Хрупкость деталей (требуются дополнительные материалы). Ограниченная стойкость к температуре и УФ.	Развивать собственные фотополимеры (например, ПолиИнформ). Инвестировать в биосовместимые смолы для медицины
4	HP MJF (Multi Jet Fusion) – Многоструйное спекание	Нанесение связующего и спекание порошка ИК-излучением	Серийное производство пластиковых деталей	Высокая скорость (в 10 раз быстрее SLS). Низкая себестоимость при массовом производстве	Ограниченный выбор материалов (в основном нейлон).Требуется постобработка (удаление порошка).	Создавать аналоги (на базе ЮЗГУ). Развивать композитные порошки для MJF

Продолжение таблицы 27

	Аддитивная технология	Характеристика АТ	Применение АТ	Преимущества АТ-процессов	Недостатки АТ-процессов	Рекомендации для развития АТ в НИС России
5	Stratasys FDM (Fused Deposition Modeling) – Послойное наплавление	Экструзия термопластика через сопло	Прототипирование, функциональные детали	Дешевизна оборудования и материалов. Простота использования.	Низкая точность и прочность. Видимые слои на поверхности	Развивать композитные нити (углеволокно, кевлар). Использовать в образовании (кружки робототехники).
6	SLM Solutions / GE Concept Laser / 3DS M-PBF – Металлическая печать (PBF-LB/M)	Аналоги промышленных процессов лазерного спекания металлов EOS M, но с разными патентами и подходами	Медицина (импланты), аэрокосмос, автоспорт	Широкий выбор металлов (титан, нержавеющая сталь[202], алюминиевые сплавы). Минимальные отходы материала.	Требуется постобработка (термообработка, механическая доводка). Высокие энергозатраты.	Партнерство с Ростехом или Росатомом для локализации. Развивать гибридные станки (печать и фрезеровка).

Источник: составлено автором

[202] Мосягин, И. А. Исследование влияния термической обработки на структурообразование и свойства мартенситно-стареющей стали, полученной аддитивным выращиванием / И. А. Мосягин, Т. В. Ольшанская // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2025. – Т. 23, № 1. – С. 73-84.

На основании результатов таблицы 27, систематизированных характеристик АТ-процессов, преимуществ и недостатков АТ-процессов, предложены следующие рекомендации для стратегического развития АТ в НИС России:

– фокус на металлическую печать (SLM/DMLS) – высокомаржинальный сегмент;

– развитие отечественных материалов (порошки, фотополимеры, композиты);

– автоматизация постобработки (роботы-шлифовщики, ЧПУ-доводка);

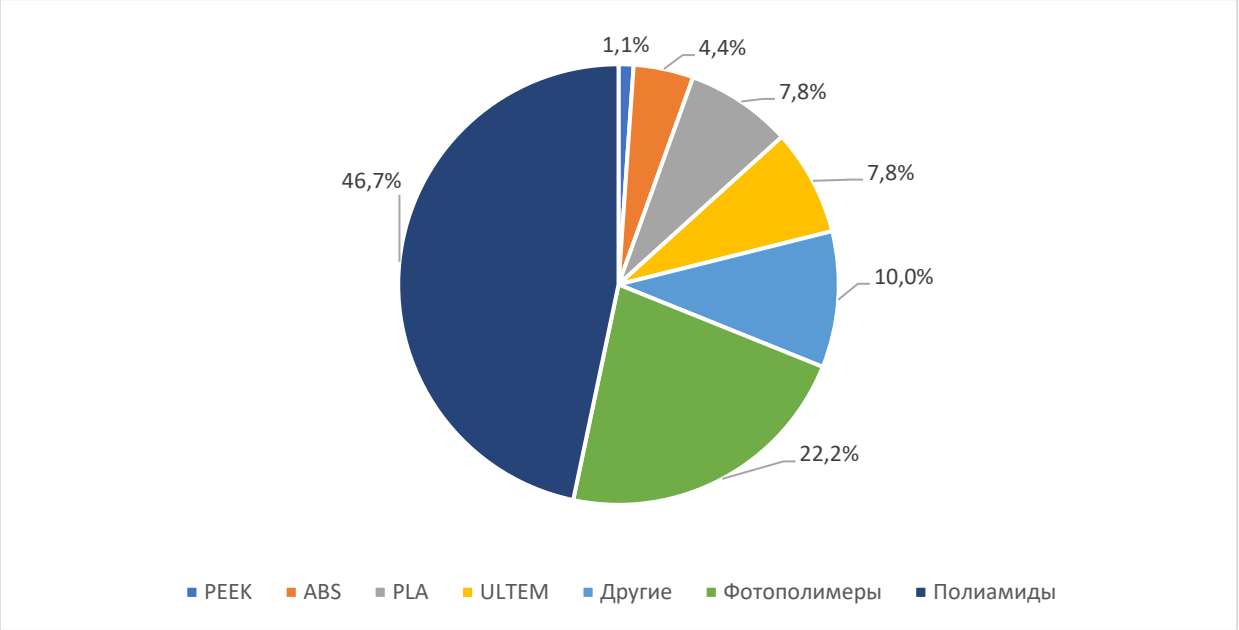
– поддержка стартапов и патентование (через Сколково[203], Фонд содействия инновациям[204], АНО «Центр Мой бизнес» Курской области»[205]);

– образовательные программы (центры АТ-компетенций БАС (Беспилотные летательные системы[206]) на базе Центр научно-технического и инновационного сотрудничества ЮЗГУ г. Курска, Курской области[207]).

В современных условиях ООО «Росатом Аддитивные технологии»[208] уже производит металлические 3D-принтеры. Необходимо масштабировать этот опыт на другие технологии (SLS, MJF).

Отмечаем, что аддитивному производству в НИС России необходимо увеличивать металлическую печать и автоматизацию АТ, одновременно развивая полимерные технологии для массового рынка.

[203] Инновационный центр «Сколково» //Режим доступа: https://sk.ru/%0A (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[204] Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере //Режим доступа: https://fasie.ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[205] АНО «Центр "Мой бизнес" Курской области» // Режим доступа: https://fasie.ru/kursk/(Дата обращения 21.03.2026 г.).
[206] Лялис, М. А. Перспективы создания цифровой платформы для рынка услуг гражданских беспилотных авиационных систем / М. А. Лялис, Л. В. Хорева // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 1, № 4(157). – С. 23-33.
[207] Центр научно-технического и инновационного сотрудничества с ибероамериканскими странами / Юго-Западный государственный университет // Режим доступа:https://swsu.ru/structura/centrs (Дата обращения 21.03.2026 г.)
[208] ООО «Росатом Аддитивные технологии» //Режим доступа: https://rosat.tvel.ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).



Источник: составлено автором[209]

Рисунок 31 – Структура наиболее рентабельных полимерных материалов для АТ в 2024 г. (в %)

На рисунке 31 представлены рентабельные полимерные материалы. Лидерами на рынке АТ-материалов являются полиамиды (46,7 %), на втором месте – фотополимеры (22,2 %).

Можно сделать вывод, что полиамиды (нейлон) – основа для промышленной полимерной печати и ключевой материал для SLS.

Отечественной НИС для развития АТ необходимо рекомендовать локализовать производство полиамидов, снизить НДС для отечественных фотополимеров.

Полимеры – это материалы, состоящие из длинных молекулярных цепей (макромолекул), которые могут быть термопластичными (плавиться при нагреве) или термореактивными (необратимо затвердевать).

В национальной инновационной системе полимеры необходимы в АТ в следующих случаях: прототипирование (быстрое создание моделей АТ); функциональные детали АТ (в авиации, медицине, автостроении); сложные

[209] Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

геометрии АТ (полости, решетчатые структуры); биосовместимые изделия АТ (стоматология, протезирование).

Далее, на основе анализа рентабельности полимеров АТ, выявлены преимущества и недостатки применения этих материалов для АТ в 2024 году (таблица 28).

Таблица 28 – Применение полимеров, преимущества и недостатки в АТ-процессах в 2024 г.

	Материал	Доля рынка	Применение в АТ	Плюсы	Минусы
1	Полиамиды (PA, нейлон)	46,7%	SLS, MJF (прочные детали)	Высокая прочность, гибкость	Гигроскопичность (впитывает влагу)
2	Фото-полимеры	22,2%	SLA, DLP (точные детали)	Высокое разрешение, гладкость	Хрупкость, УФ-деградация
3	PLA	7,8%	FDM (прототипы, биоразлагаемые)	Дешевый, экологичный	Низкая термостойкость
4	ULTEM (PEI)	7,8%	FDM (аэрокосмос, термостойкие)	Огнестойкость, прочность	Дорогой, сложная печать
5	ABS	4,4%	FDM (инженерные детали)	Ударопрочность	Токсичные пары при печати
6	PEEK	1,1%	SLS, FDM (медицина, авиация)	Биосовместимость, термостойкость	Очень дорогой
7	Другие (композитные материалы)	10,0%	Гибридные материалы (композиты)	Специфические свойства	Ограниченная доступность

Источник: составлено автором

На основе представленных данных автором сделан вывод, что полиамиды (нейлон PA12, PA6) – это лидер применения из-за универсальности в АТ; PEEK и ULTEM – нишевые высокомаржинальные АТ материалы для аэрокосмоса и медицины.

Анализ рынка готовой продукции и рентабельности процессов позволяет определить ключевые проблемы развития АТ в НИС России и точки приложения усилий:

– высокая доля постобработки (до 25% затрат) свидетельствует о том, что кульминацией развития АТ является не столько повышение скорости печати, сколько автоматизация финишных операций;

– лидерство полиамидов в сегменте полимеров (46,7%) указывает на необходимость развития отечественного производства этих материалов;

– доминирование процессов лазерного спекания/плавления (технологии синтеза на подложке – PBF) в рейтинге прибыльности (промышленные процессы лазерного спекания металлов – EOS M, лазерного спекания полимеров – EOS P) подтверждает стратегический вектор развития: металлическая и высококачественная полимерная 3D-печать – основа промышленного применения АТ.

Таким образом, в рамках второго этапа выявлено, что отрасль АТ показывает устойчивый рост. При этом сегментация по типам материалов, технологиям и регионам показывает, что:

1. Полимерные порошки в размере 37,8 % и металлы – 19,7 % доминируют в структуре потребления, что подчеркивает их важность для промышленности.

2. Северная Америка и Европа лидируют по внедрению АТ-систем – суммарно около 63 %, тогда как Россия занимает лишь 2,1% рынка, указывая на значительный потенциал для импортозамещения.

3. Металлическая 3D-печать становится все более рентабельной, но требует инвестиций в постобработку и локализацию производства порошков.

Национальная инновационная система России сталкивается с такими вызовами, как зависимость от иностранного ПО, дефицит квалифицированных кадров, отсутствие стандартов. Однако анализ данных развития АТ также выявляет возможности: рост сервисных моделей (доходы поставщиков услуг достигли 12 млрд долл. в 2024 г.); перспективность гибридных материалов, таких как металл и полимер – 41,5% рынка; отечественные разработки в области SLS/SLM-технологий.

Результаты второго этапа анализа позволяют автору перейти от общей констатации отставания к конкретному определению «точек входа» для отечественной аддитивной отрасли в НИС России. Глобальный рынок материалов и процессов четко сегментирован, и в этом сегментировании скрываются ниши, которые Россия может занять, опираясь на имеющиеся конкурентные преимущества.

В качестве выводов по второму этапу методического подхода к оценке потенциала АТ автором предложены направления-возможности для импортозамещения и специализации АТ в НИС России:

1. Материалы – приоритетное направление, так как НИС России обладает мощной сырьевой базой и компетенциями в металлургии. Наиболее перспективные направления: производство металлических порошков (титан, алюминиевые сплавы, жаропрочные никелевые сплавы) для PBF-технологий, что позволит заместить критический импорт и создать базу для развития отечественного машиностроения; локализация производства полиамидных порошков (нейлон) для SLS-технологий, так как это массовый сегмент, в котором зависимость от импорта может быть быстро преодолена; развитие производства фотополимеров для стоматологии и ювелирной промышленности – нишевые, но высокомаржинальные направления.

2. Оборудование – фокус на DED-технологии и крупногабаритную печать. В сегменте прецизионных или высокоточных PBF-машин конкурировать с лидерами сложно. Однако технологии прямого подвода энергии (DED), менее чувствительные к импортным компонентам, могут стать зоной специализации. Это особенно актуально для ремонта и восстановления крупногабаритных деталей в тяжелом машиностроении, энергетике, ОПК.

3. Постобработка – автоматизация и роботизация. Высокая доля ручного труда в постобработке открывает нишу для отечественных разработок в области роботизированных комплексов шлифовки, полировки, пескоструйной обработки.

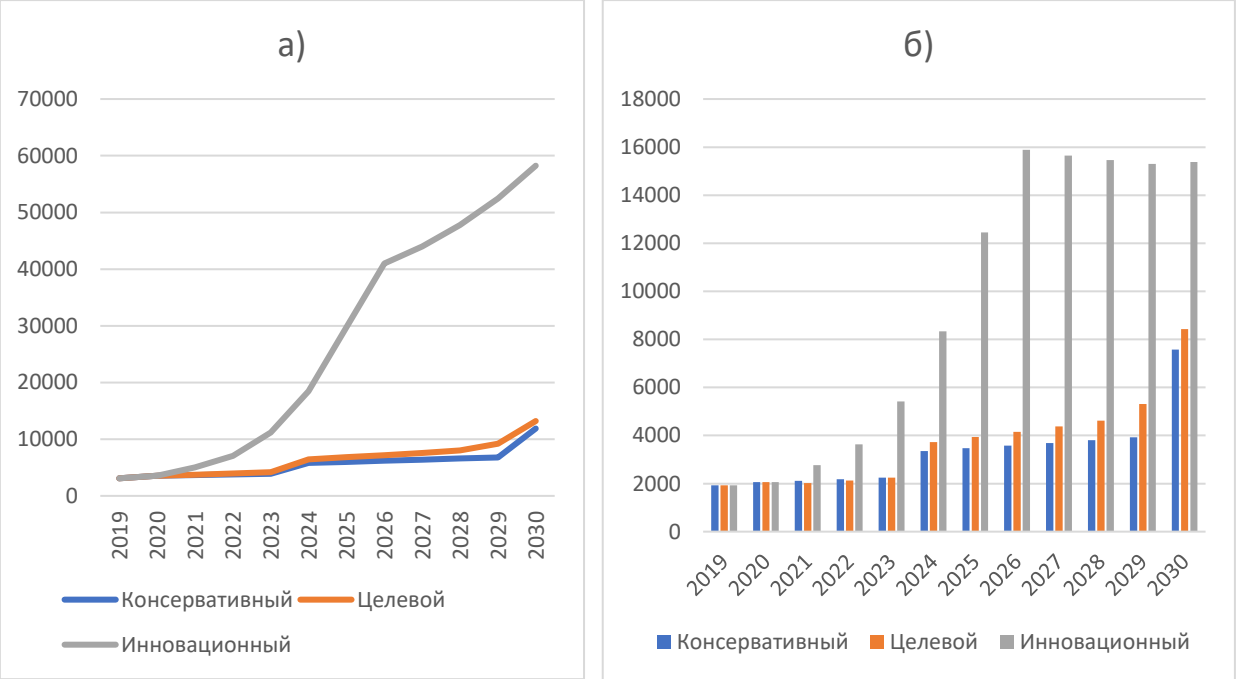
2.3. Реализация третьего этапа методического подхода к оценке развития аддитивных технологий в НИС России и их взаимосвязи с производствами

На третьем этапе методического подхода фокус исследования перенесен непосредственно на развитие АТ в НИС России. Опираясь на выводы, полученные в ходе глобального (этап 1) и отраслевого (этап 2) анализа, в данном параграфе проведена комплексная диагностика текущего состояния и динамики развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе. Проанализированы структура отечественного рынка АТ, формирующаяся система участников, а также, что наиболее важно, выявлены взаимосвязи АТ с производствами различного технологического уровня. Это позволяет перейти от абстрактного понимания «потенциала» к конкретному, дифференцированному видению того, где и как аддитивные технологии могут дать максимальный экономический и технологический эффект в российских условиях.

В настоящее время аддитивные технологии в России находятся на этапе начального становления, характеризующегося фрагментарностью институциональной структуры. Совокупность существующих производителей, научных центров и потребителей еще не образует целостной отраслевой системы с устоявшимися кооперационными связями, едиными стандартами и воспроизводимыми бизнес-моделями. В этой связи корректно говорить о формирующемся рыночном сегменте, а не о сложившейся отрасли, в отличие от стран-лидеров, таких как США, Германия и Китай, где АТ уже интегрированы в промышленность и имеют четкие статистические показатели. В России сектор АТ только формируется. Отсутствие системного подхода к сбору данных и слабая стандартизация затрудняют анализ текущего состояния АТ, что делает прогнозирование развития АТ в НИС особенно сложным.

Базовым документом стратегического планирования, определяющим целевые ориентиры развития аддитивных технологий в России, является «Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года»[210]. Ее анализ позволяет не только оценить запланированные темпы роста, но и выявить потенциальные риски и ограничения, которые необходимо учитывать при разработке регионального инструментария. Проведенная оценка целевых показателей и сценарных условий Стратегии представлена ниже.

Ключевые целевые ориентиры развития отечественной аддитивной отрасли на период до 2030 года детализированы в одноименной Стратеги. Ее анализ позволяет количественно оценить масштаб планируемых изменений и выявить основные драйверы и барьеры развития (рисунок 32).



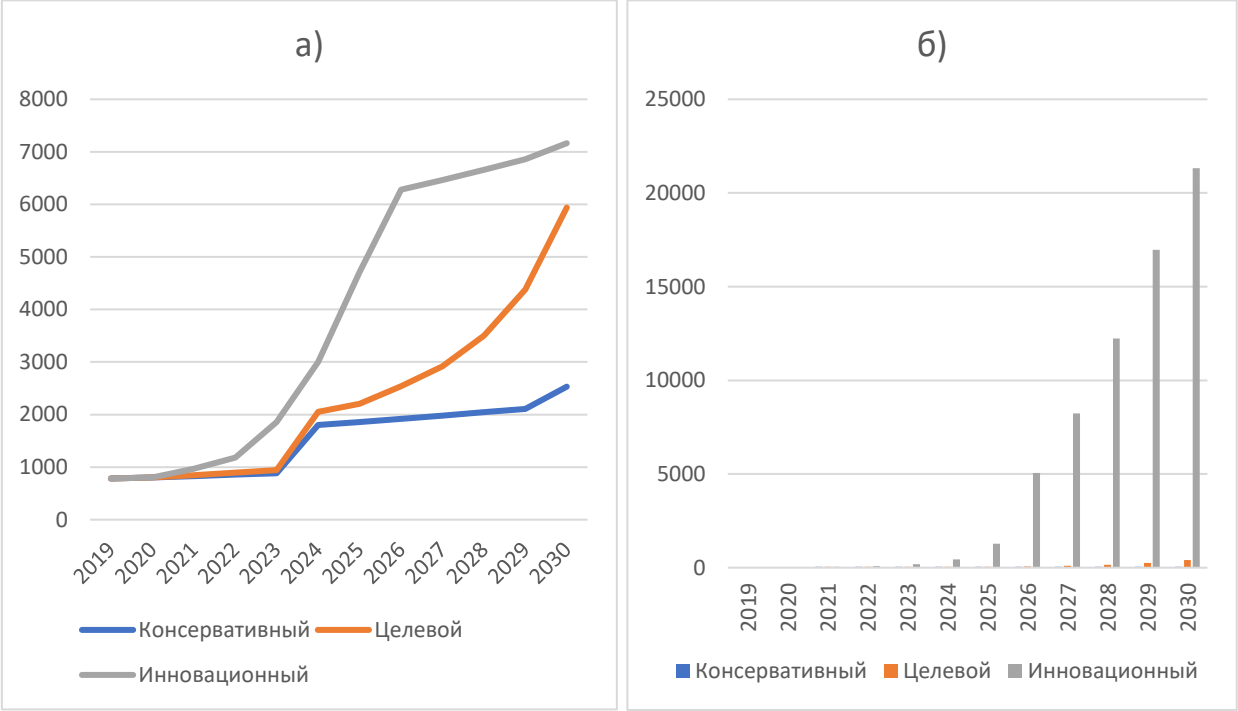
Источник: составлено автором[211]

Рисунок 32 – Динамика российского рынка АТ (а) и аддитивного оборудования и комплектующих (б) по РФ в 2019-2030 гг., млн. руб.

[210] Распоряжение Правительства РФ от 14 июля 2021 г. N 1913-р Об утверждении Стратегии развития аддитивных технологий в РФ на период до 2030 г. | Документы ленты ПРАЙМ: ГАРАНТ.РУ // Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401404208/ (Дата обращения 21.03.2026 г.)

[211] Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2021 г. N 1913-р (ред. от 21.10.2024) // Режим доступа: http://government.ru/docs/all/135700 (Дата обращения 21.03.2026 г.).

Объем российского рынка АТ (млн. рублей) по консервативному сценарию предполагает рост с 3100 в 2019 году в 3 раза в 2030 году; по целевому сценарию – рост в 4 раза; по инновационному сценарию – рост до 58243,4 млн рублей (рисунок 33).



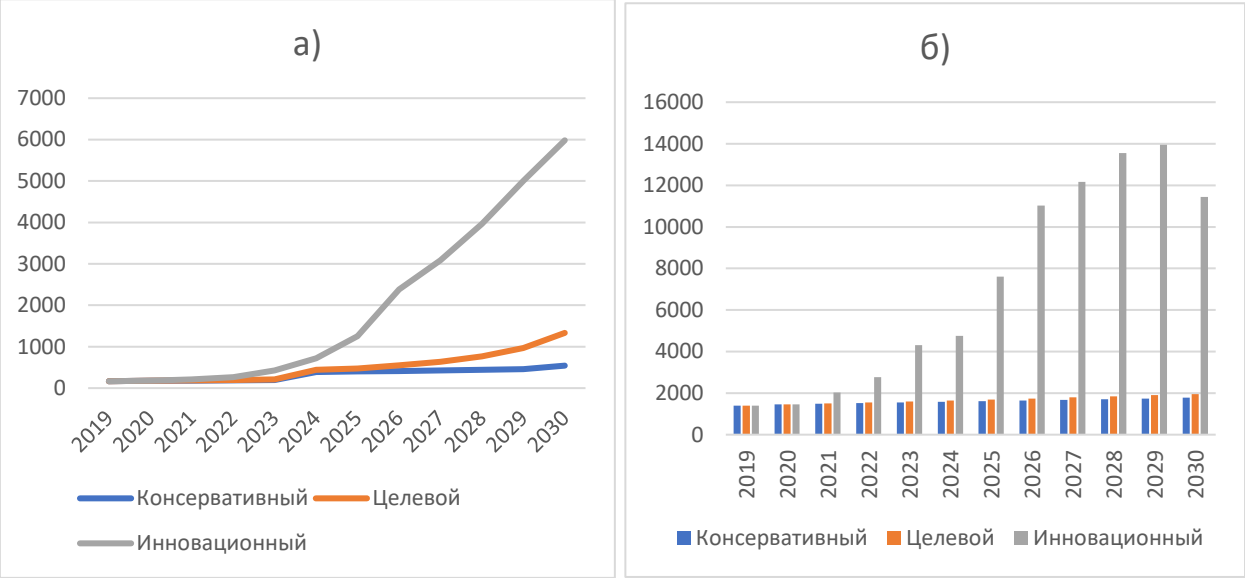
Источник: составлено автором[212]

Рисунок 33 – Динамика продаж российских компаний на внутреннем (а) и внешнем (б) рынке АТ оборудования в 2019-2030 гг., млн. рублей

На рисунке 34а представлены инвестиции в основной капитал АТ оборудования и комплектующих, по консервативному сценарию рост АТ оборудования и комплектующих с 166,7 млн. рублей до 543,2 млн. рублей, по инновационному сценарию – рост до 5982,8.

На рисунке 34б проиллюстрировано количество работников в отрасли по консервативному сценарию наблюдается рост с 1400 до 1775 человек, по инновационному сценарию – рост до 11438 человек.

[212] Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2021 г. N 1913-р (ред. от 21.10.2024) // Режим доступа: http://government.ru/docs/all/135700 (Дата обращения 21.03.2026 г.).



Источник: составлено автором[213]

Рисунок 34 – Инвестиции предприятий в АП оборудования, млн. руб. (а), количество работников в отрасли АТ в РФ, чел. (б)

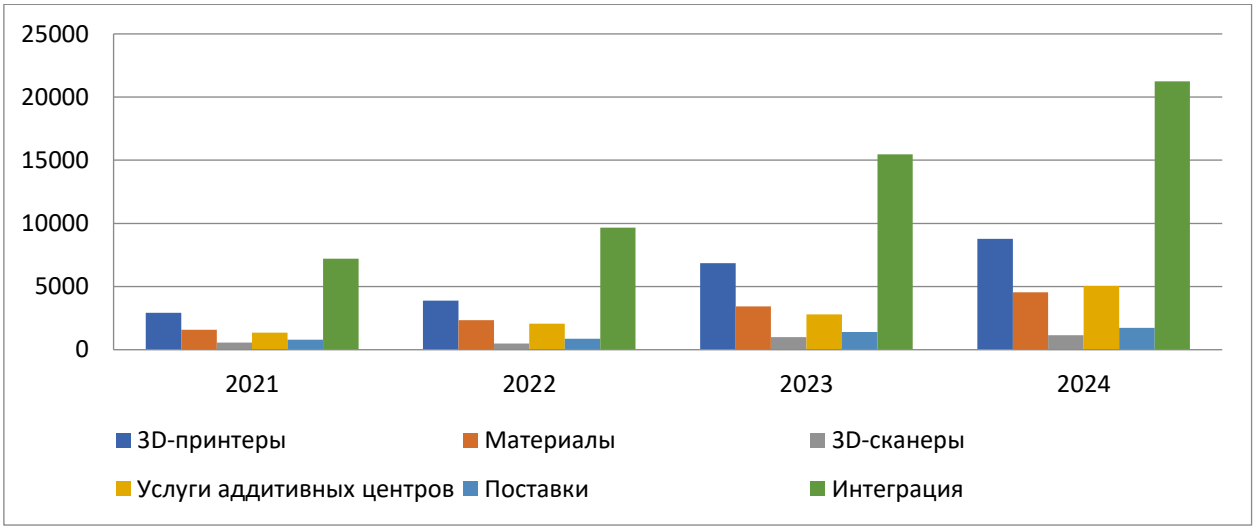
Представленные данные свидетельствуют о существенном разрыве между сценариями. Консервативный сценарий предполагает умеренный рост (объем рынка до 11,9 млрд руб. к 2030 г.), тогда как инновационный – практически пятикратное увеличение (до 58,2 млрд руб.).

Ключевыми факторами достижения инновационного сценария выступают следующие направления: увеличение инвестиций в основной капитал (с 166,7 до 5,98 млрд руб.); увеличение численности занятых в отрасли (с 1,4 до 11,4 тыс. человек); технологии для развития АТ – развитие отечественных технологий и снижение зависимости от импорта; экспорт для развития АТ – рост продаж на внешнем рынке требует конкурентоспособности продукции. Это подчеркивает критическую важность системной кадровой политики и инвестиционной привлекательности отрасли, что должно найти отражение в разрабатываемых механизмах управления.

[213] Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2021 г. N 1913-р (ред. от 21.10.2024) // Режим доступа: http://government.ru/docs/all/135700 (Дата обращения 21.03.2026 г.).

Потенциальные риски для развития АТ следующие: экономические санкции могут ограничить доступ к технологиям и рынкам АТ; дефицит квалифицированных кадров для развития АТ; недостаточное финансирование может замедлить развитие АТ.

Таким образом, консервативный сценарий выглядит реалистичным, так как соответствует текущим темпам роста АТ. Целевой сценарий достижим при условии устойчивого увеличения инвестиций и поддержки государства развития АТ. Инновационный сценарий требует значительных усилий, таких как масштабных инвестиций, технологических прорывов и активного выхода на международные рынки. Его реализация возможна только при комплексной поддержке со стороны государства и бизнеса.



Источник: составлено автором[214]

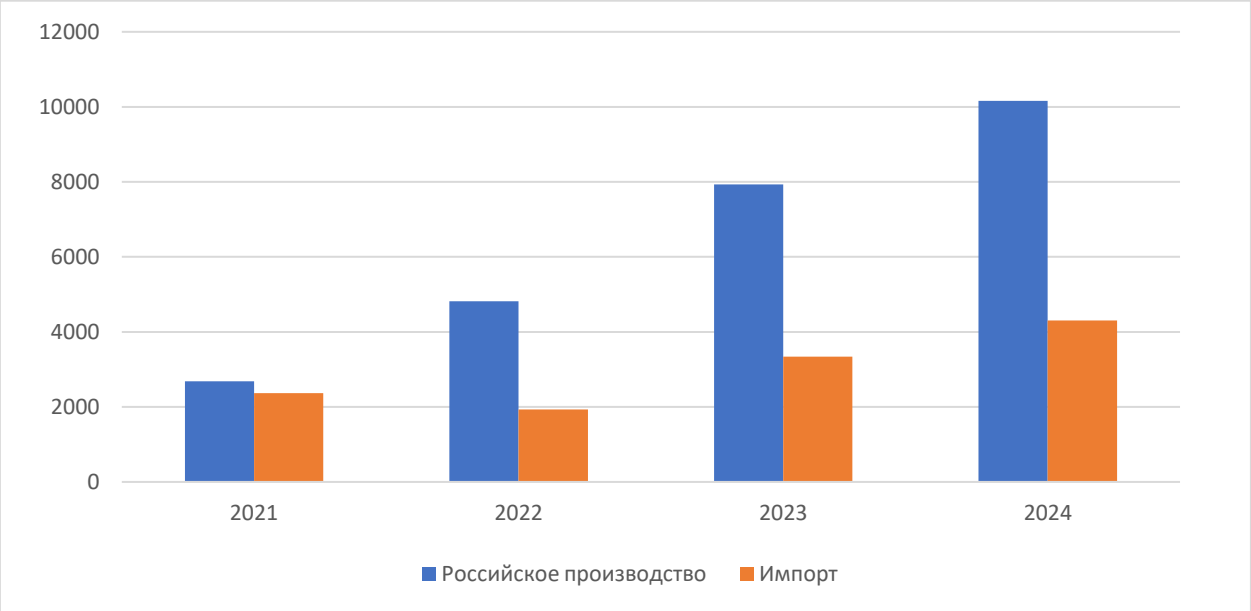
Рисунок 35 – Динамика и структура рынка АТ по России в 2021-2024 гг., млрд руб.

На основании статистических данных рисунка 35, можно сделать вывод о динамике общего рынка АТ по России в 2021–2024 гг. Рынок АТ демонстрирует взрывной рост с 7,2 млрд руб. в 2021 году до 21,3 млрд руб. в 2024 году, увеличение почти в 3 раза за 3 года.

[214] Ассоциация развития аддитивных технологий – официальный сайт // Режим доступа: https://aatd.ru/members/ (Дата обращения 21.03.2026 г.)

Темпы роста объема и структуры рынка АТ в России показательны, стремительный рост +33,9 % в 2022 году, +60,0 % в 2023 году, +37,4 % в 2024 году. Пик пришелся на 2023 год, что, вероятно, связано с ускоренным импортозамещением. Рост АТ остается очень высоким даже в 2024 году.

Если рассматривать структуру российского рынка АТ в 2024 году, то можно выделить следующие сегменты: 3D-принтеры 41,2 % (8,77 млрд руб.) – крупнейший сегмент, драйвер роста; услуги аддитивных центров 23,8 % или 5,06 млрд руб. – быстрорастущий сервисный сегмент; материалы 21,4 % или 4,54 млрд руб.; поставки и интеграция 8,1 % или 1,73 млрд руб.; 3D-сканеры 5,4 % или 1,15 млрд рублей. Таким образом, формируется сбалансированная структура, где сервисный сегмент в виде услуг уже сопоставим с материалами.



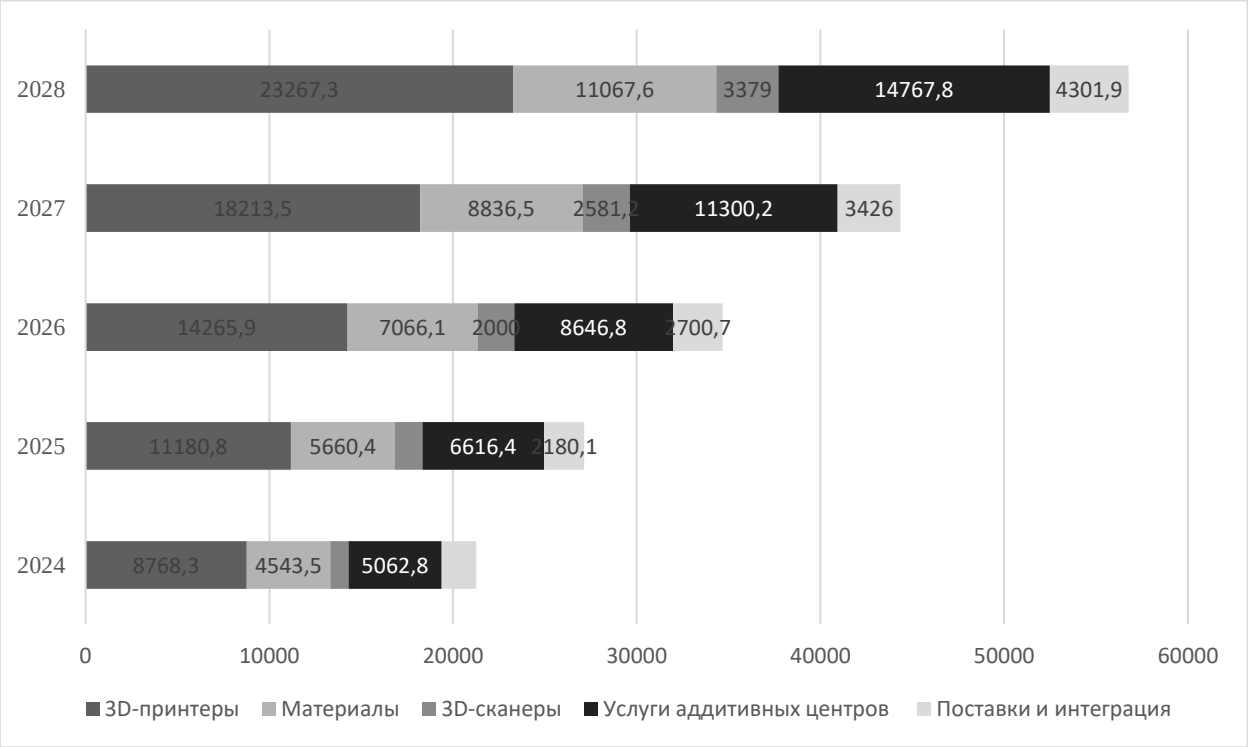
Источник: составлено автором [215]

Рисунок 36 – Динамика внутреннего производства и импорта в сфере АТ по России в 2021-2024 гг., млн руб.

На основании рисунка 36, можно отметить бурный рост внутреннего производства с 2,68 млрд руб. в 2021 году до 10,16 млрд руб. в 2024 году на фоне санкций и импортозамещения. Доля российского производства выросла

[215] Ассоциация развития аддитивных технологий – официальный сайт // Режим доступа: https://aatd.ru/members/ (Дата обращения 21.03.2026 г.)

с 53 % в 2021 году до 70 % в 2024 году, что является прямым следствием импортозамещения. Общий рынок производства и импорта АТ увеличился в 2,7 раза – с 5 млрд руб. в 2021 г. до 14,5 млрд руб. в 2024. Это подтверждает фазу экспоненциального роста формирующейся отрасли АТ.



Источник: составлено автором[216]

Рисунок 37 – Прогноз развития рынка АТ в НИС России до 2028 г., млн руб.

По данным рисунка 37, исследуя изменение структуры к 2028 году по прогнозу, необходимо отметить, что доля 3D-принтеров и материалов останется стабильно высокой – примерно 41, 0 % и около 19,5 %. Существенно вырастет доля услуг аддитивных центров – с 23,8 % до 26,0 %, это признак роста аутсорсинга и коммерциализации инфраструктуры АТ. Доля поставок и интеграции снизится с 8,1 % до 7,6 %, что может указывать на насыщение базовой инфраструктуры.

[216] Ассоциация развития аддитивных технологий – официальный сайт // Режим доступа: https://aatd.ru/members/ (Дата обращения 21.03.2026 г.)

Прогнозируется продолжающийся экспоненциальный рост рынка АТ. Ожидается, что рынок АТ вырастет с 21,3 млрд руб. в 2024 году до 56,8 млрд руб. в 2028 году, то есть в 2,7 раза. Среднегодовой темп роста с 2024 по 2028 год примерно 28 %, это исключительно высокий показатель для зреющей отрасли.

Статистика развития рынка АТ в НИС России демонстрирует впечатляющую динамику, характерную для фазы «бурного роста» инновационной отрасли АТ. Утроение объема рынка за три года, рост доли отечественного производства до 70% на фоне санкционного давления, формирование сбалансированной структуры (оборудование – 41%, услуги – 24%, материалы – 21%) – все это свидетельствует о запуске механизма импортозамещения[217] и формировании внутренней системы АТ. Важно отметить, что рост сервисного сегмента опережает общие темпы, что указывает на переход бизнес-моделей от единичных продаж оборудования к предоставлению услуг и аутсорсингу производства, что критически важно для вовлечения малого и среднего бизнеса. Прогнозируемый рост до 57 млрд руб. к 2028 году подтверждает, что АТ перестают быть нишевой технологией и становятся значимым сегментом промышленного производства России.

Для исследования развития отрасли АТ, в работе категорированы компании АТ по их основной бизнес-модели и роли в цепочке создания стоимости в аддитивных технологиях (Приложение К). Рассмотрим, какие организации входят в структуру системы аддитивных технологий по основным категориям: производители промышленного оборудования и систем, сервисные центры и аддитивное производство на заказ, ключевые научно-производственные и государственные центры, поставщики, дистрибьюторы и интеграторы, разработчики программного обеспечения (таблица 29).

[217] Дубровина, Т. А. Анализ результатов использования политики импортозамещения в промышленности / Т. А. Дубровина // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2022. – № 6(97). – С. 126-139.

Таблица 29 – Структура системы основных участников-производителей АТ в НИС России по категориям в 2025 г.

№ п/п	Организация АТ, место организации	Вид деятельности развития АТ	Специализация развития АТ
Категория 1: Производители промышленного оборудования и систем – это компании, которые разрабатывают и производят сами 3D-принтеры, установки и ключевые компоненты для них			
1	Am.Tech (Москва)	Производство, R&D и интеграция аддитивных систем	Российский производитель промышленных 3D-принтеров (серия AMT), специализирующийся на лазерной наплавке (DED/LMD) для ремонта и производства крупногабаритных металлических деталей
2	3D LAM (Москва)	Разработка и производство 3D-принтеров	Производитель промышленных и профессиональных 3D-принтеров, работающих по технологии послойного ламинирования (SLS) с полиамидом и другими порошками
3	NEX (Санкт-Петербург)	Разработка и производство 3D-принтеров	Российский производитель промышленных 3D-принтеров, работающих по технологии SLS (селективное лазерное спекание полимерных порошков).
4	PICASO 3D (Москва)	Разработка и производство 3D-принтеров	Отечественный производитель 3D-принтеров для профессионального и индустриального использования (FDM/FFF технология), известный высоким качеством печати и оригинальными разработками
5	xWELD (Москва)	Разработка и производство 3D-принтеров	Разработчик и производитель промышленных установок для аддитивного производства и ремонта металлических изделий методом прямой лазерной наплавки (DED)
6	АО «Лазерные системы» (Санкт-Петербург)	Разработка и производство лазерных комплексов	Создание промышленных лазерных систем, включая установки для аддитивного производства металлов (SLM/DED), часто для оборонно-промышленного комплекса
7	Лазеры и аппаратура (Санкт-Петербург)	Производство лазерного оборудования	Разработка и производство лазерных источников и систем, которые могут использоваться в составе установок для 3D-печати металлом
8	ONSINT (Санкт-Петербург)	Разработка и производство 3D-принтеров и материалов	Отечественный производитель, известный в области создания экструдеров и 3D-принтеров для печати высокотемпературными и инженерными пластиками (PEEK, PEI, др.).
9	Ation3D (Москва)	Разработка и производство 3D-принтеров	Производитель 3D-принтеров, в т.ч. по технологии DLP для высокоточной печати фотополимерами (ювелирное дело, стоматология, моделирование).
10	Адс Индастри (Москва)	Разработка и производство 3D-принтеров	Российский производитель промышленных FDM 3D-принтеров большого формата для печати термопластами

Продолжение таблицы 29

№ п/п	Организация АТ, место организации	Вид деятельности развития АТ	Специализация развития АТ
Категория 1: Производители промышленного оборудования и систем – это компании, которые разрабатывают и производят сами 3D-принтеры, установки и ключевые компоненты для них			
11	ООО «Роботех» (Москва)	Разработка и производство робототехнических комплексов	Создание роботизированных ячеек для гибридного аддитивного производства (робот и экструдер или DED-головка), часто для крупногабаритных объектов
12	F2 Innovation (Москва)	Разработка и производство 3D-принтеров	Создание и производство оригинальных отечественных 3D-принтеров (в т.ч. по технологии SLA), часто с фокусом на образование и креативные индустрии
Категория 2: Сервисные центры и аддитивное производство на заказ			
13	LIDER-3D (Москва)	Услуги 3D-печати металлом	Сервисная компания, специализирующаяся на промышленной 3D-печати металлических деталей по технологии SLM, инжиниринг, изготовление функциональных прототипов и серийных партий
14	Металл-Спринт (Москва)	Услуги 3D-печати металлом	Аддитивное производство металлических деталей на заказ, фокус на мелкосерийное производство и изготовление сложнореализуемых традиционными методами изделий
15	Центр аддитивных технологий 3DVision (Москва)	Услуги 3D-печати, сканирования, инжиниринг	Сервисный центр, предоставляющий услуги 3D-печати на различных типах оборудования (SLA, SLS, FDM), прототипирование, мелкосерийное производство
16	Фабрика братьев Просвирниных (Москва	Услуги 3D-печати	Крупный сервисный центр с широким парком оборудования (SLA, SLS, FDM, литье по выжигаемым моделям), акцент на быстрое прототипирование и дизайн
17	3D FORMAT (Москва)	Услуги 3D-печати и сканирования	Сервисная компания, предоставляющая широкий спектр услуг: 3D-печать (гипс, полимеры), 3D-сканирование, создание 3D-моделей
18	URAL 3D (Екатеринбург)	Услуги 3D-печати	Региональный сервисный центр (Урал), предлагающий услуги 3D-печати на разных типах оборудования, часто с ориентацией на производство
19	IGo3D Russia (Москва)	Услуги 3D-печати, продажа оборудования	Сервисный центр и дистрибьютор, часто специализирующийся на оборудовании для печати гипсом (цветная 3D-печать) и других технологиях для архитектуры и дизайна
Категория 3: Ключевые научно-производственные центры – это крупные организации с сильной R&D-составляющей, часто с государственным участием, работающие над полным циклом от разработки до внедрения			

Продолжение таблицы 29

№	Организация АТ	Вид деятельности АТ	Специализация развития АТ
20	АО «Центр аддитивных технологий» (Росатом) (Москва)	Услуги АП, R&D	Крупный государственный/корпоративный центр. Полный цикл: разработка технологий, материалов, изготовление и сертификация серийных изделий для атомной, авиационной и других отраслей
21	Центр прототипирования и АП SKAT3D (ЦПиАП АО «ДТИ Москвы»)	Услуги аддитивного производства, R&D	Государственный (в структуре АО «ДТИ Москвы») центр полного цикла: от проектирования до изготовления опытных образцов и мелкосерийных партий для промышленности, акцент на внедрение в реальный сектор
22	СКБ-14 (Ижевск)	Разработка и производство, R&D	Научно-производственное предприятие, работающее в оборонном секторе. Разрабатывает и внедряет технологии 3D-печати металлом (SLM)
23	REC (Москва)	Исследования и разработки в области АТ	Научно-исследовательский центр, фокус на разработке новых материалов и технологий для промышленной 3D-печати, включая металлы
24	Керамет (Санкт-Петербург)	Производство изделий, R&D	Специализация на аддитивном производстве изделий из технической керамики (окись алюминия, циркония) для медицины, аэрокосмоса
25	Прокерамика (Санкт-Петербург)	Производство изделий, R&D	Разработка технологий и производство изделий методом стереолитографии (SLA/DLP) из специальных керамических фотополимеров с обжигом
Категория 4: Поставщики, дистрибьюторы и интеграторы			
26	IMPRINTA (Москва)	Продажа оборудования и материалов для 3D-печати	Крупный дистрибьютор оборудования для промышленной и настольной 3D-печати, комплексное оснащение предприятий
27	Цветной мир (Москва)	Продажа оборудования и материалов	Дистрибьютор 3D-оборудования, материалов и ПО, с сильным фокусом на образовательный сектор и креативные индустрии
28	ГК «Иннфокус» (Москва)	Интеграция решений, продажа оборудования	Системный интегратор и поставщик комплексных решений в области 3D-печати, сканирования и инжиниринга для промышленных предприятий
29	RangeVision (Москва)	Производство 3D-сканеров	Ведущий российский разработчик и производитель профессиональных 3D-сканеров, экосистема АТ для реверс-инжиниринга и контроля геометрии
Категория 5: Разработчики программного обеспечения (Software) – это компании, создающие цифровую основу для аддитивных технологий			
30	Siu Sistem (Москва / Санкт-Петербург)	Разработка ПО	Специализируется на разработке программного обеспечения для 3D-печати, такого как слайсеры, системы управления принтерами или ПО для топологической оптимизации и генеративного дизайна

Источник: составлено автором на основании[218]

[218] Ассоциация развития аддитивных технологий – официальный сайт // Режим доступа: https://aatd.ru/members/ (Дата обращения 21.03.2026 г.)

Автором подчеркивается важность сохранения всех пяти категорий участников-производителей для развития отрасли АТ.

Для понимания реальной глубины развития отечественной аддитивной отрасли недостаточно анализа агрегированных рыночных показателей. Необходима детализация по конкретным технологическим направлениям, позволяющая оценить, в каких сегментах Россия имеет достаточный или зрелый технологический задел, а в каких сохраняется критическая зависимость от импорта или наблюдается технологический вакуум.

В таблице 30 автором представлен детальный технологический аудит развития АТ в России в 2024 году по основным группам аддитивных технологий.

Проведенный технологический аудит, систематизированный по предложенной шкале оценки (нулевой, начальный, развитый уровни), позволяет не только инвентаризировать имеющиеся компетенции, но и выявить стратегические «разрывы» в национальной технологической базе аддитивных производств. Результаты аудита демонстрируют крайне неравномерный характер развития различных технологических направлений, что требует дифференцированного подхода к государственной политике в отношении каждого из них.

1. Зоны развитых компетенций (конкурентные преимущества)

К данной категории относятся технологические направления, по которым в России сформирован устойчивый пул производителей, развитая исследовательская база и доступна необходимая материально-сырьевая номенклатура. Эти сегменты обладают потенциалом не только для обеспечения внутреннего спроса, но и для формирования экспортных предложений.

Таблица 30 – Результаты технологического аудита развития основных групп АТ в НИС России в 2024 г.

Группа технологий	Технология	Оборудование		Материалы		Научно-технологический задел
		Производители	Статус развития	Производители	Статус развития	
Фотополимеризация в ванне – **VPP**	**SLA** – Стереолитография	ООО «Аддитивное производство»	Технологическое отсутствие (в разработке)	Harz Labs, ООО «Эксклюзивные решения» ООО «Аддитивное производство»	Начальный уровень	Становление
	DLP – Цифровая светодиодная проекция	ООО «Эксклюзивные решения» (3DSLA.RU)	Начальный уровень		Удовлетво-рительно	Становление
	CDLP – Непрерывная цифровая светодиодная проекция	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие	Технолог. отсутствие	Технолог. отсутствие
Экструзия материала – **ME**	**FDM** – Моделирование методом послойного наплавления	Picaso 3D, Imprinta, Total Z, ООО «Зенит», 3DIY, АО «ЦТКАТ», MAGNUM, Vortex, АО «ГОЗ», 3DQuality, Maestro, СПЕЦАВИА, F2 Innovation, ООО «Стереотек», ООО ПК «Робокинетика»	Развитый уровень	REC, SEM, FDplast, Filamentarno, Print Product, Best Filament, ООО «Траектория 3Д», ООО «ПК НИТ», ООО «ПолиИмпэкс»	Развитый уровень	Развитый уровень
	FGF – Моделирование методом наплавления гранулами пластика	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие
MJ – Струйное нанесение материала	**MJ** – Струйное нанесение материала	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие
BJ – Струйное нанесение связующего	**BJ** – Струйное нанесение связующего	ООО «Аддитивные технологии»	Удовлетво-рительно	ООО «Аддитивные технологии»	Удовлетво-рительно	Удовлетво-рительно
PBF – ситез на подложке	**SLS** – Селективное лазерное спекание	ONSINT, Red Rock 3D	Начальный уровень	Нет данных	Нет данных	Начальный уровень
	EBM – Электронно-лучевая плавка	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие	Нет данных	Начальный уровень

Продолжение таблицы 30

Группа технологий	Технология	Оборудование		Материалы		НТ задел
		Производители	Статус развития	Производители	Статус	
	SLM – Селективное лазерное плавление металлов	ООО «РУСАТОМ Аддитивные Технологии», АО «Лазерные системы», ООО «Эксклюзивные реше- ния», ООО «Титан-Авангард», ЛАР Технологии, АО «Композит», ООО «Лазеры и аппаратура», АО «НИАТ», ООО «Онсинт», ЗАО «Биоград», АО «Концерн «Калашников»	Развитый уровень	НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ ОАО «ВИЛС», АО «ПОЛЕМА», АО «РУСАЛ», АО «Композит», ООО «СфераМ» ООО «Нормин»	Начальный уровень (становление)	Начальный уровень (становление)
DED – Прямой подвод энергии и материала	**EBAM** – Электронно-лучевая проволочная наплавка	ТЭТА, ООО «РУСАТОМ Аддитивные Технологии»	Начальный уровень (становление)	НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ ОАО «ВИЛС» АО «ПОЛЕМА» АО «РУСАЛ» АО «Композит» ООО «СфераМ» ООО «Нормин»	Начальный уровень (становление)	Начальный уровень
	DED-LB – Прямое лазерное выращивание металла	ИЛИСТ, ООО «РУСАТОМ Аддитивные Технологии», ГК «Лазеры и аппаратура»	Начальный уровень (становление)			Начальный уровень
	WAAM Электродуговая наплавка проволоки	F2 Innovation ПНИПУ	Начальный уровень	АО «ЧМЗ»	Начальный уровень	Начальный уровень
LOM – Печать методом ламинирования	**LOM** – Изготовление объектов послойным ламинированием	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие	Технологическое отсутствие

Источник: составлено автором

Критерии оценки уровня развития технологий АТ в НИС:

1. Нулевой уровень развития (технологическое отсутствие): на рынке РФ отсутствуют зарегистрированные производители оборудования/материалов; НИОКР по данному направлению не ведутся или находятся на начальной стадии фундаментальных исследований.
2. Начальный уровень развития (становление): присутствуют единичные производители и/или разработчики; НИОКР ведутся, но находятся преимущественно на стадии лабораторных образцов и прототипов; промышленное внедрение и серийное производство отсутствуют или носят экспериментальный характер.
3. Развитый уровень (индустриализация): на рынке функционирует несколько отечественных производителей; технологии доведены до стадии опытно-промышленного или серийного производства, сертифицированы и применяются в реальном секторе экономики; ведутся активные прикладные исследования по улучшению потребительских свойств и снижению себестоимости.

Экструзия материалов (MEX/FDM). Абсолютный лидер по степени зрелости. Наличие множества отечественных производителей (PICASO 3D[219], Imprinta[220] и др.) и широкого спектра материалов (REC[221], FDplast[222], Filamentarno[223]) позволяет квалифицировать данное направление как полностью сформировавшуюся индустрию, ориентированную как на профессиональный, так и на образовательный сегменты.

Синтез на подложке для металлов (PBF/SLM). Критически важное направление для высокотехнологичных отраслей. Благодаря усилиям госкорпораций (ООО «Русатом Аддитивные Технологии»[224], АО «Лазерные системы»[225]) и наличию мощной сырьевой базы (ВИАМ[226], АО «Полема»[227]), в России сформирован полный цикл производства – от порошков до серийных промышленных установок[228]. Это зона технологического суверенитета[229].

Прямой подвод энергии (DED/EBAM, DED-LB, WAAM[230] – методы электродуговой наплавки[231]). Направление, демонстрирующее устойчивый рост, обусловленный спросом со стороны ремонтного производства и

---

[219] ПИКАСО 3D – надежная 3D-печать для реальных задач // Режим доступа: https://picaso-3d.ru (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[220] Официальный сайт – IMPRINTA | Производитель 3D принтеров Hercules // Режим доступа: https://imprinta.ru (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[221] REC Group | About REC // Режим доступа: https://www.recgroup.com (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[222] Завод полимерных труб FDplast производит полипропиленовые трубы и продукцию для систем водоснабжения // Режим доступа: https://www.fdplast.ru (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[223] Компания "Filamentarno!" - производитель расходных материалов для 3D-принтеров // Режим доступа: https://filamentarno.ru/?ysclid=mn0i37bzyf596460996 (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[224] ООО «Росатом Аддитивные технологии» // Режим доступа: https://rosat.tvel.ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[225] АО «Лазерные системы» | Разработка высокотехнологичного оборудования в Санкт-Петербурге // Режим доступа: https://www.lsystems.ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[226] ВИАМ – ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный Научный Центр РФ // Режим доступа: https://viam.ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[227] АО "Полема" – завод порошковой металлургии // Режим доступа: https://polema.net/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[228] Пронин, А. С. Анализ алгоритма input shaping для улучшения точности перемещения печатающей головки аддитивных установок с встроенным программным обеспечением Klipper / А. С. Пронин, К. А. Драпак, В. С. Фомин // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2025. – № 3(298). – С. 78-81.

[229] Басистый, С. Г. Основные положения организации разработки программы полного инновационного цикла развития аддитивных технологий в регионе / С. Г. Басистый, Е. К. Новосельская, Н. К. Новосельский // Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2023. – № 2(170). – С. 85-90.

[230] Применение технологии аддитивного производства WAAM для обратного инжиниринга изделия / П. К. Захаров, А. Е. Балановский, В. Ю. Конюхов, Т. А. Опарина // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2025. – Т. 81, № 3. – С. 24-29.

[231] Аддитивное производство методом электродуговой наплавки проволоки / А. В. Свиридов, О. В. Фомичева, Е. В. Голев, О. Е. Козырева // Труды ВИАМ. – 2025. – № 6(148). – С. 31-45.

крупногабаритного машиностроения[232] (ОПК[233], энергетика, горнодобыча[234]). Наличие таких участников, как ООО «Русатом Аддитивные Технологии», ТЭТА, F2 Innovation, и развитая научная школа (НИЦ КИ, ПНИПУ) создают базу для дальнейшего наращивания компетенций[235].

2. Зоны начального развития (импортозамещающий потенциал)

В данных сегментах наблюдаются позитивные сдвиги: есть локальные производители и/или разработки, однако они носят единичный характер, а доля рынка, занимаемая отечественными решениями, остается незначительной. Эти зоны требуют точечной поддержки для масштабирования.

Фотополимеризация в ванне (VPP/SLA, DLP). Сегмент, критически важный для стоматологии и ювелирной промышленности. В России присутствуют разработчики (ООО «Эксклюзивные решения», «Аддитивное производство») и производители фотополимеров (Harz Labs). Однако по широте линейки оборудования и производительности мы уступаем мировым лидерам. Стратегия развития – консолидация усилий разработчиков и создание специализированного инжинирингового центра для медицинского применения[236].

Синтез на подложке для полимеров (PBF/SLS). Наличие производителей (ONSINT, Red Rock 3D) указывает на сформировавшийся задел. Главный барьер – отсутствие производства качественных полимерных порошков, что создает сырьевую зависимость. Стратегия – форсированное развитие

[232] Бром, А. Е. Концепция технологического роста посредством модуляризации машиностроения / А. Е. Бром, А. В. Челенко // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 12. – С. 539-545.
[233] ОАО "Объединенная приборостроительная корпорация" (В составе "ГК Ростех") // Режим доступа: https://sudostroenie.info/predprijatija/1011.html (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[234] Применение аддитивных технологий при создании аналогов образцов горных пород / Ю. С. Щербакова, А. А. Щербаков, М. Дан, Ю. Лиюань // Недропользование. – 2026. – Т. 26, № 1. – С. 76-84.
[235] Валиуллина, Д. А. Аддитивные технологии: анализ научной деятельности по исследуемому направлению / Д. А. Валиуллина // Аллея науки. – 2020. – Т. 1, № 6(45). – С. 814-818.
[236] Режимы рентгеновского экспонирования при контроле изделий, выполненных по аддитивным технологиям / Е. И. Косарина, А. П. Гримова, Н. В. Осияненко, А. В. Смирнов // Труды ВИАМ. – 2024. – № 12(142). – С. 85-95.

отечественного производства полиамидов для 3D-печати (на базе предприятий химпрома).

Струйное нанесение связующего (BJT). Наличие разработок у ООО «Аддитивные технологии» позволяет рассматривать этот сегмент как перспективный для литейного производства и создания крупногабаритных песчаных форм. Необходима поддержка пилотных проектов на машиностроительных предприятиях, в строительной сфере для отработки технологии[237][238].

3. Зоны технологического вакуума (критическая зависимость и стратегические риски)

Это направления, по которым в России отсутствуют как серийные производители, так и активные публичные разработки. Игнорирование этих зон может привести к долгосрочному технологическому отставанию в перспективных нишах.

Электронно-лучевая плавка (PBF/EBM). Технология, критически важная для производства высокочистых и реакционноспособных металлов (титан), востребованных в аэрокосмосе и медицине. Отсутствие отечественных EBM-установок создает риски зависимости от импортного оборудования (например, GE Additive). Возможная стратегия: инициирование прорывного НИОКР на базе одного из центров компетенций (например, Сколтех или НИЦ «Курчатовский институт») с горизонтом планирования 5-7 лет.

Струйное нанесение материала (MJT/MultiJet) и Высокоточная керамика (VPP/CDLP). Это нишевые, но высокомаржинальные технологии (полимерные многоцветные прототипы, микрофлюидика, биосовместимая керамика). Прямое копирование западных решений (PolyJet) сложно из-за патентной защиты. Возможная стратегия: «технологический обход» через

[237] Экономическая эффективность аддитивных технологий в строительной отрасли / М. Л. Берсенева, Н. Ю. Клиндух, Т. В. Данченко, А. А. Якшина // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12, № 1. – С. 3.
[238] Ульянов, И. С. Маркетинговое продвижение аддитивных технологий в российской строительной отрасли / И. С. Ульянов // Практический маркетинг. – 2025. – № 6(336). – С. 35-38.

развитие гибридных подходов или поиск новых материалов. В краткосрочной перспективе – сохранение импорта для нужд уникальных проектов.

Изготовление объектов методом ламинирования (LOM). Технология, утратившая массовость, но имеющая потенциал для создания крупногабаритных композитных форм. Учитывая низкий глобальный спрос и отсутствие задела, целесообразно признать данное направление неперспективным для развития в России, сфокусировав ресурсы на других технологиях, способных решать аналогичные задачи (например, крупногабаритная FGF-экструзия гранулами, развитие которой пока также отсутствует).

Таким образом, автором подчеркивается, что структура национальной технологической базы АТ крайне асимметрична. Россия обладает безусловными конкурентными преимуществами и технологическим суверенитетом в сегментах, связанных с экструзией полимеров, лазерным спеканием/плавлением металлов и технологиями прямого подвода энергии. Однако в таких перспективных направлениях, как струйные технологии, электронно-лучевая плавка и высокоточная керамика, наблюдается критическое отставание. Стратегия развития аддитивной отрасли в НИС России должна строиться на принципах «умной специализации»: концентрация ресурсов на развитии и экспансии в «зеленых» зонах, точечная поддержка масштабирования в «желтых» зонах и осознанный выбор стратегии (догоняющее развитие, технологический обход или импорт) в «красных» зонах.

Проведенный технологический аудит свидетельствует о формировании в России полного, но неравномерно развитого технологического спектра. Наибольшая зрелость достигнута в сегментах экструзии полимеров (FDM), лазерного спекания/плавления металлов и полимеров (SLM/SLS) и технологий прямого подвода энергии (DED), что коррелирует с запросами оборонно-промышленного комплекса и авиастроения. В то же время, такие перспективные направления, как струйные технологии (MJT, BJT) и

электронно-лучевая плавка (EBM), находятся в начальной стадии развития или полностью отсутствуют, что создает риски технологического отставания в средне- и долгосрочной перспективе.

Рассмотрим специфику внедрения АТ в сегменте организаций малого и среднего предпринимательства. Проведенный технологический аудит (таблица 30) и анализ структуры участников отрасли позволяют выделить особенности использования аддитивных технологий малыми и средними предприятиями.

Наиболее доступными для МСП являются технологии экструзия пластиков MEX/FDM и фотополимеризация VPP/SLA/DLP в настольном и полупрофессиональном исполнении. Стоимость оборудования здесь составляет от 50 тыс. до 1 млн руб., а порог входа минимален. В сегменте металлической печати PBF/SLM и DED для МСП основной формой доступа становятся сервисные центры и ЦКП, а не покупка собственного оборудования.

Экономические барьеры, в числе которых высокая стоимость оборудования, неопределенность окупаемости, и кадровый дефицит, в частности, отсутствие инженеров-технологов, носят для МСП критический характер. В отличие от крупных корпораций, таких как Росатом, Ростех, располагающих внутренними R&D-центрами и госзаказом, малые предприятия не имеют ресурсов на длительные НИОКР и обучение персонала «с нуля».

В качестве пути решения проблемы вовлечения МСП в аддитивную отрасль предлагаем наиболее перспективные сервисные модели, например, печать на заказ через ЦКП и FabLab, а также грантовая поддержка на оплату услуг сторонних сервисных бюро, что и заложено в разработанном организационно-экономическом механизме в параграфе 3.3, блок «Субсидии и гранты (поддержка спроса)».

В работе предложена еще одна альтернативная структура по специализации материалов АТ, представленная в таблице 31.

Таблица 31 – Структура по специализации материалов АТ в НИС РФ

	Материалы АТ	Организации АТ в НИС РФ
1	Металлы	Am.Tech, xWELD, LIDER-3D, Металл-Спринт, АО «ЦАТ» (Росатом), СКБ-14, АО «Лазерные системы»
2	Полимеры (пластики, фотополимеры)	3D LAM, NEX, PICASO 3D, ONSINT, Ation3D, Адс Индастри, 3DVision, Фабрика братьев Просвирниных
3	Керамика	Керамет, Прокерамика
4	Гипс / Пескополимеры	IGo3D Russia, 3D FORMAT
5	Универсальные / Мультиматериальные сервисы	Большинство сервисных центров (3DVision, Фабрика братьев Просвирниных и др.)

Источник: составлено автором

Таким образом, представленная структура по категориям участников, по группам АТ и по специализации материалов показывает, что в России формируется полноценная система отрасли АТ, включающая всех ключевых игроков: от разработчиков оборудования и материалов до сервисных центров и крупных интеграторов технологий.

Таблица 32 – Основные производители АТ РФ по категориям в 2025 г.

	Категория 1: Производители промышленного оборудования и систем АТ	Категория 2: Сервисные центры АТ и аддитивное производство на заказ	Категория 3: Научно-производственные и государственны центры АТ	Категория 4: Поставщики, дистрибьюторы и интеграторы АТ
1	Am.Tech (Москва) 3D LAM (Москва) NEX (СПб) PICASO 3D (Мос.)	LIDER-3D (Москва) Центр аддитивных технологий 3DVision (Москва)	АО «Центр аддитивных технологий» (Росатом) (Москв)	IMPRINTA (Москва) ГК «Иннфокус» (Москва)
2	xWELD (Москва) АО «Лазерные системы» (СПб) Лазеры и аппаратура (СПб)	Фабрика братьев Просвирниных (Москва) 3D FORMAT (Москва)	Центр прототипирования и АП SKAT3D (ЦПиАП АО «ДТИ Москвы»)	Цветной мир (Москва) RangeVision (Москва)
3	ONSINT (СПб) Ation3D (Москва)	Металл-Спринт (Москва)	СКБ-14 (Ижевск)	Категория 5: Разработчики программного обеспечения
4	Адс Индастри (Мос) ООО «Роботех» (Москва)	URAL 3D (Екатеринбург)	REC (Москва) Керамет (СПб)	
5	F2 Innovation (Мос.)	IGo3D Russia (Москва)	Прокерамика (СПб)	Siu Sistem (Москва / СПб)

Источник: составлено автором

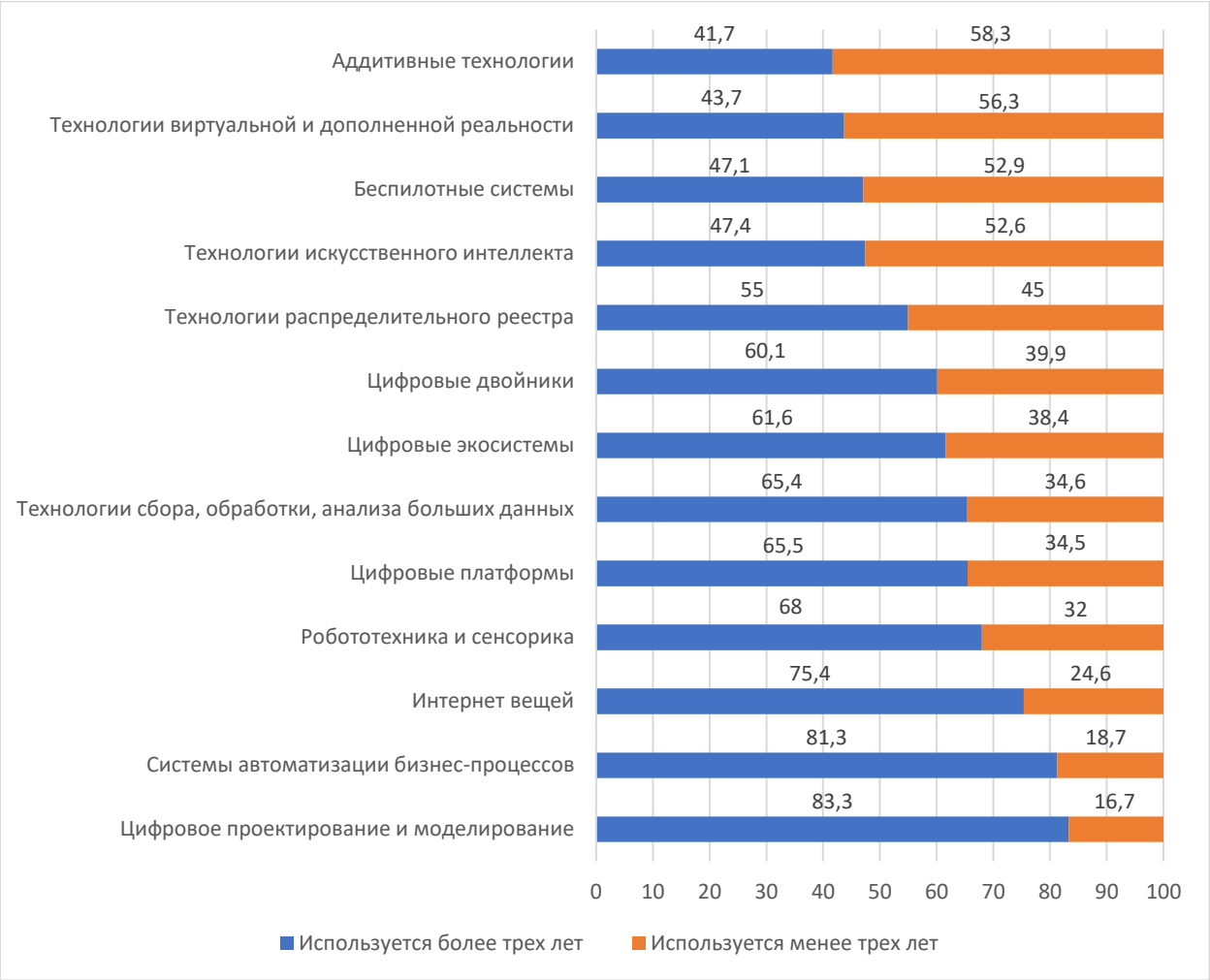
В таблице 32 на основе представленной структуры системы АТ в НИС России автором отмечено, что в стране присутствуют все необходимые элементы для формирования полноценной отрасли: есть производители оборудования (категория 1), сервисные центры (категория 2), научно-производственные центры и R&D-площадки (категория 3), поставщики и интеграторы (категория 4), а также разработчики ПО (категория 5).

Анализ актуального состояния показывает, что данные категории сформированы и представлены конкретными компаниями, преимущественно сосредоточенными в Москве, Санкт-Петербурге и Екатеринбурге. Однако наличие этих элементов не означает наличия системы развития АТ. Ключевая проблема заключается в их фрагментарности и отсутствии устойчивых кооперационных связей.

Однако анализ выявляет ключевые проблемы формирования системы отрасли АТ[239]: элементы системы существуют фрагментарно, отсутствуют механизмы системной координации и кооперации; между производителями оборудования и конечными потребителями слабые обратные связи[240]; научные центры не коммерциализируют разработки; сервисные бюро часто работают в условиях неполной загрузки. Формирование «единого контура» взаимодействия этих категорий является важнейшей задачей для перехода от количественного роста к качественному развитию отрасли.

Следующим шагом анализа автором проведена оценка сроков внедрения цифровых технологий[241], в том числе аддитивных, и планов использования цифровых технологий разными организациями.

[239] Гавриленко, Т. В. Состояние и основные проблемы развития аддитивных технологий / Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов, В. А. Востров // Успехи кибернетики. – 2024. – Т. 5, № 2. – С. 75-83.
[240] Шарипов, И. И. Применение аддитивных технологий в производстве запасных частей для агропромышленного комплекса / И. И. Шарипов, С. Б. Хакимова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 207. – С. 509-517.
[241] Костин, К. Б. Цифровые технологии в глобальных цепочках создания стоимости / К. Б. Костин, А. Н. Субоч // Вопросы инновационной экономики. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 361-374.

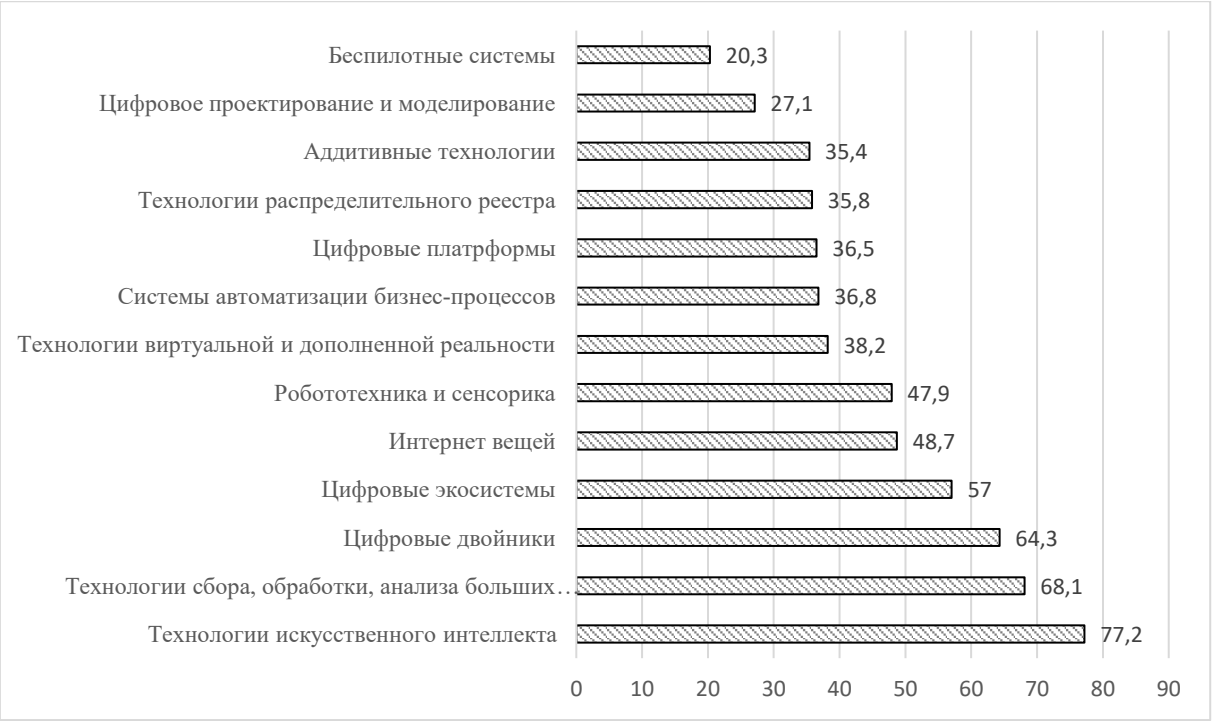


Источник: составлено автором[242]

Рисунок 38 – Сроки внедрения цифровых технологий по РФ в 2024 гг., %

На рисунке 38 представлено использование цифровых технологий по срокам внедрения. Следует отметить, что аддитивные технологии – это технологии «новой волны», которые занимают 13-е место в 2024 году по распространенности среди использующих цифровые технологии организаций: только 41,7 % организаций внедряют их более 3 лет, а 58,3% - менее 3 лет. Это самый высокий показатель «новизны» среди всех технологий, что говорит о недавнем активном старте массового внедрения.

[242] Цифровые технологии в бизнесе: практики и барьеры их использования. Мониторинг цифровой трансформации бизнеса / Г. И. Абдрахманова, Т. С. Зинина, Е. В. Киселева, Е. Г. Нечаева, П. Б. Рудник, М. С. Фролов // ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. 2025. Выпуск 1 // Режим доступа: https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/890550370.pdf (Дата обращения 21.03.2026 г.).



Источник: составлено автором на основании[243]

Рисунок 39 – Планы использования цифровых технологий организациями в 2027-2030 гг. (% от числа организаций, не использующих цифровые технологии)

На рисунке 39 представлено, что АТ находятся на 11-м месте в планах организаций использовать их в 2027-2030 гг. Необходимо акцентировать внимание на том, что 35,4 % организаций, еще не использующих АТ, планируют начать использовать АТ в 2027 году – это достаточно высокий показатель роста. Это выше, чем у таких «классических» цифровых технологий, таких как цифровое проектирование (27,1 %) и системы автоматизации бизнес-процессов (36,8 %). Это означает, что рынок АТ далек от насыщения. Большой пул организаций только начинает знакомство с аддитивными технологиями, что вселяет надежды на значительный рост спроса на оборудование, материалы и услуги в ближайшие 3 года.

[243] Цифровые технологии в бизнесе: практики и барьеры их использования. Мониторинг цифровой трансформации бизнеса / Г. И. Абдрахманова, Т. С. Зинина, Е. В. Киселева, Е. Г. Нечаева, П. Б. Рудник, М. С. Фролов // ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. 2025. Выпуск 1 // Режим доступа: https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/890550370.pdf (Дата обращения 21.03.2026 г.).

Если рассматривать АТ среди других технологий, то можно отметить, что лидерами по зрелости являются базовые, хорошо освоенные технологии. Они используются организациями более 3 лет. В их числе цифровое проектирование (83,3%) и автоматизация бизнес-процессов (81,3%).

Лидеры по ажиотажному спросу в планах внедрения – это технологии искусственного интеллекта (77,2%) и Big Data (68,1%). АТ находятся в конце списка, что указывает на прагматичный, а не спекулятивный интерес со стороны промышленности.

На следующем шаге анализа автором проведена оценка потенциала внедрения АТ в разрезе технологичности производств в качестве потребителей АТ.

Для понимания развития потенциала АТ в НИС необходимо рассмотреть их развитие через призму уровней технологичности производств: высоко-, средне- и низкотехнологичные производства.

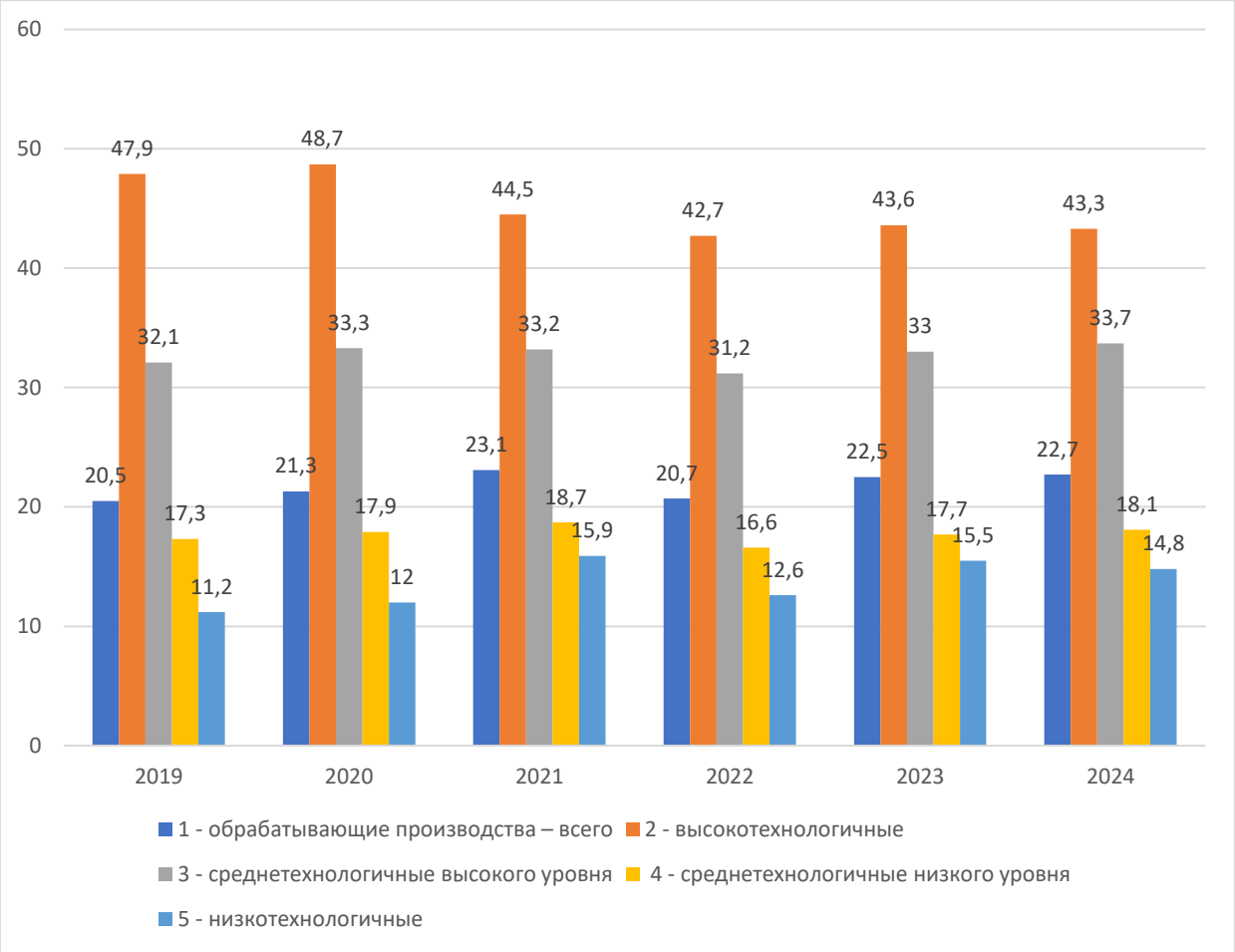
Высокотехнологичные производства включают передовые методы 3D-печати металлами, композитами и биоматериалами, используемые в аэрокосмической отрасли, медицине и оборонном комплексе. Здесь Россия демонстрирует отдельные успехи, например, Роскосмос и Ростех, но масштабы внедрения пока уступают зарубежным аналогам[244].

Среднетехнологичные производства охватывают промышленное применение полимерной и керамической 3D-печати, прототипирование в машиностроении. Этот сегмент развивается быстрее, но испытывает нехватку отечественного оборудования и материалов.

Низкотехнологичные производства включают FDM-печать пластиками, образовательные и любительские решения. В этом сегменте Россия имеет активное сообщество энтузиастов, но коммерческий эффект пока незначителен.

[244] Дубинина, М. Г. Аддитивное производство в России и за рубежом / М. Г. Дубинина // Анализ и моделирование экономических и социальных процессов: Математика. Компьютер. Образование. – 2023. – № 30. – С. 96-103.

Анализ уровней технологичных производств позволяет оценить, на каких направлениях следует сосредоточить усилия для выполнения стратегических показателей до 2030 года. Ключевыми вызовами остаются зависимость от импорта, недостаток инвестиций и слабая координация между наукой, бизнесом и государством. Однако при правильном подходе и учете всех рисков по развитию АТ в НИС необходимо не только создать полноценную отрасль АТ, но и занять заметное место на мировом рынке.



Источник: составлено автором.[245][246]

Рисунок 40 – Инновационная «активность технологичных производств по РФ в 2019-2024 гг.

[245] Индикаторы инновационной деятельности: 2025 : статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, Г. А. Грачева и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2025. – 196 с.
[246] Индикаторы науки: 2025 : статистический сборник / Л. М. Гохберг, К. А. Дитковский, М. Н. Коцемир [и др.]. – Москва : НИУ «Высшая школа экономики», 2025. – 412 с.

Анализ динамики данных инновационной активности технологичных производств по РФ в 2019-2024 годах»[247] на рисунке 40 иллюстрирует, что общий тренд уровня инновационной активности в обрабатывающей промышленности РФ остается низким, средний показатель по отрасли – 1,8 % от общего объема отгруженных товаров. В Приложениях В-И представлены данные по затратам на инновационную деятельность.

Высокотехнологичные сектора (авиастроение, микроэлектроника[248], фармацевтика[249]) иллюстрируют высокую инновационную активность (6-13 %), что указывает на их потенциал для внедрения АТ[250].

Среднетехнологичные и низкотехнологичные производства (металлургия, пищевая промышленность) имеют крайне низкие показатели (0,2-4%), что свидетельствует о слабой интеграции инноваций АТ.

При исследовании распределения технологичных производств по отраслям лидерами является авиакосмическая отрасль с долей 13,1 %, электроника 6 %, фармацевтика 1,6 %; аутсайдерами – текстильная промышленность 0,2 %, деревообработка 0,3 %, пищевая промышленность 0,5%.

Анализ динамики затрат на технологические инновации по РФ в 2019-2023 годах показывает различный объем инвестиций. Высокотехнологичные сектора тратят значительные средства на инновации – 6,6 % от отгрузки, но их доля в общей структуре затрат недостаточна для масштабного внедрения АТ. Среднетехнологичные производства с долей затрат 2,4 % для высокого уровня, 1,4 % для низкого – иллюстрируют неравномерность инвестиций. Химическая промышленность 2,5 % и машиностроение 2,9 % – умеренные инвестиции.

---

[247] Ершова, Е. Ю. Проблемы взаимосвязи аддитивных технологий и технологичных производств в национальной инновационной системе / Е. Ю. Ершова // Вестник Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Серия: Экономические науки. – 2025. – № 2(44). – С. 66-72.

[248] Развитие системы контроля качества полимерных покрытий в микроэлектронике / В. П. Мешалкин, А. И. Шинкевич, Т. В. Малышева, Н. Н. Карзаева // Контроль качества продукции. – 2026. – № 3. – С. 34-41.

[249] Абрамов, И. В. Управление цифровым аддитивным производством: особенности и перспективы / И. В. Абрамов // Экономика и управление. – 2023. – Т. 29, № 5. – С. 574-580.

[250] Абраменко, Ю. С. Применение основных коэффициентов технологичности при использовании аддитивных технологий / Ю. С. Абраменко, Е. А. Курсевич // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2025. – № 1. – С. 42-48.

Металлургия 0,9 % и нефтепереработка 0,9 % – слабая инновационная активность. Низкотехнологичные отрасли 0,5 % практически не инвестируют в инновации, что ограничивает применение АТ.

Предлагаемые мероприятия развития НИС для всех отраслей-потребителей АТ: увеличение госфинансирования НИОКР в области АТ; развитие инфраструктуры (центры коллективного пользования 3D-принтерами); создание нормативной базы для стандартизации АТ.

Россия обладает значительным, но нереализованным потенциалом внедрения АТ, особенно в высокотехнологичных отраслях[251]. Для успешного развития необходимо комплексное госрегулирование, увеличение инвестиций и образовательные программы. Без этих мер конкурентоспособность РФ на глобальном рынке АТ останется низкой.

По представленным данным на рисунке 41 на основе исследования динамики по уровням технологичности отраслей автором предложены перспективы внедрения аддитивных технологий.

1. Высокотехнологичные отрасли, как наибольший потенциал для АТ, регулируются господдержкой (импортозамещение микроэлектроники) и спросом на цифровые решения. Авиакосмическая отрасль активно внедряет АТ (3D-печать деталей двигателей, беспилотных летательных аппаратов[252]), но темпы роста ниже, чем в IT. Фармацевтика (2,0 %) использует АТ для биопечати и персонализированных лекарств, но объемы пока небольшие.

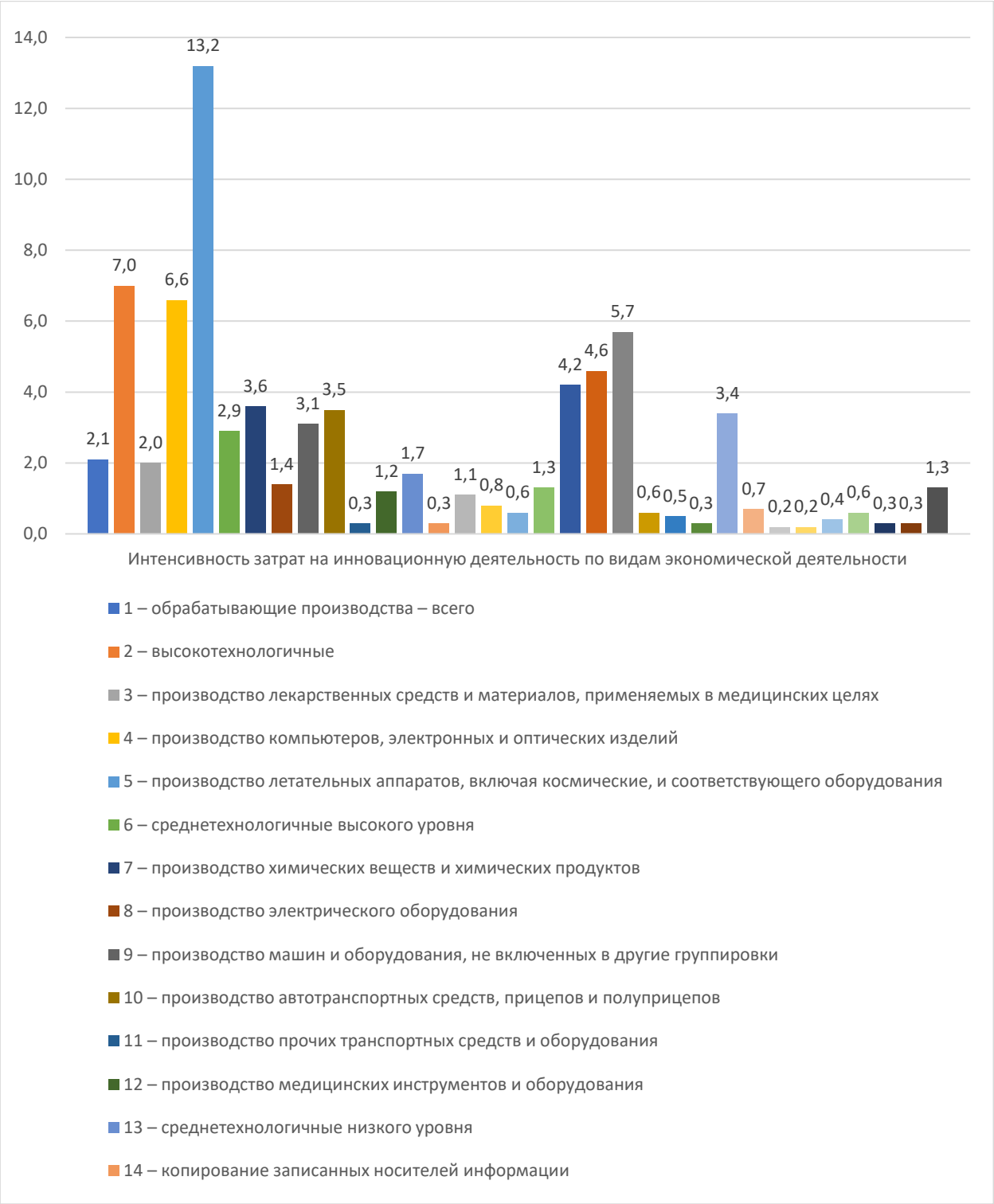
Рекомендации для развития АТ в высокотехнологичных отраслях НИС:

– ускорить внедрение 3D-печати в авиакосмической отрасли через госзаказы (например, проекты Роскосмоса);

– развивать биопечать в медицине, создавая пилотные лаборатории при вузах и фармкомпаниях.

[251] Гарина, Е. П. Инструменты и механизмы инновационной активности и технологической независимости высокотехнологичных производств России: анализ современного состояния и перспектив развития / Е. П. Гарина, Д. Н. Лапаев // Инновации в менеджменте. – 2025. – № 4(46). – С. 2-11.

[252] Методика профилизации беспилотных летательных аппаратов на основе аддитивных технологий / А. И. Власов, А. В. Гараев, В. О. Захарова [и др.] // Надежность и качество сложных систем. – 2023. – № 4(44). – С. 95-110.



Источник: составлено автором[253]

Рисунок 41 – Интенсивность затрат на инновации по ВЭД в 2024 г., %

[253] Индикаторы инновационной деятельности: 2025 : статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, Г. А. Грачева и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2025. – 196 с.

2. Средне-технологичные отрасли: производство машин и оборудования – 3,1 %, производство химических продуктов – 3,6 %, производство электрооборудования – 1,4 %.

Для развития АТ в средне-технологичных отраслях машиностроение постепенно внедряет АТ (например, 3D-печать запчастей), но доля инноваций низкая из-за износа оборудования и консервативности предприятий. Химическая промышленность использует АТ для новых материалов (композиты, полимеры), но слабо интегрирует их в производство[254]. Электрооборудование отстает по внедрению АТ в производство из-за зависимости от импорта компонентов.

Необходимы следующие рекомендации для развития АТ в средне-технологичных отраслях НИС:

– создание сети отраслевых демонстрационных и испытательных полигонов на базе ведущих предприятий;

– формирование «библиотек типовых решений» для средне-технологичных производств;

– внедрение модульных программ дополнительного профессионального образования по АТ для инженерно-технического персонала.

3. Низкотехнологичные отрасли, как ограниченное применение АТ, включает группы пищевой промышленности[255], металлургии, текстиля – не более 1–2%.

В низкотехнологичных отраслях инновации носят точечный характер, например, 3D-печать упаковки или пресс-форм для литья; низкая мотивация к внедрению АТ из-за высокой рентабельности традиционных методов.

Рекомендации для развития АТ в низкотехнологичных отраслях:

---

[254] Кулагина, Н. А. Факторы и барьеры технологического развития химической промышленности России: системная классификация и влияние на конкурентоспособность / Н. А. Кулагина, А. В. Юник // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. – 2026. – № 1. – С. 10-19.

[255] Гринцевич, Л. В. Конкурентоспособность аддитивных технологий в пищевой промышленности: возможности и препятствия / Л. В. Гринцевич, Н. В. Шевченко // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. – 2023. – № 2(274). – С. 95-104.

– пилотные проекты в нишевых сегментах: 3D-печать экопосуды (пищевая промышленность);

– аддитивное производство прецизионных деталей для металлургии;

– субсидировать эксперименты с АТ для малого бизнеса (например, через региональные фонды).

Технологический уровень производства определяет глубину внедрения АТ: высокотехнологичные производства – сквозное внедрение, низкотехнологичные - точечное применение (таблица 33).

Таблица 33 – Взаимосвязи развития АТ по уровням НИС на разных технологичных производствах

	Уровень НИС	Высокотехнологичные	Средне-тех. высокого уровня	Средне-тех. низкого уровня	Низкотехнологичные
1	Макро	Госпрограммы НИОКР	Цифровизация промышленности	Адаптация стандартов	Образовательные инициативы
2	Мезо	Отраслевые центры компетенций	Региональные хабы	Пилотные проекты	Демонстрационные центры
3	Микро	Полный производственный цикл	Инструментальное производство	Ремонтный комплекс	Настольные 3D-принтеры

Источник: составлено автором

На основании представленного анализа, автором структурированы выводы о развитии аддитивных технологий и аддитивного производства на разных уровнях НИС и предложенные направления взаимосвязей АТ с высоко, средне- и низкотехнологичными производствами в таблице 34.

Таблица 34 – Развитие взаимосвязей АТ с высоко, средне- и низкотехнологичными производствами на уровнях НИС

	Уровень НИС	Технологичные производства	Взаимосвязь с АТ	Меры поддержки АТ В НИС
1	Макроуровень (государст-венная политика и экономика) НИС	Высокотехнологичные производства (аэрокосмическая, медицинская промышленность)	АТ позволяют создавать сложные детали с уникальными характеристиками (облегченные конструкции, биосовместимые импланты)	Государство инвестирует в НИОКР и создает специализированные кластеры
		Средне-технологичные высокого уровня (автомобилестроение, энергетика)	Внедрение АТ для быстрого прототипирования и мелкосерийного производства	Развитие госпрограмм по цифровизации промышленности (например, "Цифровые технологии" нацпроекта)
		Средне-технологичные низкого уровня (станкостроение, строительство)	Ограниченное применение АТ для отдельных компонентов	Необходимость адаптации нормативной базы и стандартов
		Низкотехнологичные производства (пищевая, текстильная	Минимальное применение, в основном для прототипирования упаковки	Требуется развитие образовательных программ для повышения технологической грамотности
2	Мезоуровень (отрасли и регионы)	Высокотехнологичные производства	Создание отраслевых центров компетенций (Центр АТ Ростеха)	Кооперация между предприятиями и научными организациями
		Средне-технологичные высокого уровня	Развитие региональных производственных хабов	индустриальный парк с фокусом на АТ
		Средне-технологичные низкого уровня	Пилотные проекты по внедрению АТ на отдельных предприятиях	Программы региональной поддержки модернизации производства
		Низкотехнологичные производства	Создание демонстрационных центров	Повышение осведомленности о возможностях АТ
3	Микроуровень (предприятия и НИИ)	Высокотехнологичные производства	Внедрение полного цикла - от разработки до производства	ПАО "ОДК-Сатурн", печатающий компоненты авиадвигателей
		Средне-технологичные высокого уровня	Использование АТ для инструментального производства	Кейс КамАЗа - 3D-печать оснастки и запчастей
		Средне-технологичные низкого уровня	Точечное применение для ремонтного комплекса	Необходимость адаптации оборудования под конкретные нужды
		Низкотехнологичные производства	Использование настольных 3D-принтеров для прототипирования	Низкий порог входа, но ограниченный экономический эффект

Источник: разработано автором

Проведенный анализ на третьем этапе методического подхода оценки потенциала АТ в НИС позволяет автору дифференцировать потенциал внедрения АТ в зависимости от технологического уровня производств.

Высокотехнологичные сектора (авиакосмос[256], ОПК, атомная промышленность, фармацевтика) демонстрируют наибольшую инновационную активность (6-13 %) и являются драйверами спроса на сложные, дорогостоящие АТ-решения (металлическая печать, биопечать). Здесь АТ внедряются по принципу полного цикла[257] (от разработки до производства), обеспечивая технологический суверенитет и создавая продукцию с уникальными характеристиками. Именно в этих секторах сконцентрирована основная доля господдержки и наиболее высоки барьеры входа (сертификация, кадры).

Средне-технологичные сектора высокого уровня (автомобилестроение, энергетическое машиностроение, химическая промышленность) представляют собой «золотую середину». Интенсивность затрат на инновации здесь умеренная (2-4%), а внедрение АТ носит более прагматичный характер: быстрое прототипирование, инструментальное производство (оснастка, кондукторы), мелкосерийное производство запчастей. Этот сегмент обладает значительным потенциалом для масштабирования, но сдерживается отсутствием отраслевых стандартов и нехваткой квалифицированных кадров.

Средне-технологичные сектора низкого уровня (станкостроение, строительство[258]) и низкотехнологичные производства (пищевая, текстильная) пока демонстрируют крайне низкую инновационную активность (0,2-1,5 %). Применение АТ здесь носит точечный характер (ремонтный комплекс, прототипирование упаковки). Основной барьер – отсутствие понимания

[256] Хачатурян, А. А. Проблемы подготовки кадров и внедрения инноваций в ракетно-космическую промышленность России / А. А. Хачатурян, С. В. Пономарева, А. В. Власов // Образование. Наука. Научные кадры. – 2020. – № 3. – С. 170-172.

[257] Кожиев, А. Ю. Предиктивная оптимизация издержек предприятия на основе внедрения аддитивных технологий в жизненный цикл продукции / А. Ю. Кожиев, В. С. Теслюк // Региональная и отраслевая экономика. – 2026. – № 1. – С. 48-56.

[258] Верстина, Н. Г. Внедрение инновационных технологий на предприятиях инвестиционно-строительной сферы: проблемы и определяющие факторы / Н. Г. Верстина, Т. Н. Кисель, К. Ю. Кулаков // E-Management. – 2022. – Т. 5, № 1. – С. 4-13.

экономической эффективности и консерватизм менеджмента. Для этих секторов наиболее перспективна сервисная модель (печать на заказ), не требующая значительных капиталовложений.

Низкотехнологичные производства, составляющие значительную долю в структуре обрабатывающей промышленности многих регионов, демонстрируют наиболее низкий уровень инновационной активности (0,2–1,5% от объема отгруженных товаров). Применение аддитивных технологий в данном сегменте в настоящее время носит точечный, эпизодический характер и ограничивается, как правило, прототипированием упаковки, созданием сувенирной продукции или изготовлением единичных элементов оснастки для ремонтных нужд.

Ключевым барьером здесь выступает не столько технологическая сложность или стоимость оборудования, сколько отсутствие у менеджмента четкого понимания экономической эффективности АТ и консерватизм управленческих моделей. В отраслях с традиционно низкой маржинальностью и устоявшимися технологическими цепочками (производство пищевых продуктов, текстиля, мебели) внедрение инноваций не является приоритетом, а любые изменения воспринимаются скорее как издержки, нежели как источник конкурентного преимущества.

Тем не менее, потенциал для использования АТ в низкотехнологичных секторах существует и связан не с созданием новых производственных мощностей, а с сервисной моделью «производство по требованию». Для предприятий этих отраслей экономически нецелесообразно приобретение собственного 3D-оборудования. Напротив, им требуется доступный и оперативный сервис по печати быстроизнашивающихся деталей для импортного оборудования, особенно в пищевой промышленности, созданию пресс-форм для мелких партий продукции или разработке уникальной упаковки. Ключевым условием для диффузии АТ в этот сегмент является наличие развитой сети доступных сервисных бюро и демонстрация успешных

кейсов, наглядно показывающих экономию ресурсов за счет оперативного ремонта или кастомизации.

Сведение воедино результатов трех этапов методического подхода к оценке потенциала АТ в НИС России позволяет перейти к заключительному и наиболее важному шагу третьего этапа – GAP-анализу, т.е. выявлению ключевых разрывов между текущим состоянием развития АТ в НИС России и глобальными трендами, а также между существующим потенциалом и реальным внедрением АТ (таблица 35).

Таблица 35 – Определение ключевых разрывов развития АТ в НИС России при сопоставлении с глобальным контекстом в рамках GAP-анализа

	Направ-ление	Глобальный тренд как эталон АТ	Ситуация в России по развитию АТ (из анализа)	Ключевой разрыв (GAP-анализ)
1	Рыночная позиция	Доля в установленной базе промышленных систем: США 30,9%, Китай 11,5%	Доля 2,1% (в составе «других стран»)	Технологическая периферийность. Рынок не влияет на глобальные тренды
2	Техноло-гическая база	Лидеры имеют полный цикл: оборудование, материалы, ПО	Высокая зависимость от импорта ключевых компонентов (лазеры, электроника) и материалов (порошки)	Технологическая зависимость в критических сегментах
3	Система	Сформированные кластеры, сильные R&D-центры, сервисная сеть, венчурный рынок	Все элементы присутствуют, но фрагментарно, без единого контура координации	Отсутствие «единого контура» между наукой, производством и сервисом
4	Внедрение в высоко-техноло-гичных секторах	Мировой уровень (GE Aviation, Siemens) – полная интеграция, серийное производство	Отдельные успехи (ОДК, Росатом), но масштабы несопоставимы	Разрыв в масштабах и глубине внедрения. Есть примеры, но нет системы
5	Внедрение в средне-техноло-гичных	Широкое применение прототипирования, оснастки, мелких серий	Точечные проекты, низкая осведомленность, отсутствие стандартов	Разрыв в диффузии технологий.
6	Материалы	Широкий ассортимент композитов и специализированных сплавов	Критическая зависимость по многим позициям.	Сырьевой разрыв в качественных порошках и полимерах
7	Кадры	Развитая система образования	Дефицит специалистов	Кадровый разрыв

Источник: составлено автором

Таким образом, автором подчеркивается, что аддитивные технологии выступают как своеобразный «технологический мост», то есть на основании целей новых национальных проектов (здоровье, образование, инфраструктура) и использования планов и задач отраслевой Стратегии АТ 2030 № 1913-р, необходимо преобразовать их в конкретные технологические решения, которые напрямую влияют на качество жизни граждан и конкурентоспособность экономики.

На основе проведенного технологического аудита (таблица 30) и GAP-анализа (таблица 35) выделены сегменты АТ, в которых технологические разрывы создают наибольшие риски для национальной инновационной системы (таблица 36).

Оценка рисков проведена по двум параметрам: вероятность сохранения разрыва (оценка эксперта) и тяжесть последствий для НИС.

На основании ранжирования рисков технологических разрывов в критических сегментах АТ можно сделать следующие выводы по управлению рисками:

– наибольший интегральный риск связан с отсутствием отечественных ЕВМ-установок для титана и зависимостью от импорта полиамидных порошков. Эти направления требуют первоочередного государственного финансирования (прорывные НИОКР);

– для сегментов со средним риском, таких как SLS, лазеры, необходимы точечные меры поддержки и кооперация существующих производителей;

– для сегментов с низким риском – программного обеспечения целесообразна стратегия импортозамещения через рыночные механизмы без прямого госфинансирования.

Развитие АТ перестает быть узкоотраслевой задачей Минпромторга и становится межведомственным инструментом, ответственность за применение которого лежит на кураторах всех новых национальных проектов.

Таблица 36 – Ранжирование рисков технологических разрывов в критических сегментах АТ

Ранг	Сегмент / Технология	Характер разрыва	Вероятность сохранения разрыва (до 2030 г.)	Тяжесть последствий для НИС	Интегральный риск	Зона ответственности
1	PBF/EBM (электронно-лучевая плавка)	Полное отсутствие отечественных EBM-установок	Высокая (80%)	Критическая (оборонно-промышленный комплекс, титан)	Высокий	Минпромторг, Росатом
2	Материалы (полиамидные порошки)	Критическая зависимость от импорта (BASF, Arkema)	Высокая (70%)	Высокая (авиация, медицина)	Высокий	Минпромторг, Росхим
3	MJT / PolyJet (струйная печать материалом)	Технологическое отсутствие	Высокая (90%)	Средняя (нишевые применения)	Средний	Импорт / технологический обход
4	PBF/SLS (полимерный порошок)	Производители есть, но материалов нет	Средняя (50%)	Средняя (массовый рынок)	Средний	Кооперация вузов и химических предприятий
5	Лазерные источники	Импортозависимость по ключевым компонентам	Средняя (60%)	Высокая (оборонка)	Средний	КТРВ, Росатом
6	Программное обеспечение (CAD/CAM)	Доминирование импортного ПО (SolidWorks, Autodesk)	Низкая (30%), есть отечественные аналоги	Средняя	Низкий	Минцифры, Минобрнауки

Источник: составлено автором

Это требует высокой степени координации и создания сквозных межпроектных рабочих групп.

Рекомендации для развития АТ в России:

- усилить государственную поддержку отрасли АТ, включая налоговые льготы и гранты;
- развивать образовательные программы для подготовки специалистов АТ;
- стимулировать экспорт и международное сотрудничество развития АТ.

Разработан трехэтапный методический подход к оценке потенциала аддитивных технологий в национальной инновационной системе, включающий глобальный мониторинг, отраслевой анализ и национальную диагностику, что, в отличие от существующих фрагментарных оценок, обеспечивает комплексность (одновременный учет глобальных трендов, отраслевой специфики и национальных особенностей), диагностичность (выявление ключевых разрывов между текущим состоянием и целевыми ориентирами), стратегическую направленность (определение научно-обоснованных «точек входа» для импортозамещения и потенциальной специализации НИС, что позволяет создавать необходимую аналитическую базу для разработки востребованного практикой организационно-управленческого инструментария, обеспечивающего переход к системному развитию аддитивных технологий в национальной инновационной системе.

Таким образом, достижение целевых показателей Стратегии АТ 2030 требует скоординированных действий всех участников НИС и не может быть обеспечено только точечными мерами поддержки. Выявленные в ходе анализа риски – дефицит кадров, зависимость от импорта, недостаток инвестиций – подтверждают актуальность разработки системного организационно-экономического механизма, предложенного в третьей главе диссертации.

Выводы по 2-ой главе

Во второй главе реализован трехэтапный методический подход к оценке потенциала аддитивных технологий в НИС.

На первом этапе (глобальный анализ развития АТ) установлено, что Россия занимает периферийное положение на мировом рынке АТ (2,1% установленных систем), являясь импортером технологий. Выявлены ключевые тренды (рост сервисной модели, доминирование PBF-процессов, гибридизация материалов) и модели развития стран-лидеров (США – инновационная экосистема, Китай – госфорсирование, Европа – промышленная точность).

На втором этапе (анализ материалов и продукции отрасли АТ) определены стратегические сегменты мирового рынка (металлические порошки – 19,7%, полимерные порошки – 37,8%), выявлены «узкие места» (постобработка – 20-25% затрат) и на этой основе сформулированы направления для импортозамещения и возможной специализации России: производство металлических порошков, развитие DED-технологий для крупногабаритной печати и ремонта, автоматизация постобработки.

На третьем этапе (национальный анализ развития АТ) проведена комплексная диагностика состояния АТ в НИС России. Установлено, что рынок находится в фазе «бурного роста» (утроение за 3 года до 21,3 млрд руб.), доля отечественного производства достигла 70%. Сформирована полноценная экосистема участников (5 категорий), однако их взаимодействие носит фрагментарный характер.

Ключевым результатом третьего этапа стала дифференцированная оценка потенциала внедрения АТ в разрезе технологичности производств. Установлено, что максимальный эффект и глубина внедрения достигаются в высокотехнологичных секторах (авиакосмос, ОПК, атомная отрасль), в то время как среднетехнологичные сектора обладают значительным, но

нереализованным потенциалом, а низкотехнологичные – требуют демонстрации экономической эффективности и развития сервисных моделей.

Проведенный GAP-анализ позволил идентифицировать ключевые разрывы, препятствующие системному развитию АТ в России: технологическая зависимость, институциональная фрагментарность, сырьевой и кадровый разрывы.

Автором разработан трехэтапный методический подход к оценке потенциала аддитивных технологий в национальной инновационной системе, включающий глобальный мониторинг, отраслевой анализ и национальную диагностику, что, в отличие от существующих фрагментарных оценок, обеспечивает комплексность (одновременный учет глобальных трендов, отраслевой специфики и национальных особенностей), диагностичность (выявление ключевых разрывов между текущим состоянием и целевыми ориентирами), стратегическую направленность (определение научно-обоснованных «точек входа» для импортозамещения и потенциальной специализации НИС, что позволяет создавать необходимую аналитическую базу для разработки востребованного практикой организационно-управленческого инструментария, обеспечивающего переход к системному развитию аддитивных технологий в национальной инновационной системе.

3. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИЕЙ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НАЦИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

3.1. Систематизация методов оценки уровня развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе

Проведенный во второй главе диссертации анализ свидетельствует о том, что развитие аддитивных технологий в регионах России характеризуется крайней неравномерностью и зависит от комплекса факторов: научно-технологического потенциала, уровня внедрения инноваций, развитости инфраструктуры и кадрового обеспечения. Для выработки эффективной, дифференцированной региональной политики в этой сфере необходим инструмент, позволяющий не только качественно, но и количественно оценить сложившуюся ситуацию, обеспечить сопоставимость регионов и отслеживать динамику изменений. Целью данного параграфа является анализ существующих методических подходов к оценке уровня развития аддитивных технологий и обоснование выбора метода, наиболее адекватного для решения поставленной в исследовании задачи – сравнительной оценки уровня развития АТ регионов в рамках НИС.

Для разработки методического подхода к оценке уровня развития АТ, автором проведен анализ инструментария инновационных траекторий[259] и систематизированы различные методы оценки уровня инновационного потенциала[260][261], оценки эффективности инновационной деятельности

[259] Голиченко, О. Г. Методология построения и измерения инновационных траекторий: инструментарий и его применение / О. Г. Голиченко // Друкеровский вестник. – 2024. – № 5(61). – С. 20-49. – DOI 10.17213/2312-6469-2024-5-20-49.
[260] Дорошенко, Ю. А. Современные методические подходы к оценке инновационного потенциала региона / Ю. А. Дорошенко, А. А. Иноземцева // Beneficium. – 2022. – № 2(43). – С. 34-40.
[261] Фалько, А. И. Анализ индикаторов цифровой экономики и их влияния на инновационную активность российских организаций / А. И. Фалько, И. В. Сомина, Ю. А. Дорошенко // Экономика. Информатика. – 2023. – Т. 50, № 1. – С. 67-78.

промышленных предприятий в разрезе уровней технологичности отраслей[262], оценки инновационной деятельности регионов методом Парето[263], оценки влияния цифровых инструментов на развитие отраслей[264], оценки цифровой зрелости предприятий[265], многокритериальной оценки состояния экономических систем[266], оценки методами многопроекционного выбора в экономике[267], оценки ресурсоэффективности регионов замкнутого цикла[268], предложенные современными учеными.

В современной экономике инноваций существует множество подходов и методик оценки уровня развития АТ, их условно можно разделить на основные категории: модели технологической зрелости, структурно-стратегические методы[269] и комплексные индексные оценки. Большинство из них адаптируют классические управленческие и технологические концепции к специфике АТ[270].

В данном параграфе приведена классификация ключевых методов оценки уровня развития АТ (таблица 37). Рассмотрим каждый из этих методов более подробно.

---

[262] Колоскова, О. И. Оценка эффективности инновационной деятельности промышленных предприятий: методический каркас и конфигурация результатов в разрезе уровней технологичности отраслей / О. И. Колоскова, И. В. Сомина // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2024. – Т. 14, № 1-1. – С. 34-42.

[263] Инструментарий оценки инновационной деятельности регионов: многокритериальный анализ методом Парето / С. Н. Митяков, Е. С. Митяков, Д. Н. Лапаев, Г. Н. Яковлева // Инновации. – 2021. – № 2(268). – С. 77-82.

[264] Влияние цифровых инструментов на экономическую эффективность традиционных отраслей на региональном уровне / А. С. Трошин, В. А. Долженко, С. А. Липунов, М. Б. Соколов // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 3. – С. 363-368.

[265] Быстров, А. В. Оценка цифровой зрелости предприятий строительной индустрии / А. В. Быстров, А. Г. Радайкин // Инновации в менеджменте. – 2025. – № 1(43). – С. 26-33.

[266] Лапаев, Д. Н. Многокритериальная оптимизационная модель сравнительной оценки состояния экономических систем / Д. Н. Лапаев // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2025. – № 2(78). – С. 65-70.

[267] Лапаев, Д. Н. Система методов многокритериального и многопроекционного выбора в экономике / Д. Н. Лапаев // Развитие и безопасность. – 2025. – № 2(26). – С. 58-69.

[268] Шинкевич, А. И. Разработка методики оценки ресурсоэффективности мезоэкономических систем замкнутого цикла (на примере нефтехимического кластера) / А. И. Шинкевич, Н. Ю. Фомин, И. А. Райский // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 9. – С. 78-84.

[269] Теоретическое обоснование оценки результативности стратегии регионального управления / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, М. Ю. Афанасьев [и др.] // Экономические стратегии. – 2025. – Т. 27, № 2(200). – С. 6-13.

[270] Головцова, И. Г. Формирование систем управления в условиях трансформации экономики / И. Г. Головцова, Л. В. Рудакова, Н. В. Андросенко. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2024. – 164 с.

Таблица 37 – Систематизация методов оценки уровня развития АТ

	Метод/Модель	Автор/ Источник	Тип оценки, ключевые показатели	Логика
1	Технологический уровень готовности (TRL)	NASA[271]	Оценка конкретной технологии	Качественные критерии от базовых исследований до серийного применения
2	Модель зрелости внедрения АТ	Консалтинговые компании (Siemens, PwC)[272]	Оценка компании / отрасли	Уровни от пилотных проектов до полной интеграции в цифровое производство
3	Интегральные индексы (BSC)	Адаптация Norton & Kaplan[273]	Оценка страны / отрасли	Группы KPI: Технологии, Рынок, Инфраструктура, Регуляторика. Формула – взвешенная сумма
4	Анализ "Пяти сил Портера"	Майкл Портер[274]	Оценка привлека-тельности отрасли	Анализ 5 конкурентных сил (поставщики, покупатели, конкуренты и т.д.)
5	"Радар зрелости"	Аналитические агентства Gartner[275], Deloitte[276]	Наглядная сравнительная оценка	Экспертная оценка по 5-8 ключевым факторам развития отрасли

Источник: составлено автором

1. Технологический уровень готовности (TRL)– Technology Readiness Level) и его адаптации для АТ.

Автором изначально выступала NASA в 1970-х гг[277]. Для АТ активно адаптируется консалтинговыми агентствами и аналитиками (Wohlers Associates, McKinsey).

[271] Sadin, Stanley R.; Povinelli, Frederick P.; Rosen, Robert (October 1, 1988). The NASA technology push towards future space mission systems. International Astronautical Congress, 39th, Bangalore, India, Oct. 8-15, 1988.
[272] Siemens, DyeMansion, HP, BASF Forward AM and EOS navigate AM users through the complex landscape of additive manufacturing | Press | Company | Siemens // https://press.siemens.com/global/en/pressrelease /siemens-dyemansion-hp-basf-forward-am-and-eos-navigate-am-users-through-complex (дата обращения 21.05.2025 г.)
[273] Kaplan, Robert S., and David P. Norton. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. ard Business Press, 1996. Каплан, Роберт С. Сбалансированная система показателей [Текст] : от стратегии к действию / Роберт С. Каплан, Дейвид П. Нортон ; [пер. с англ. М. Павловой]. - Москва : Олимп-Бизнес, 2008.
[274] Porter M. E. How Competitive Forces Shape Strategy // Harvard Business Review, March/April 1979.
[275] Gartner | Delivering Actionable, Objective Insight to Executives and Their Teams // https://www.gartner.com/en (Дата обращения: 21.04.2025)
[276] Deloitte US | Together Makes Progress // deloitte.com›us/en.html?section=home (Дата обращения: 21.04.2025)
277 Sadin, Stanley R.; Povinelli, Frederick P.; Rosen, Robert (October 1, 1988). The NASA technology push towards future space mission systems. International Astronautical Congress, 39th, Bangalore, India, Oct. 8-15, 1988.

В методику включается шкала оценки развития АТ от 1 до 9, где 1 – базовые исследования, а 9 – успешное применение в реальных условиях. Для АТ она применяется к конкретным технологиям (например, печать титановым сплавом для авиадеталей).

Оценка проводится по качественным критериям каждого уровня, не используя экономико-математические формулы. Применяются такие показатели, как TRL 4-5 – проверка компонентов в лабораторных условиях; TRL 6-7 – демонстрация прототипа в релевантной среде (например, в цеху), TRL 8-9 – завершенный и квалифицированный технологический процесс, готовый к серийному производству.

Отрасль считается зрелой, если значительная доля ее ключевых технологических процессов находится на уровне TRL 7-9. Это основной метод оценки в аэрокосмической и оборонной промышленности.

2. Модель зрелости внедрения аддитивного производства представляет собой ступенчатую модель, обычно 5-6 уровней, которая описывает путь компании или отрасли от начального знакомства с АТ до их полной интеграции.

Типичные уровни и показатели состоят из следующих элементов:

1. Начальный или пилотный – имеется 1-2 принтера для прототипирования, нет стандартов.
2. Повторяемый, то есть несколько разрозненных проектов, накоплен базовый опыт.
3. Определенный означает, что АТ включены в стратегию[278], есть выделенные специалисты, начинается создание цифровых библиотеков деталей.
4. Управляемый демонстрирует, что АТ – часть цифровой цепочки (Digital Thread), используются симуляции, внедряются метрики качества (например, процент брака).

[278] Крюков, В. А. Стратегия пространственного развития России в турбулентном мире: цели, приоритеты, основные подходы / В. А. Крюков, Е. А. Коломак // Вестник Российской академии наук. – 2025. – № 2. – С. 22-32.

5. Оптимизируемый, то есть полная интеграция в цепочку создания стоимости, массовая кастомизация, АТ для производства серийных деталей.

Для оценки развития АТ отрасли проводится экспертный опрос или анализ публичной информации о ведущих компаниях отрасли, уровень зрелости отрасли определяется как средний или медианный уровень ее ключевых игроков.

3. Интегральные индексы и системы показателей (BSC) – Balanced Scorecard для АТ. Адаптация классической методики Balanced Scorecard (Роберт С. Каплан, Дейвид П. Нортон[279], 1990-е) для целей АТ.

Интегральная оценка проводится по нескольким категориям показателей с набором KPI в каждой. Типовая структура и показателей может включать следующие элементы:

- перспектива технологий и инноваций: количество патентов на 1 млн. населения; доля расходов на R&D в выручке отрасли; количество научных публикаций;
- перспектива рынка и внедрения: объем рынка АТ (в $); количество установленных промышленных систем; доля предприятий, использующих АТ для финального производства (>10% деталей);
- перспектива инфраструктуры и кадров: количество специализированных учебных программ[280]; наличие национальных центров компетенций[281]; число сертифицированных специалистов;
- перспектива регуляторной среды: наличие и гармонизация стандартов (ISO/ASTM); ясность процедур сертификации изделий для медицины/авиации.

---

[279] Kaplan, Robert S., and David P. Norton. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. ard Business Press, 1996. Каплан, Роберт С. Сбалансированная система показателей [Текст] : от стратегии к действию / Роберт С. Каплан, Дейвид П. Нортон ; [пер. с англ. М. Павловой]. - Москва : Олимп-Бизнес, 2008.

[280] Применение аддитивных технологий в учебном процессе / Н. Ю. Воробей, Е. Г. Егорова, Е. Н. Микадо [и др.] // Автоматика, связь, информатика. – 2026. – № 1. – С. 29-31.

[281] Кудрявцева, С. С. Воспроизводство научных кадров как основа для технологического развития России / С. С. Кудрявцева, М. В. Шинкевич // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2025. – № 1(77). – С. 49-57.

Расчет проводится таким образом, что по каждому KPI выставляется балл (от 0 до 1 или от 0 до 100) относительно эталонного значения (мирового лидера или целевого показателя). Затем баллы агрегируются внутри перспектив, а перспективы суммируются с весами. Формула выглядит как взвешенная сумма:

Индекс = W_1 * Σ(Технологические KPI) + W_2 * Σ(Рыночные KPI) + W_n... (1)

4. Метод анализа "Пяти сил Портера" для оценки привлекательности отрасли АТ. Автор методики – Майкл Портер (1979 г.)[282]. Классический инструмент стратегического анализа, прямо применимый к оценке отрасли АТ. Проводится качественный анализ пяти конкурентных сил, определяющих прибыльность и устойчивость отрасли.

Показатели для анализа отрасли АТ:

1. угроза появления новых игроков означает высоту барьеров входа (стоимость оборудования, патенты, квалификация кадров);
2. рыночная власть поставщиков показывает количество производителей металлических порошков, полимеров, ключевых компонентов (лазеры), уровень локализации;
3. рыночная власть потребителей демонстрирует насколько крупные организации (Ростех, Росатом) и могут ли диктовать цены? Есть ли альтернативы АТ;
4. угроза появления товаров-заменителей, то есть традиционные технологии (литье, механическая обработка), их прогресс и стоимость;
5. внутриотраслевая конкуренция включает количество и размер игроков (отечественных и зарубежных), темпы роста рынка.

Оценка зрелости означает, что зрелая, привлекательная отрасль характеризуется высокими барьерами входа, умеренной властью поставщиков и покупателей, низкой угрозой замещения и устойчивым ростом, снижающим остроту внутренней конкуренции.

[282] Porter M. E. How Competitive Forces Shape Strategy // Harvard Business Review, March/April 1979. 123 p.

5. Метод оценки "Радар зрелости" (Maturity Radar) или профиль зрелости часто используется аналитиками (Gartner[283], Deloitte[284]) для наглядного представления развития АТ в мире.

Для расчета радара зрелости применяется диаграмма, на которой по осям отложены ключевые факторы развития (например: оборудование, материалы, ПО, стандарты, квалификация). Для каждого фактора отрасль (или компания) оценивается по шкале от 0 (отсутствует) до 5 (мировой лидер).

Показатели определяются экспертно для каждого фактора. Например, для "Материалы": разнообразие сертифицированных отечественных порошков, их стоимость относительно импортных. В результате получается замкнутый многоугольник. Чем больше его площадь и чем он равномернее, тем более зрелой и сбалансированной является отрасль.

На практике «для комплексной оценки уровня развития отрасли АТ в стране чаще всего используется гибридный подход: берутся принципы индексной модели»[285] (метод 3) для количественной оценки, а ее результаты интерпретируются через призму модели зрелости (метод 2) и анализа конкурентных сил (метод 4). TRL (метод 1) при этом используется для оценки глубины разработки конкретных критических технологий внутри отрасли.

Существуют «специально разработанные методики для оценки уровня развития аддитивных технологий на уровне страны, региона или организации. Ниже представлены несколько наиболее известных и структурированных подходов, их авторы, ключевые компоненты и этапы расчета.

1. Модель зрелости аддитивного производства «AM Maturity Model» (AMMM) от Siemens[286]. Автором этой оцени является компания Siemens (в

[283] Gartner Delivering Actionable, Objective Insight to Executives and Their Teams // Режим доступа: https://www.gartner.com/en (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[284] Deloitte US | Together Makes Progress // deloitte.com›us/en.html?section=home (Дата обращения 21.03.2026 г.).
[285]Ершова, Е. Ю. Методические подходы к оценке развития аддитивных технологий в структуре национальной инновационной системы / Е. Ю. Ершова // Проблемы и перспективы разработки и интеграции современных технологий : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Киров, 07 марта 2026 года. – Уфа: ООО "Омега сайнс", 2026. – С. 101-103.
[286] Home - Siemens Global // Режим доступа: https://www.siemens.com/global/en.html (Дата обращения 21.03.2026 г.)

сотрудничестве с отраслевыми экспертами). Целью является оценка уровня интеграции АТ в промышленное производство компании или отрасли»[287].

Структура представляет собой 5 уровней зрелости:

1. начальный – эксперименты с прототипированием, нет стандартов, разрозненные действия;
2. повторяемый – используются несколько успешных пилотов, формируются базовые процессы;
3. определенный, где АТ – это часть инженерной стратегии, имеются цифровые библиотеки деталей, начинается серийное производство;
4. управляемый, который включает полную интеграцию в цифровую цепочку (Digital Thread), сквозное управление данными, оптимизацию под АТ;
5. оптимизируемый уровень АТ для массовой кастомизации, самостоятельная оптимизация процессов на основе данных (AI/ML), инновационная бизнес-модель.

Оценка проводится через опросник по следующим областям: стратегия и управление; проектирование под АТ (DFAM); процессы и материалы; цифровая инфраструктура и данные; персонал и организация.

Уровень зрелости определяется по наименьшему баллу среди всех областей (принцип «слабого звена»). Для отрасли вычисляют средний уровень по ведущим компаниям.

2. «Индекс готовности к аддитивному производству «Additive Manufacturing Readiness Assessment» от консалтинговой компании PricewaterhouseCoopers (PwC)[288.]

«Цель метода – диагностика готовности компании к внедрению АТ для серийного производства.

Ключевые области оценки объединяют в шесть групп факторов:

[287] Ершова, Е. Ю. Методические подходы к оценке развития аддитивных технологий в структуре национальной инновационной системы / Е. Ю. Ершова // Проблемы и перспективы разработки и интеграции современных технологий : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Киров, 07 марта 2026 года. – Уфа: ООО "Омега сайнс", 2026. – С. 101-103.

[288] Make it happen with PwC // Режим доступа: https://www.pwc.com/gx/en.html (Дата обращения 21.03.2026 г.)

1. стратегическая значимость определяет, насколько АТ критичны для конкурентного преимущества;

2. дизайн и инновации показывает наличие компетенций в проектировании для АТ;

3. производство и операции рассматривают технологические возможности и интеграцию в цепочку;

4. снабжение и партнеры демонстрируют готовность цепочки поставок (материалы, постобработка);

5. организация и персонал иллюстрируют навыки, культуру, организационную структуру;

6. IT и данные указывают на управление цифровыми файлами, безопасность, интеграция с ERP/MES»[289].

В качестве метода расчета используется экспертная оценка по каждому фактору по шкале (например, от 1 до 5), затем строится профиль-радар. Общий индекс – среднее арифметическое оценок по всем факторам. Индекс < 2,5 – низкая готовность, 3,5-4,5 – высокая.

3. «Модель «AM Capability Assessment Framework» разработана ведущей аналитической фирмой в области АТ Wohlers Associates[290] (Терри Уолерс).

Цель – оценка потенциала и возможностей страны или крупного региона в сфере АТ. Ключевые компоненты-показатели, которые используются в ежегодном отчете Wohlers Report:

– научные исследования и разработки (НИОКР) включают объем государственного и частного финансирования»[291], количество публикаций и патентов, активность университетских и исследовательских центров,

[289] Ершова, Е. Ю. Методические подходы к оценке развития аддитивных технологий в структуре национальной инновационной системы / Е. Ю. Ершова // Проблемы и перспективы разработки и интеграции современных технологий : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Киров, 07 марта 2026 года. – Уфа: ООО "Омега сайнс", 2026. – С. 101-103.

290 Home - Wohlers Associates // Режим доступа: https://wohlersassociates.com/ (Дата обращения: 21.04.2025)

[291] Ершова, Е. Ю. Методические подходы к оценке развития аддитивных технологий в структуре национальной инновационной системы / Е. Ю. Ершова // Проблемы и перспективы разработки и интеграции современных технологий : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Киров, 07 марта 2026 года. – Уфа: ООО "Омега сайнс", 2026. – С. 101-103.

промышленная база и внедрение, количество установленных промышленных систем, глубина внедрения,

- активность отраслевых ассоциаций и кластеров, доступность венчурного финансирования[292];
- образование и кадры содержат количество и качество образовательных программ, программы переподготовки специалистов;
- государственная политика и регулирование охватывают наличие национальной стратегии; поддержку через гранты и налоговые льготы; развитие стандартов и процедур сертификации.

Для расчета оценки потенциала и возможностей страны или крупного региона в сфере АТ строгой формулы нет. Аналитики Wohlers проводят качественный и количественный анализ по каждой компоненте, после чего выносят интегральное суждение о позиции страны на глобальной карте развития АТ (лидер, последователь или новичок).

4. «Модель «3D Printing Ecosystem Index» применяют аналитики рынка (аналоги индексов, используемых в Boston Consulting Group[293], McKinsey[294]) с целью сравнительного анализа экосистемы АТ разных стран.

Составляющие индекса:

Индекс = (Инновации * 0,25) + (Внедрение * 0,4) + (Инфраструктура * 0,35).

Показатели инноваций включают количество патентов на душу населения»[295], количество промышленных 3D-принтеров на 1 млн жителей, доля компаний, использующих АТ для производства[296]. Нормализация проводится аналогично.

---

[292]Дорошенко, Ю. А. Инновационная инфраструктура как драйвер развития региона / Ю. А. Дорошенко, И. Г. Павлова // Экономический вектор. – 2021. – № 4(27). – С. 87-92. – DOI 10.36807/2411-7269-2021-4-27-87-92.

293 Strategic Management Consulting | Boston Consulting Group // Режим доступа: https://www.bcg.com/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

294 Global management consulting | McKinsey & Company // Режим доступа: https://www.mckinsey.com/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

[295] Ершова, Е. Ю. Методические подходы к оценке развития аддитивных технологий в структуре национальной инновационной системы / Е. Ю. Ершова // Проблемы и перспективы разработки и интеграции современных технологий : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Киров, 07 марта 2026 года. – Уфа: ООО "Омега сайнс", 2026. – С. 101-103.

[296] Ильин, И. В. Методология применения современных технологий 3D-моделей / И. В. Ильин, А. Д. Шаронова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2019. – № 2. – С. 130-134.

Показатели инфраструктуры содержат количество вузов с программами по АТ, наличие национальных центров компетенций, индекс развития цифровой инфраструктуры страны. В итоге индекс рассчитывается от 0 до 10.

5. Метод «Стратегической карты АТ» (Strategic AM Roadmapping Framework) основан на академических исследованиях (например, работы из Fraunhofer, University of Nottingham[297]). Цель данного метода – определение текущего уровня и построение траектории развития АТ.

При аудите текущего состояния технологии оцениваются по TRL для ключевых процессов (SLM, SLS, FDM). Применение предполагается по карте применения АТ по отраслям (от прототипов до серийных деталей). В цепочке создания стоимости проводится анализ слабых мест (сырье – проектирование – печать – постобработка – контроль). Бенчмаркинг означает сравнение с эталонными странами/компаниями. Определение разрывов предполагает выявление отставания по каждому элементу карты.

Расчет индекса зрелости проводится на основе заполненности «дорожной карты» по таким показателям, как % отраслей, где АТ используются для финальных изделий; % локализации цепочки создания стоимости; количество TRL 8-9 технологий.

Анализ представленных подходов показывает, что они разработаны для решения различных, достаточно узких задач.

Технологические методы (TRL, модели зрелости) эффективны на микроуровне – для оценки готовности конкретного решения или уровня его интеграции на отдельном предприятии. Однако они не позволяют получить интегральную картину, необходимую для сравнения территориальных систем.

Структурно-стратегические методы (Портер, «Радар») дают ценную качественную информацию о состоянии отрасли, но опираются на экспертные оценки, что делает их субъективными и непригодными для строгого ранжирования множества объектов (регионов) по единой шкале.

[297] University of Nottingham // Режим доступа: https://www.nottingham.ac.uk/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

Индексные методы, напротив, нацелены на получение количественной оценки. Однако существующие модели (Wohlers, адаптации BSC) либо ориентированы на глобальное сопоставление стран, что требует иного набора показателей, либо предполагают введение весовых коэффициентов, что также вносит элемент субъективизма и затрудняет сопоставимость результатов во времени.

Таким образом, для целей настоящего исследования – объективной сравнительной оценки уровня развития АТ в регионах России в рамках национальной инновационной системы – требуется иной методический подход.

Автором предложено, исходя из целей исследования, структуры НИС и доступности статистической информации по развитию АТ, что инструмент оценки уровня развития АТ в регионе должен соответствовать следующим критериям:

1. Многомерность или комплексность, то есть инструмент должен учитывать разнородные факторы, определяющие развитие АТ. В качестве теоретической рамки здесь выступает разработанная в параграфе 1.2 система факторов, препятствующих развитию АТ, которая включает четыре ключевых блока: научно-технологический потенциал, внедрение в промышленность, инновационную инфраструктуру и кадровый потенциал.

2. Объективность и воспроизводимость означает, что метод должен опираться на доступные и верифицируемые данные официальной статистики, что позволит обеспечить объективность выводов и возможность повторения расчета для отслеживания динамики.

3. Сравнимость, то есть результатом применения метода должна быть количественная оценка, позволяющая ранжировать регионы и количественно измерять разрыв между ними.

4. Ориентация на эталон поскольку развитие АТ – это процесс движения к некоему целевому состоянию, желательно, чтобы метод позволял

оценить не только место региона в рейтинге, но и степень его приближения к условному «эталону» (например, региону-лидеру).

Автором отмечено, что этим критериям в полной мере отвечают методы многомерного сравнительного анализа, и, в частности, методика, предложенная польским статистиком Веславом Плютой[298]. Выбор данного подхода для решения поставленных в работе задач обусловлен следующими причинами:

– адекватность задачам регионального анализа. Метод Плюты изначально разработан для построения интегральных показателей, характеризующих сложные социально-экономические объекты (регионы, предприятия), путем сравнения множества разнородных признаков;

– прозрачность и объективность расчетов. В отличие от методов, требующих экспертного присвоения весов, метод Плюты опирается на объективные математические процедуры. Роль «идеала» или «эталона» играют максимальные (или минимальные) значения, фактически достигнутые анализируемой совокупностью объектов за исследуемый период. Это сводит к минимуму субъективизм и обеспечивает высокую сопоставимость результатов;

– адаптивность к концептуальной модели исследования. Архитектура метода органично встраивается в логику диссертации. Четыре блока показателей, формирующих интегральный индекс, могут быть напрямую синхронизированы с четырьмя группами факторов развития АТ, выявленными в первой главе. Это создает методологическое единство от диагностики проблем (система факторов) до их количественной оценки (интегральный индекс).

Таким образом, адаптированный к специфике аддитивных технологий и структуре национальной инновационной системы метод многомерного сравнительного анализа В. Плюты позволяет преодолеть ограничения

[298] Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в эконометрическом моделировании / Пер. с польск. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 175 с.

рассмотренных выше подходов. Его применение для расчета предложенного автором интегрального индекса уровня развития аддитивных технологий в регионах (ИУРАТР) и последующего ранжирования субъектов Центрального федерального округа будет подробно раскрыто в следующем параграфе 3.2.

Проведенный анализ существующих методов оценки уровня развития аддитивных технологий позволяет сделать вывод об отсутствии универсальной методики, пригодной для решения всех исследовательских задач. Выбор конкретного подхода должен определяться целью оценки и уровнем анализируемой системы (технология, компания, отрасль, регион).

Для целей настоящего исследования – сравнительной оценки уровня развития АТ в регионах в рамках национальной инновационной системы – наиболее адекватным представляется использование методов многомерного сравнительного анализа, в частности методики, предложенной В. Плютой. Данный выбор обусловлен следующими причинами:

1. Метод Плюты позволяет агрегировать в едином интегральном индексе данные, характеризующие различные аспекты развития АТ, такие как научно-технологический потенциал, внедрение в промышленность, инновационную инфраструктуру, кадровый потенциал.

2. Метод основан на сравнении фактических показателей регионов с эталонными или максимальными значениями, что позволяет не только ранжировать регионы, но и оценивать степень их приближения к условному "идеалу" или лидеру.

3. Результаты расчета легко интерпретируются, то есть чем ближе значение интегрального индекса к 1, тем выше уровень развития АТ в регионе.

4. Предложенная автором система показателей (4 блока, 12 индикаторов) может быть скорректирована и дополнена по мере развития статистической базы и углубления исследований в данной области.

Таким образом, метод Плюты, адаптированный к специфике аддитивных технологий и структуре национальной инновационной системы, позволяет реализовать цели и задачи, поставленные в следующем параграфе.

3.2. Разработка методического подхода оценки уровня развития аддитивных технологий регионов национальной инновационной системы

Оценка уровня развития АТ по регионам национальной инновационной системы требует поэтапного подхода, учитывающего не только наличие аддитивных технологий, но и их связь с научно-технологическим потенциалом, с внедрением и интеграцией АТ в промышленность, с инновационной инфраструктурой, с кадровым и образовательным потенциалом региона.

В данном параграфе проводится оценка уровня развития АТ регионов НИС на основе методики, адаптированной специально для региональной сравнительной оценки, расчета индекса уровня развития АТ регионов НИС (далее – ИУРАТР).

Цель – проранжировать регионы по уровню развития и интеграции аддитивных технологий в национальную инновационную систему.

В процессе исследования рассчитаны индексы уровня развития АТ регионов Центрального Федерального округа в 2020-2024 гг.

Процедура расчета и интерпретация оценки ИУРАТР включала следующие этапы:

1. Формирование иерархии показателей развития АТ регионов ЦФО в НИС.
2. Получение масштабированных значений частных показателей развития АТ регионов ЦФО в НИС.
3. Формирование интегрального показателя развития АТ регионов НИС: расчет субиндексов – для каждого региона и расчет итогового индекса ИУРАТР.
4. Классификация регионов по значению итогового индекса ИУРАТР.

На первом этапе для формирования иерархии показателей развития АТ регионов ЦФО в НИС проводится сбор статистических данных на основе открытых источников (Росстат, Федстат, Роспатент, сайты вузов и технопарков, hh.ru), а также через целевые опросы региональных

администраций и отраслевых ассоциаций. Структура показателей включает 4 ключевых блока развития АТ в НИС (таблица 38).

Таблица 38 – Показатели индекса уровня развития АТ регионов в НИС с 2020 по 2024 гг.

	Блоки показатели	Показатели по статистике	Аббревиатура
1	Блок 1: Научно-технологический потенциал – $I_{наука}$ – оценивает способность региона генерировать новые знания и технологии в сфере АТ	Разработанные передовые производственные технологии по субъектам	РППТ
2		Внутренние текущие затраты на фундаментальные исследования по субъектам	ВЗНР
3		Внутренние затраты на прикладные исследования	ВЗПИ
4	Блок 2: Внедрение и промышленная интеграция – $I_{внедрение}$ – оценивает, насколько АТ используются в реальном секторе экономики региона	Используемые передовые производственные технологии по субъектам	ИППТ
5		Количество применяемых промышленных роботов в организациях	ППРО
6		Удельный вес организаций, использовавших персональные компьютеры, по субъектам	УВПК
7	Блок 3: Инновационная инфраструктура – $I_{инфраструктура}$ – оценивает развитость среды, поддерживающей коммерциализацию и применение АТ	Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе обследованных организаций1), по субъектам	УВТИ
8		Удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, по субъектам	УВЗИ
9		Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров по субъектам РФ	УВИР
10	Блок 4: Кадровый и образовательный потенциал – $I_{кадры}$ – оценивает способность региона готовить специалистов АТ	Численность исследователей, занятых научными исследованиями, по субъектам	ИЗНИ
11		Численность техников, занятых научными разработками, по субъектам	ТЗНР
12		Численность исследователей, имеющих ученую степень, по субъектам	ЧИУС

Источник: предложено автором

На втором этапе осуществляется получение масштабированных значений частных показателей развития АТ регионов ЦФО в НИС.

Так как показателей развития АТ регионов НИС много, они имеют разную размерность, то для адекватного включения их в процесс анализа и построения интегрального показателя необходимо оценить эти факторы по единой шкале, то есть перейти к единообразным характеристикам. Необходимо отметить, что выбранные показатели развития АТ регионов НИС могут быть как стимулянтами, то есть иметь стимулирующее влияние на развитие АТ регионов НИС, так и дестимулянтами, то есть иметь дестимулирующее влияние на развитие АТ регионов НИС.

С учетом этого фактора для перехода к единообразным характеристикам нами предлагается использовать шкалу от 0 до 1 и следующие формулы:

$Xm_{ij} = (X_{ij} - Xmin_j) / (Xmax_j - Xmin_j)$ – для стимулянт (1)

$Xm_{ij} = (Xmax_j - X_{ij}) / (Xmax_j - Xmin_j)$ – для дестимулянт (2)

где Xm_{ij} – масштабированное значение j-ого показателя для i-ого региона в n-ом году;

X_{ij} – фактическое значение j-ого показателя для i-ого региона в n-ом году;

$Xmin_j$ – минимальное значение j-ого показателя за n лет;

$Xmax_j$ – максимальное значение j-ого показателя за n лет.

Каждый количественный показатель внутри блока масштабируется по регионам ЦФО в 2020-2024 гг., результаты структурируются.

На третьем этапе проводится вычисление интегрального показателя развития АТ регионов НИС в два шага:

1. расчет субиндексов – для каждого региона;
2. расчет итогового индекса ИУР-АТР проводится по методике, предложенной Веславом Плютой[299][300].

Модель основана на сравнении нормативных (или целевых) показателей (в модели они называются эталонными) и фактических показателей, характеризующих достигнутое состояние развивающегося объекта (в нашем

[299] Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в эконометрическом моделировании / Пер. с польск. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 175 с.

[300] Евченко А.В., Кузьбожев Э.Н. Прогнозирование и программирование социального развития региона в переходной экономике: ресурсный подход. - Курск: Изд-во РОСИ, 2000. - 216 с.

случае – региона). Суть этой модели в следующем. Каждый объект характеризуется совокупностью показателей С. Эта совокупность образует систему, так как в целом эти показатели характеризуют исследуемый объект как целое, хотя каждый из показателей характеризует только определенную сторону объекта. Каждый из показателей также является и целью одних процессов функционирования системы и результатом других процессов, протекающих в системных объектах более высокого порядка. Степень близости фактического состояния развития АТ регионов НИС к эталонному рассчитывается по формулам 3-7:

$$ИУРАТР = 1 - \frac{di_0}{C_0} \quad (3)$$

где ИУРАТ – это индекс уровня развития аддитивных технологий, dio – значение каждого показателя по каждому региону в 2020-2024 гг., Со – совокупность всех показателей по региону в 2020-2024 гг.

$$dio = \left[\sum (x_{ij} - x_{oj})^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

где d_{io} –значение показателей в i-ом показателе и j-ом регионе в 2020-2024 гг., x_{ij} – реализация i-ого показателя в 2020-2024 годах в j-ом регионе, $_{x0j}$ – реализация эталонного показателя в 2020-2024 годах в j-ом регионе.

$$C_o = xcp = 2Sd \quad (5)$$

где Со – совокупность всех показателей по региону в 2020-2024 гг., $X_{ср}$ – среднее значение показателей в 2020-2024 годах i-ого показателя в j-ом регионе.

$$xcp = \frac{1}{t}\sum_{i=1}^{t} d_{i0} \quad (6)$$

где $X_{ср}$ – среднее значение показателей в 2020-2024 годах i-ого показателя в j-ом регионе, d_{io} –значение показателей в i-ом показателе и j-ом регионе в 2020-2024 гг.

$$Sd = \left[\frac{1}{t}\sum (d_{i0} - xcp)^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

где S_d – корень квадратный из суммы значений показателей в i-ом показателе и j-ом регионе в 2020-2024 гг., d_{io} –значение показателей в i-ом

показателе и j-ом регионе в 2020-2024 гг., $X_{ср}$ – среднее значение показателей в 2020-2024 годах i-ого показателя в j-ом регионе.

На четвертом этапе осуществляется классификация регионов по значению итогового индекса ИУРАТР проводится по шкале (таблица 39), на основе которой обосновываются выводы по специфике регионов и рекомендации по проблемам развития АТ в НИС.

Таблица 39 – Шкала классификации регионов по значению итогового индекса ИУРАТР

	Развитие АТ в НИС	Уровень	Границы
1	АТ представлены единичными экспериментами, инфраструктура отсутствует	Нулевой / Начальный	0,0-0,3
2	Есть точечные научные проекты и учебные курсы, начато создание ЦКП	Становление	0,31-0,5
3	Сформирована инфраструктура, есть внедрение на нескольких предприятиях, запущены образовательные программы	Развитие	0,51-0,7
4	АТ – часть инновационной стратегии региона, глубокая интеграция с промышленностью, полный цикл «образование-наука-производство»	Зрелость	0,71-0,85
5	Регион является национальным или международным центром компетенций по АТ, генерирует прорывные технологии и экспортирует решения	Лидерство	0,86-1,0

Источник: составлено автором

Практическая ценность заключается в использовании методики как органами власти, так и организациями:

- для федеральных органов власти – выявление точек роста и регионов-лидеров для концентрации ресурсов. Формирование дифференцированной региональной политики (поддержка "хабов" vs. стимулирование "интеграторов");
- для региональных администраций – проведение самодиагностики, выявление слабых мест в цепочке создания стоимости АТ, построение обоснованной региональной стратегии развития;

– для инвесторов и бизнеса – карта возможностей для вложений и ответов на вопросы: где открывать сервисный центр? Где искать квалифицированных специалистов? Где локализовать производство?

Считаем, что для регионов НИС РФ такая оценка особенно актуальна, так как покажет, что развитие АТ сконцентрировано не только в Москве и Петербурге, но и в ряде промышленных и академических регионов, что критически важно для диверсификации и устойчивости национальной инновационной системы в этой ключевой технологии.

В данном параграфе представим результаты расчета ИУРАТР по ЦФО в 2020-2024 гг. последовательно по этапам.

На первом этапе для формирования иерархии показателей развития АТ регионов ЦФО в НИС проведен сбор статистических данных развития аддитивных технологий на основе открытых источников (Росстат, Федстат, Роспатент, сайты вузов и технопарков, сайт Ассоциации аддитивных технологий), а также через целевые опросы региональных администраций и отраслевых ассоциаций. Результаты сбора и формирования иерархии показателей представлены по ЦФО по 4-м ключевым блокам в 2020-2023 гг. (Приложение М) в 2024 гг. (таблица 40).

На втором этапе для получения масштабированных значений частных показателей развития АТ регионов ЦФО в НИС выбрано максимальное или эталонное значение каждого показателя по регионам ЦФО и по годам с 2020 по 2024 гг., которое масштабировано и результаты занесены в таблицу 41.

Далее проведена нормализация, то есть каждый количественный показатель внутри блока нормализуется для приведения к шкале от 0 до 1 по формуле (1, 2) по регионам ЦФО в 2020-2023 гг. (Приложение Н) и в 2024 году (таблица 42).

На третьем этапе для формирования интегрального показателя развития АТ регионов НИС нами проведен расчет субиндексов – для каждого региона ЦФО в 2020-2023 гг. (Приложение П) и в 2024 гг. (таблицы 43).

Таблица 40 – Показатели развития аддитивных технологий в НИС по ЦФО в 2024 г.

Регионы	РППТ	ВЗНР	ВЗПИ	ИППТ	ППРО	УВПК	УВТИ	УВЗИ	УВИР	ИЗНИ	ТЗНР	ЧИУС
2024												
Белгородская область	38	1156,1	1410,8	3 697	195	86,3	26,9	1,1	15,3	676	64	334
Брянская область	0	112,3	225,3	2 045	121	82,2	13,9	0,5	11,0	162	53	46
Владимирская область	4	479,2	1352,4	4 548	490	83,4	24,6	1,4	2,9	1682	562	321
Воронежская область	29	981,5	2781,2	3 388	360	83,0	22,1	2,2	3,9	5278	1791	806
Ивановская область	0	379,0	169,2	1 496	43	84,7	18,1	0,2	5,1	456	0	230
Калужская область	0	867,4	1726,9	3 477	1303	80,1	23,8	2,1	4,8	2874	1023	518
Костромская область	0	55,4	22,5	1 967	48	83,9	11,1	0,3	1,5	43	0	12
Курская область	0	400,4	78,1	2 086	117	83,7	17,7	0,9	2,2	866	140	172
Липецкая область	0	125,5	131,3	3 162	184	87,5	19,3	1,9	4,3	376	39	192
Московская область	226	20016,3	47568,6	18 956	1904	71,6	25,4	3,4	12,1	37237	8157	6505
Орловская область	0	373,4	421,1	1 670	98	84,9	19,7	0,5	1,8	329	264	114
Рязанская область	9	319,8	935,2	2 383	169	79,7	19,7	1,0	3,4	637	163	126
Смоленская область	17	884,8	320,1	2 263	78	78,8	17,0	1,1	10,2	431	117	84
Тамбовская область	0	611,5	302,8	1 965	52	81,5	13,4	1,9	3,9	336	66	150
Тверская область	0	266,0	485,7	3 497	249	82,7	23,9	1,1	4,8	1014	118	220
Тульская область	0	344,4	903,7	4 240	474	77,7	25,0	2,2	11,2	3788	253	213
Ярославская область	3	1054,3	1152,7	4 253	67	80,9	26,4	3,5	3,9	2521	487	717
г. Москва	758	111559,5	147101,4	17 923	1488	67,5	34,9	4,8	2,3	114182	20857	36132

Источник: составлено автором

Таблица 41 – Максимальные значения показателей развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе в 2020-2024 гг.

Аббревиатура	РППТ	ВЗНР	ВЗПИ	ИППТ	ППРО	УВПК
Наименование показателей	Разработанные передовые производст-венные технологии по субъектам Российской Федерации1)	Внутренние текущие затраты на научные разработки по видам работ по субъектам Российской Федерации	Внутренние текущие затраты на научные исследования по видам работ по субъектам Российской Федерации	Используемые передовые производст-венные технологии по субъектам Российской Федерации1)	Количество применяемых промышленных роботов в организациях	Удельный вес организаций, использовавших персональные компьютеры, по субъектам Российской Федерации1) (%)
Единицы измерения	(единиц)	(млн. руб.)	(млн. руб.)	(единиц)	(штука)	%
X_{0i}	X_{01}	X_{02}	X_{03}	X_{04}	X_{05}	X_{06}
Максимальное значение	758	111559,5282	147101,393	17923	1904	98,8
Регион	г.Москва	г.Москва	г.Москва	г.Москва	Московская область	Белгородская область
Год	2024	2024	2024	2024	2024	2020
Масштаби-рованное значение	100	100	100	100	100	100

Источник: рассчитано автором

Продолжение таблицы 41

Аббревиатура	УВТИ	УВЗИ	УВИР	ИЗНИ	ТЗНР	ЧИУС
Наименование показателей	Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе обследованных организаций1), по субъектам Российской Федерации	Удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг1), по субъектам Российской Федерации	Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг1), по субъектам Российской Федерации	Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, по категориям и субъектам Российской Федерации, исследователи	Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, по категориям и субъектам Российской Федерации, техники	Численность исследователей, имеющих ученую степень, по субъектам Российской Федерации
Единицы измерения	%	%	%	(человек)	(человек)	(человек)
X_{0i}	X_{07}	X_{08}	X_{09}	X_{10}	X_{11}	X_{12}
Максимальное значение	34,86529319	4,888863934	17,66264894	116561	20857	39380
Регион	г.Москва	Липецкая область	Тульская область	г.Москва	г.Москва	г.Москва
Год	2024	2020	2023	2020	2024	2020
Масштабированное значение	100	100	100	100	100	100

Источник: рассчитано автором

Таблица 42 – Масштабирование показателей уровня развития АТ регионов ЦФО НИС в 2024 г.

Регионы	РППТ	ВЗНР	ВЗПИ	ИППТ	ППРО	УВПК	УВТИ	УВЗИ	УВИР	ИЗНИ	ТЗНР	ЧИУС
2024												
Белгородская область	5,01	1,04	0,96	20,63	10,24	87,35	77,02	21,74	86,82	0,58	0,31	0,85
Брянская область	0,00	0,10	0,15	11,41	6,36	83,20	39,95	11,20	62,05	0,14	0,25	0,12
Владимирская область	0,53	0,43	0,92	25,38	25,74	84,41	70,47	27,77	16,15	1,44	2,69	0,82
Воронежская область	3,83	0,88	1,89	18,90	18,91	84,01	63,31	45,16	22,32	4,53	8,59	2,05
Ивановская область	0,00	0,34	0,12	8,35	2,26	85,73	52,04	4,93	29,10	0,39	0,00	0,58
Калужская область	0,00	0,78	1,17	19,40	68,43	81,07	68,29	42,66	27,12	2,47	4,90	1,32
Костромская область	0,00	0,05	0,02	10,97	2,52	84,92	31,87	5,70	8,43	0,04	0,00	0,03
Курская область	0,00	0,36	0,05	11,64	6,14	84,72	50,81	17,82	12,40	0,74	0,67	0,44
Липецкая область	0,00	0,11	0,09	17,64	9,66	88,56	55,30	38,05	24,30	0,32	0,19	0,49
Московская область	29,82	17,94	32,34	105,76	100,00	72,47	72,98	68,89	68,23	31,95	39,11	16,52
Орловская область	0,00	0,33	0,29	9,32	5,15	85,93	56,42	9,76	10,37	0,28	1,27	0,29
Рязанская область	1,19	0,29	0,64	13,30	8,88	80,67	56,56	19,57	19,36	0,55	0,78	0,32
Смоленская область	2,24	0,79	0,22	12,63	4,10	79,76	48,65	22,63	57,90	0,37	0,56	0,21
Тамбовская область	0,00	0,55	0,21	10,96	2,73	82,49	38,43	38,35	22,22	0,29	0,32	0,38
Тверская область	0,00	0,24	0,33	19,51	13,08	83,70	68,59	23,37	26,92	0,87	0,57	0,56
Тульская область	0,00	0,31	0,61	23,66	24,89	78,64	71,70	44,64	63,44	3,25	1,21	0,54
Ярославская область	0,40	0,95	0,78	23,73	3,52	81,88	75,73	70,98	22,19	2,16	2,33	1,82
г. Москва	100,00	100,00	100,00	100,00	78,15	68,32	100,00	99,00	12,88	97,96	100,00	91,75

Источник: рассчитано автором

Таблица 43 – Расчетные значения частных показателей интегрального индекса уровня развития АТ регионов ЦФО в 2024 г.

Регионы	$(X_{i1}-X_{01})^2$	$(X_{i2}-X_{02})^2$	$(X_{i3}-X_{03})^2$	$(X_{i4}-X_{04})^2$	$(X_{i5}-X_{05})^2$	$(X_{i6}-X_{06})^2$	$(X_{i7}-X_{07})^2$	$(X_{i8}-X_{08})^2$	$(X_{i9}-X_{09})^2$	$(X_{i10}-X10)^2$	$(X_{i11}-X11)^2$	$(X_{i12}-X12)^2$	d_{i0}^2	d_{i0}	$(d_{i0}-X_{ср})^2$
Белгородская область	9022,5	9793,8	9809,1	6300,1	8056,6	160,1	528,3	6124,0	173,6	9884,3	9938,7	9831,1	79622,1	282,2	0,4
Брянская обл	10000,0	9979,9	9969,4	7848,2	8769,4	282,3	3606,0	7886,3	1440,0	9972,2	9949,2	9976,7	89679,6	299,5	276,7
Владимирская область	9894,7	9914,3	9817,0	5568,9	5515,2	243,0	871,9	5216,7	7030,2	9713,5	9468,4	9837,6	83091,4	288,3	29,4
Воронежская область	9249,5	9824,8	9625,4	6576,7	6576,0	255,7	1346,2	3007,8	6034,5	9114,9	8356,3	9594,8	79562,7	282,1	0,6
Ивановская область	10000,0	9932,2	9977,0	8400,3	9553,4	203,7	2299,8	9038,5	5027,3	9921,9	10000,0	9883,5	94237,6	307,0	583,2
Калужская об	10000,0	9845,1	9766,6	6496,4	996,4	358,2	1005,5	3288,3	5311,3	9512,9	9043,1	9738,7	75362,5	274,5	69,1
Костромская область	10000,0	9990,1	9996,9	7925,5	9502,2	227,4	4641,9	8892,9	8385,4	9992,6	10000,0	9993,9	99548,8	315,5	1068,0
Курская область	10000,0	9928,3	9989,4	7807,7	8808,8	233,6	2419,2	6753,0	7674,6	9852,0	9866,2	9912,8	93245,6	305,4	507,5
Липецкая обл	10000,0	9977,5	9982,2	6782,8	8160,6	130,8	1998,0	3838,1	5730,0	9935,6	9962,6	9902,7	86400,8	293,9	123,4
Московская область	4925,9	6733,5	4578,2	33,2	0,0	757,9	730,0	968,0	1009,6	4631,3	3707,7	6969,2	35044,5	187,2	9145,3
Орловская об	10000,0	9933,2	9942,8	8223,3	8997,1	197,9	1898,9	8144,0	8034,0	9943,6	9748,4	9942,2	95005,5	308,2	645,0
Рязанская обл	9763,9	9942,7	9873,3	7517,6	8303,6	373,7	1887,4	6469,1	6502,9	9891,0	9844,3	9936,1	90305,6	300,5	312,5
Смоленская область	9556,5	9842,0	9956,5	7634,2	9197,5	409,8	2637,1	5985,9	1772,0	9926,2	9888,1	9957,4	86763,1	294,6	137,4
Тамбовская область	10000,0	9890,7	9958,9	7927,5	9461,2	306,6	3791,4	3800,1	6050,3	9942,4	9936,8	9924,0	90989,9	301,6	353,9
Тверская обл	10000,0	9952,4	9934,1	6478,4	7555,5	265,5	986,8	5871,9	5340,9	9826,8	9887,2	9888,6	85988,0	293,2	108,3
Тульская обл	10000,0	9938,4	9877,5	5828,3	5640,8	456,1	800,6	3064,2	1337,0	9360,6	9758,9	9892,1	75954,4	275,6	52,3
Ярославская область	9921,0	9811,9	9843,9	5817,2	9308,6	328,2	589,2	842,3	6054,8	9572,1	9538,5	9639,2	81266,8	285,1	5,0
г. Москва	0,0	0,0	0,0	0,0	477,4	1003,6	0,0	1,0	7589,9	4,2	0,0	68,0	9144,1	95,6	35046,8

Источник: рассчитано автором

На четвертом этапе использована шкала (таблица 44) определены итоговые значения индекса ИУРАТР в предложенных границах.

Таблица 44 – Шкала классификации регионов для определения итогового значения индекса ИУРАТР

	Границы	Уровень	Развитие АТ в НИС
1	0,0-0,3	Нулевой / Начальный	АТ представлены единичными экспериментами, инфраструктура отсутствует
2	0,31-0,5	Становление	Есть точечные научные проекты и учебные курсы, начато создание ЦКП
3	0,51-0,7	Развитие	Сформирована инфраструктура, есть внедрение на нескольких предприятиях, запущены образовательные программы
4	0,71-0,85	Зрелость	АТ – часть инновационной стратегии региона, глубокая интеграция с промышленностью, полный цикл «образование-наука-производство»
	0,86-1,0	Лидерство	Регион является национальным или международным центром компетенций по АТ, генерирует прорывные технологии и экспортирует решения

Источник: составлено автором

Далее регионы классифицированы по шкале и представлены результаты расчета итогового интегрального индекса уровня развития АТ регионов (ИУРАТР) в таблице 45.

На основании рассчитанного интегрального индекса можно сделать выводы по специфике развития АТ регионов. За рассматриваемый период с 2020 по 2024 год ни один из регионов Центрального федерального округа не вышел на уровень «Лидерство» в развитии аддитивных технологий, который предполагает превращение территории в национальный или международный центр компетенций, способный генерировать прорывные решения и экспортировать технологии. Даже наиболее продвинутые субъекты ЦФО не смогли преодолеть рубеж в 0,86 единиц по интегральному индексу ИУРАТР, что указывает на сохраняющийся разрыв между текущим состоянием инновационной экосистемы регионов и эталоном полноценного технологического суверенитета в данной ключевой области.

Таблица 45 – Интегральный индекс уровня развития АТ регионов ЦФО в НИС в 2020-2024 гг.

ИУРАТР	2020	2021	2022	2023	2024	ИУРАТР	Ранги	Уровень по шкале
Белгородская область	0,214	0,248	0,237	0,249	0,270	0,2436	4	1. начальный
Брянская область	0,178	0,205	0,188	0,200	0,225	0,1992	12	1. начальный
Владимирская область	0,206	0,213	0,218	0,222	0,254	0,2226	8	1. начальный
Воронежская область	0,202	0,229	0,217	0,232	0,270	0,2300	6	1. начальный
Ивановская область	0,134	0,183	0,173	0,203	0,206	0,1798	16	1. начальный
Калужская область	0,154	0,209	0,224	0,227	0,290	0,2208	9	1. начальный
Костромская область	0,129	0,185	0,166	0,170	0,184	0,1668	18	1. начальный
Курская область	0,148	0,172	0,183	0,201	0,210	0,1828	15	1. начальный
Липецкая область	0,200	0,228	0,214	0,235	0,240	0,2234	7	1. начальный
Московская область	0,400	0,442	0,457	0,485	0,516	0,4600	2	2. становление
Орловская область	0,150	0,176	0,171	0,182	0,203	0,1764	17	1. начальный
Рязанская область	0,155	0,194	0,189	0,200	0,223	0,1922	14	1. начальный
Смоленская область	0,151	0,176	0,184	0,215	0,238	0,1928	13	1. начальный
Тамбовская область	0,164	0,207	0,202	0,218	0,220	0,2022	11	1. начальный
Тверская область	0,183	0,217	0,208	0,230	0,242	0,2160	10	1. начальный
Тульская область	0,235	0,242	0,267	0,271	0,287	0,2604	3	1. начальный
Ярославская область	0,180	0,225	0,222	0,264	0,263	0,2308	5	1. начальный
г. Москва	0,561	0,614	0,676	0,734	0,753	0,6676	1	4. зрелость

Источник: рассчитано автором

Для подтверждения достоверности разработанной методики расчета интегрального индекса ИУРАТР проведена процедура валидации по трем направлениям.

1. Сравнение с данными независимых источников.

Результаты ранжирования регионов ЦФО сопоставлены с данными Ассоциации развития аддитивных технологий (АРАТ) за 2024 год. Сравнение показало высокую степень корреляции: регионы, занимающие лидирующие позиции по ИУРАТР (Москва, Московская область, Калужская область), также являются лидерами по количеству зарегистрированных АТ-компаний и объему рынка АТ-услуг по данным АРАТ.

2. Экспертная валидация через анкетирование предприятий.

В рамках исследования проведено анкетирование руководителей 6 ключевых промышленных предприятий Курской области (Приложение Т). Результаты анкетирования (в частности, оценки барьеров внедрения АТ) были сопоставлены с субиндексами ИУРАТР по Курской области. Выявлено соответствие: низкие значения субиндекса «Кадровый потенциал» (ИЗНИ, ЧИУС) коррелируют с экспертными оценками кадрового дефицита как критического барьера (83% предприятий). Это подтверждает диагностическую ценность предложенного индекса.

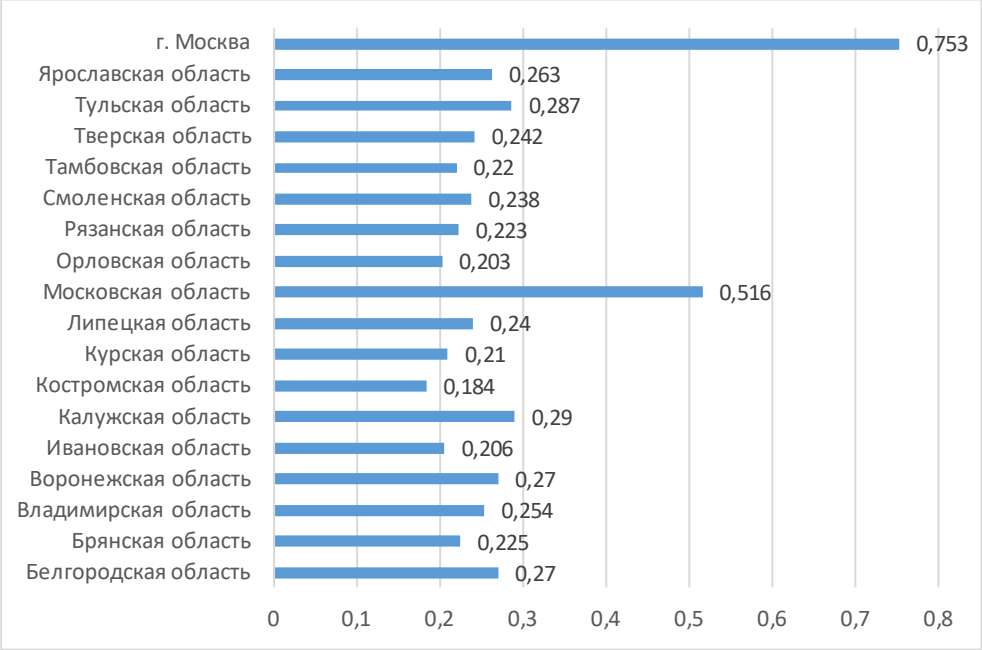
3. Сопоставимость с международными аналогами.

Предложенная методика, адаптация метода Плюты, дает результаты, сопоставимые с международными подходами, например, с «Индексом экосистемы 3D-печати» от Boston Consulting Group[301]. Для регионов-лидеров (Москва, ИУРАТР = 0,6676) результаты соответствуют уровню «Зрелость», что коррелирует с позицией России в глобальных рейтингах (лидеры – США, Китай, Германия). Разработанная шкала классификации (таблица 34) позволяет проводить международные сопоставления при условии унификации показателей.

Предложенная методика ИУРАТР прошла процедуру валидации, подтвердив свою диагностическую ценность и пригодность для региональных сопоставлений.

[301] Самуилкина А. Мировой рынок 3D-печати вырастет по оценке Boston Consulting Group в 70 раз к 2035 году // Режим доступа: https://hightech.fm/2017/04/05/3d-printing-bcg (Дата обращения 21.03.2026 г.)

Несмотря на поступательное развитие аддитивных технологий в ряде субъектов Центрального федерального округа, ни один из регионов на текущий момент не достиг уровня «Зрелости», характеризующегося глубокой интеграцией АТ в промышленность и их полноценным включением в инновационные стратегии территорий. Значения интегрального индекса ИУРАТР, находившиеся в отчетном периоде в диапазоне от 0,71 до 0,85, остаются пока недостижимым рубежом, что свидетельствует о сохраняющемся значительном потенциале для системного роста и перехода от точечных инициатив к комплексной системе управления цифровой трансформацией производственного сектора.



Источник: составлено автором

Рисунок 42 – Результаты ИУРАТР регионов по ЦФО в 2024 г.

На основе данных рисунка 42 отмечено, что уровня «Зрелость» достиг город Москва в 2024 году с показателем 0,753, прошлые годы с 2020 по 2023 стабильно занимала строчку «Развитие» в рамках от 0,51 до 0,7. Это единственный регион, перешедший в категорию «Зрелость», что свидетельствует о сформированной инфраструктуре, внедрении АТ на предприятиях и запущенных образовательных программах.

На уровень «Становление» (0,31–0,5) поднялся один регион в ЦФО – это Московская область со значением 0,516. Она близка к переходу в категорию «Развитие».

На уровне «Начальный / Нулевой» (0,0–0,3) находятся все остальные регионы ЦФО. Это означает, что этим регионам соответствует начальный этап развития АТ со следующими характеристиками:

- наличие единичных экспериментов и проектов;
- слабая инфраструктура;
- ограниченное внедрение в промышленность.

Основные выводы по развитию АТ регионов в ЦФО в 2020-2024гг. следующие:

- лидером с большим отрывом является г. Москва – единственный регион, достигший уровня «Зрелость»;
- Московская область занимает второе место, но ее индекс (0,516) все еще соответствует уровню «Становление»;
- Калужская, Тульская и Ярославская области показывают относительно высокие результаты среди остальных регионов, но все еще находятся в начальной стадии развития АТ;
- большинство регионов ЦФО (15 из 18) имеют индекс ниже 0,3, что указывает на низкий уровень развития аддитивных технологий и необходимость системной поддержки.

Динамика за 2020–2024 гг. показывает рост индекса практически во всех регионах, что свидетельствует о положительной тенденции, однако темпы роста недостаточны для быстрого перехода на более высокие уровни.

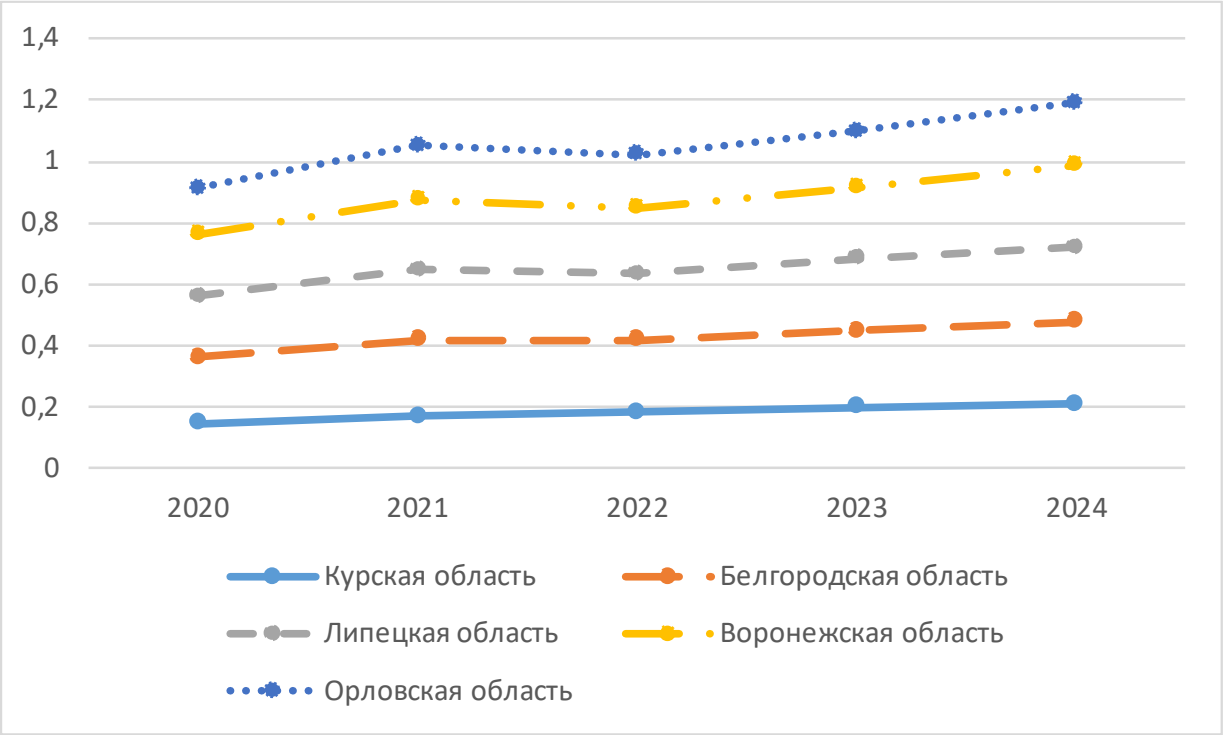
Рекомендации по развитию АТ регионов в ЦФО в 2026-2030 гг.:

– для г. Москвы – укреплять лидерские позиции через развитие международного сотрудничества, экспорт технологий и создание центров компетенций;

– для Московской области – ускорять интеграцию АТ в промышленность и расширять образовательные программы.

– для регионов с индексом 0,2–0,3 (Калужская, Тульская, Ярославская и др.) – развивать инновационную инфраструктуру, привлекать инвестиции, создавать специализированные учебные курсы.

– для регионов с индексом ниже 0,2 – необходима целевая государственная поддержка, создание пилотных проектов, развитие кадрового потенциала.



Источник: составлено автором

Рисунок 43 – Интегральный индекс уровня развития АТ в Курской, Белгородской, Липецкой, Воронежской и Орловской областях в 2020-2024 гг.

На основе данных рисунка 43, построенного на основе данных таблицы 40 интегрального индекса уровня развития АТ регионов ЦФО в 2020–2024 годах, проведен анализ развития аддитивных технологий в Курской, Белгородской, Липецкой, Воронежской и Орловской областях, а также сформулируем выводы и рекомендации для регионального управления.

Выбор для углубленного исследования Белгородской, Воронежской, Липецкой, Курской и Орловской областей обусловлен не случайностью, а

рядом фундаментальных причин, которые делают эту группу регионов репрезентативной и стратегически важной лабораторией для изучения процессов инновационной трансформации в Центральной России.

Во-первых, эти субъекты образуют своеобразный «инновационный пояс» в юго-западной части ЦФО, обладающий значительным, но неравномерно реализованным промышленным и научным потенциалом. Их анализ позволяет перейти от констатации абсолютного лидерства столичных агломераций к пониманию динамики и регионов НИС.

Во-вторых, представленная группа демонстрирует ярко выраженную внутреннюю дифференциацию по уровню развития аддитивных технологий – от относительно продвинутых Белгородской и Воронежской областей до областей с пока скромными результатами. Такой контраст создает уникальную возможность для сравнительного анализа: выявления факторов успеха, барьеров, «точек роста» и типичных проблем, с которыми сталкиваются промышленные регионы на пути технологической модернизации. Изучение не только лидеров, но и аутсайдеров позволяет сформировать более полную и объективную картину.

В-третьих, эти регионы обладают комплементарной отраслевой структурой, охватывающей агропромышленный комплекс, металлургию, машиностроение, химическую промышленность и энергетику. Подобное разнообразие позволяет исследовать внедрение аддитивных технологий не в абстрактных условиях, а в конкретных производственных контекстах, оценивая их пригодность и экономический эффект для различных секторов реальной экономики.

Наконец, сосредоточение внимания на данной пятерке регионов продиктовано стратегической целесообразностью. Именно эти территории, обладая развитой инфраструктурой, человеческим капиталом и промышленной базой, но при этом не неся «бремени» сверхконцентрации, как столичные центры, являются наиболее перспективными кандидатами для формирования новых точек технологического роста, диверсификации

инновационного ландшафта страны и обеспечения ее технологического суверенитета в ключевых отраслях. Таким образом, такое исследование – это не просто академический интерес, а вклад в выработку практической региональной политики, нацеленной на сокращение разрывов и раскрытие внутреннего потенциала российской провинции (таблица 46).

Таблица 46 – Сильные и слабые стороны развития АТ по отдельным регионам ЦФО в 2024 г.

	Регион	Итоговый индекс	Динамика	Сильные стороны	Слабые стороны
1	Белгород-ская область	0,270	устойчивый рост с 2020 года, небольшой спад в 2022, затем восстанов-ление	высокие показатели по внедрению АТ в промышленность (ИППТ, ППРО), хороший уровень цифровизации (УВПК)	относительно низкий научно-технологический потенциал (РППТ, ВЗНР, ВЗПИ)
2	Воронежс кая область	0,270	рост с колебания ми, пик в 2021 и 2024	сильный кадровый потенциал (ИЗНИ, ТЗНР), высокие затраты на прикладные исследования (ВЗПИ).	низкий удельный вес инновационной продукции (УВИР), слабая инфраструктура внедрения
3	Липецкая область	0,240	стабильны й рост, особенно заметный в 2021 и 2023 гг	высокий удельный вес затрат на инновации (УВЗИ), хорошая оснащенность ПК (УВПК).	низкая научная активность (РППТ, ВЗНР), мало исследователей с учеными степенями (ЧИУС)
4	Курская область	0,210	медленный , но стабильны й рост	умеренные показатели по внедрению (ИППТ, ППРО), неплохой уровень цифровизации	низкие показатели научно-технологического потенциала (РППТ, ВЗНР, ВЗПИ), слабая инновационная инфраструктура
5	Орловская область	0,203	минимальн ый рост за 5 лет	относительно высокий показатель техников, занятых разработками (ТЗНР).	отсутствуют разработанные передовые технологии (РППТ), низкие затраты на исследования, слабая интеграция АТ в промышленность

Источник: предложено автором

На основании таблицы 46 можно сделать вывод об общих проблемах всех регионов ЦФО, находящихся на стадии начального уровня развития аддитивных технологий в НИС, для реализации мероприятий регионального управления:

– низкий уровень научно-технологического потенциала – недостаточное количество разработок, патентов, финансирования НИОКР;

– слабая интеграция АТ в реальный сектор – внедрение носит точечный характер;

– дефицит кадров высокой квалификации, особенно в области АТ и инженерии;

– неразвитая инновационная инфраструктура – недостаток технопарков, центров компетенций, инжиниринговых центров.

Рекомендации для органов регионального управления по развитию АТ:

1. Для Белгородской и Воронежской областей (лидеры группы) необходима стратегия перехода от точечных проектов аддитивных технологий к системной интеграции АТ в промышленность. Меры по развитию аддитивных технологий в НИС регионов: создание регионального центра компетенций по АТ на базе ведущего вуза; стимулирование кооперации вузов, НИИ и промышленных предприятий; развитие образовательных программ (магистратура, курсы повышения квалификации); привлечение федеральных средств в рамках нацпроекта «Наука и университеты».

2. Для Липецкой области целесообразна стратегия усиления научно-исследовательской компоненты. Меры по развитию аддитивных технологий в НИС региона: создание лабораторий АТ при вузах и НИИ; грантовая поддержка молодых ученых и инженеров; развитие индустриальных партнерств с предприятиями черной металлургии (например, Новолипецкий металлургический комбинат[302]).

[302] Официальный сайт Группы НЛМК // Режим доступа: https://nlmk.com/ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

3. Для Курской и Орловской областей в качестве стратегии развития АТ уместен запуск пилотных проектов и формирование базовой инфраструктуры.

Как показано в предыдущих работах автора, «меры по развитию аддитивных технологий в НИС регионов: открытие центров молодежного инновационного творчества (ЦМИТ) по АТ; внедрение курсов по 3D-моделированию и прототипированию в техникумах и вузах; привлечение резидентства в инновационных кластерах соседних регионов; создание регионального фонда поддержки инноваций с акцентом на АТ» [303].

Для развития аддитивных технологий» в НИС предлагаем межрегиональное сотрудничество в следующих направлениях:

- создание консорциума по развитию АТ в ЦФО (обмен опытом, кадрами, оборудованием);
- проведение ежегодного форума по аддитивным технологиям с участием промышленности, науки и власти;
- развитие сети FabLab и ЦКП с доступом для малого и среднего бизнеса.

Таким образом, большинство регионов ЦФО находятся на начальном этапе развития АТ, но имеют потенциал для роста. Ключевыми направлениями управления развития аддитивных технологий в НИС автором предлагаются: инвестиции в науку и кадры, стимулирование внедрения АТ в промышленность, развитие инновационной инфраструктуры, межрегиональная и федеральная кооперация. Без системных мер по развитию аддитивных технологий в НИС региона разрыв с лидерами (Москва, Московская область) будет только увеличиваться, что может привести к потере технологического суверенитета регионов в перспективе.

Проведенная оценка позволила не только проранжировать регионы ЦФО по уровню развития аддитивных технологий, но и выявить специфические проблемы и точки роста для каждого из них. Ключевым выводом является констатация того факта, что подавляющее большинство

[303] Ершова Е. Ю. Аддитивные технологии как основа наращивания потенциала национальной инновационной системы. Вестник Академии знаний. 2025. № 4 (69). С. 212-216.

регионов (включая Курскую область) находятся на начальном этапе развития АТ, характеризующемся фрагментарностью, отсутствием системной инфраструктуры и слабой интеграцией в промышленность.

Автором предложен и апробирован методический подход к количественной оценке уровня развития аддитивных технологий в регионах на основе расчета интегрального индекса уровня развития аддитивных технологий регионов в структуре НИС, отличительными особенностями которого является адаптация универсальной системы показателей к выявленной структуре факторов развития АТ; использование объективных статистических данных, обеспечивающих воспроизводимость и сопоставимость результатов; разработка шкалы интерпретации, что позволяет ранжировать регионы, идентифицировать их принадлежность по уровням развития АТ, выявлять ключевые диспропорции в развитии научно-технологического, кадрового, инфраструктурного и производственного потенциалов субъектов и обосновать рекомендации для органов управления развитием АТ в НИС.

Апробация на регионах ЦФО (2020–2024 гг.) подтвердила диагностическую ценность предложенного индекса и позволила выявить Курскую область как типичного представителя регионов с начальным уровнем развития, обладающего значительным нереализованным потенциалом.

Выявленные в ходе анализа проблемы и дифференцированные рекомендации создают необходимую аналитическую основу для разработки практического инструментария, обеспечивающего переход от точечных инициатив к системному управлению развитием аддитивных технологий на региональном уровне. Решению этой задачи посвящен параграф 3.3, в котором на примере показателей Курской области (региона с начальным уровнем развития, но значительным промышленным потенциалом) разработаны организационно-экономический механизм и дорожная карта, направленные на преодоление выявленных проблем развития АТ и достижение целевых показателей ИУРАТР.

3.3. Разработка организационно-экономического механизма развития аддитивных технологий региона

На основе разработанной в первой главе концептуальной модели, автором определены стратегические ориентиры развития аддитивных технологий в национальной инновационной системе, включая задачи, поставленные в новых национальных проектах в области здравоохранения, кадров, экономики данных и других направлений развития[304]. Целевые показатели Стратегии-2030 развития АТ – это объем рынка 58 млрд рублей, экспорт 21 млрд рублей, 11 тысяч рабочих мест, необходимость межведомственной координации – подтверждают тезис автора о том, что АТ являются критической и сквозной технологией в НИС.

Учитывая результаты проведенной во второй главе диагностики текущего состояния АТ, автором выявлены системные разрывы между амбициозными целями развития АТ в НИС России и текущим состоянием развития АТ, особенно на региональном уровне. Для обеспечения достижения стратегических ориентиров, учитывая выявленные ограничения развития АТ, автором разработан практический организационно-управленческий инструментарий, на основе изучения научных достижений современными учеными в подобных разработках[305], с помощью которого решение стратегических амбициозных задач переводится в плоскость конкретных управленческих решений[306].

В рамках рассчитанного в третьей главе интегрального индекса уровня развития АТ в регионах, Курская область, с одной стороны, по значению

---

[304] Трошин, А. С. Выбор стратегии развития устойчивых инноваций / А. С. Трошин, В. А. Орлова // Вестник Академии знаний. – 2025. – № 1(66). – С. 514-517.

[305] Абрашкин, М. С. Организационно-экономический механизм инновационного развития наукоемких промышленных предприятий / М. С. Абрашкин, М. С. Старикова, М. Я. Веселовский // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 7. – С. 281-286.

[306] Совершенствование организационной структуры управления с учетом требований устойчивого развития и повышения инновационности организации / С. А. Филин, Е. В. Генкин, Д. К. Балаханова [и др.] // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – Т. 10, № 12(141). – С. 27-38.

ИУРАТР=0,210 относится к группе регионов с начальным уровнем развития АТ, что отражает типичные для большинства субъектов РФ проблемы. С другой стороны, регион обладает диверсифицированным промышленным комплексом (машиностроение, АПК, энергетика, химия) и научно-образовательным потенциалом, что создает объективные предпосылки для технологического рывка. Выявленный разрыв между потенциалом и реальным положением дел формирует запрос на разработку специализированного управленческого инструментария, апробация которого на примере Курской области позволит создать тиражируемую модель для других регионов.

В качестве такого инструментария выступают разработанные автором следующие стратегические инструменты мезоуровня:

1. организационно-экономический механизм управления развитием АТ апробированный на примере Курской области как репрезентативного региона с начальным уровнем развития, обладающего значительным нереализованным потенциалом;
2. дорожная карта управления развитием аддитивных технологий в Курской области на 2026–2035 гг., с помощью которой решаются стратегические задачи региона по развитию АТ.

На основе этих стратегических инструментов автором построены практико-ориентированные инструменты для решения задач микроуровня:

– матрица реализации ЕЦП УР АТ на предприятиях Курской области по уровням технологичности, с помощью которой решаются операционные задачи технологичных производств и развития АТ региона;

– институциональная матрица взаимодействия ЕЦП УР АТ Курской области с участниками-производителями АТ в НИС России, с помощью которой решается стратегическая задача структурирования и развития отечественного рынка аддитивных технологий в целом.

Целью данного параграфа является на основе углубленной диагностики факторов, сдерживающих развитие АТ в Курской области, обоснование

необходимости разработки специализированного организационно-управленческого инструментария.

Для Курской области, региона с богатым промышленным наследием и аграрным потенциалом, актуальность освоения и развития АТ определяется насущной необходимостью. В условиях возрастающей конкурентной борьбы, цифровизации всех сфер жизни и импортозамещения[307] именно аддитивные технологии способны стать тем локомотивом, который выведет традиционные отрасли экономики – машиностроение, агропромышленный комплекс, энергетику и химическую промышленность – на качественно новый уровень производительности, гибкости и инновационности.

Курская область обладает диверсифицированной структурой промышленности, включающей сегменты с высоким потенциалом импортозамещения и технологического обновления. Полный перечень предприятий Курской области, исследованных в работе, приведен в Приложении Л. Для оценки потенциала внедрения АТ выделены основные предприятия в каждой отрасли региона, деятельность которых обеспечит наибольший мультипликативный эффект для экономики Курской области (таблица 47).

Представленные данные свидетельствуют о том, что Курская область обладает достаточными необходимыми условиями для успешного внедрения аддитивных технологий. Наличие развитого машиностроения, мощного электротехнического кластера, агропромышленного комплекса формирует потенциальный платежеспособный спрос на продукты и услуги АТ.

Однако наличие промышленного потенциала автоматически не гарантирует развитие АТ. Для выявления конкретных причин и барьеров внедрения АТ на предприятиях Курской области проведен опрос руководителей высшего и среднего звена управления основных промышленных предприятий Курской области.

[307] Селиверстов, Ю. И. Роль цифровой трансформации и инноваций в условиях импортозамещения / Ю. И. Селиверстов, Ю. А. Дмитриева // Финансовый менеджмент. – 2023. – № 3-2. – С. 182-192.

Таблица 47 – Потенциал для внедрения АТ в отрасли промышленности Курской области в 2026-2028 гг.

	Отрасль	Ключевые предприятия – потребители АТ	Потенциал применения АТ
1	Машиностроение и металлообработка	АО «Курский завод «Аккумулятор», АО «Счетмаш», АО «Электроагрегат», АО «Курскхимволокно», ООО «СпецМаш»	Прототипирование новой продукции, изготовление оснастки и технологической «мелочевки», производство запасных частей для ремонта оборудования[308], кастомизация корпусных деталей
2	Электротехническое машиностроение и приборостроение	АО «Курский электроаппаратный завод» (КЭАЗ), АО «Счетмаш», АО «Авиаавтоматика» им. В.В. Тарасова	Быстрое прототипирование корпусов приборов и компонентов электроаппаратуры, создание малогабаритных[309] деталей сложной геометрии, изготовление оснастки для сборочных линий, кастомизация измерительной техники
3	Агропромышленный комплекс	Агрохолдинг «Мираторг» (Курское подразделение), ООО «Агро-Терра», ООО «Агростратегия»	Оперативное изготовление быстроизнашивающихся запчастей для сельхозтехники и оборудования переработки, ремонт и восстановление деталей методом наплавки (DED-технологии)
4	Энергетика	АО «Электро-агрегат», филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Курская атомная станция»	Производство сложных деталей турбин и теплообменников, изготовление корпусных изделий, создание высокоэффективных систем охлаждения
5	Химическая промышленность и новые материалы	ОАО «Курскрезинотехника», ООО НПО «Композит», ООО «Курскхимволокно»	Изготовление оснастки для производства резинотехнических и композитных изделий, создание прототипов и мелких партий изделий из полимерных композиционных материалов, отработка технологий 3D-печати композитами

Источник: составлено автором [310]

Анкеты представлены в Приложении Р, перечень предприятий Курской области по уровням технологичности – в Приложение С, барьеры внедрения – в Приложении Т. Выбор предприятий обусловлен их ролью в региональной

[308] Шаповалов, В. В. Развитие и совершенствование технологического оборудования для смазывания открытых узлов трения / В. В. Шаповалов, А. Л. Озябкин, В. Б. Мищиненко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2025. – № 1(225). – С. 60-67. – DOI 10.17213/1560-3644-2025-1-60-67.

[309] Кимбор, Д. В. Снижение трудоемкости производства малогабаритных насосов с помощью аддитивных технологий / Д. В. Кимбор, А. В. Дроботов // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2025. – № 1(296). – С. 72-74.

[310] Прозрачный бизнес – официальный сайт // Режим доступа: https://pb.nalog.ru/?amp&amp (Дата обращения 21.03.2026 г.).

экономике, отраслевой принадлежностью и готовностью к сотрудничеству с организациями АТ. Анализ данных позволяет сделать ряд принципиальных выводов, подтверждающих системный характер проблем развития АТ.

Во-первых, полученные результаты убедительно подтверждают выводы общероссийской статистики о том, что ключевым барьером развития АТ является кадровый дефицит. Нехватка компетенций (инженеров-технологов, материаловедов, конструкторов, владеющих генеративным дизайном) отмечается как критическая или значимая абсолютно на всех обследованных предприятиях. При этом отраслевая специфика проявляется в структуре требуемых компетенций: для НПО «Композит» в Курской области критически важны материаловеды, для КЭАЗ и «Счетмаш» – специалисты по топологической оптимизации, для «Курскхимволокно» – инженеры-технологи по сложному оборудованию.

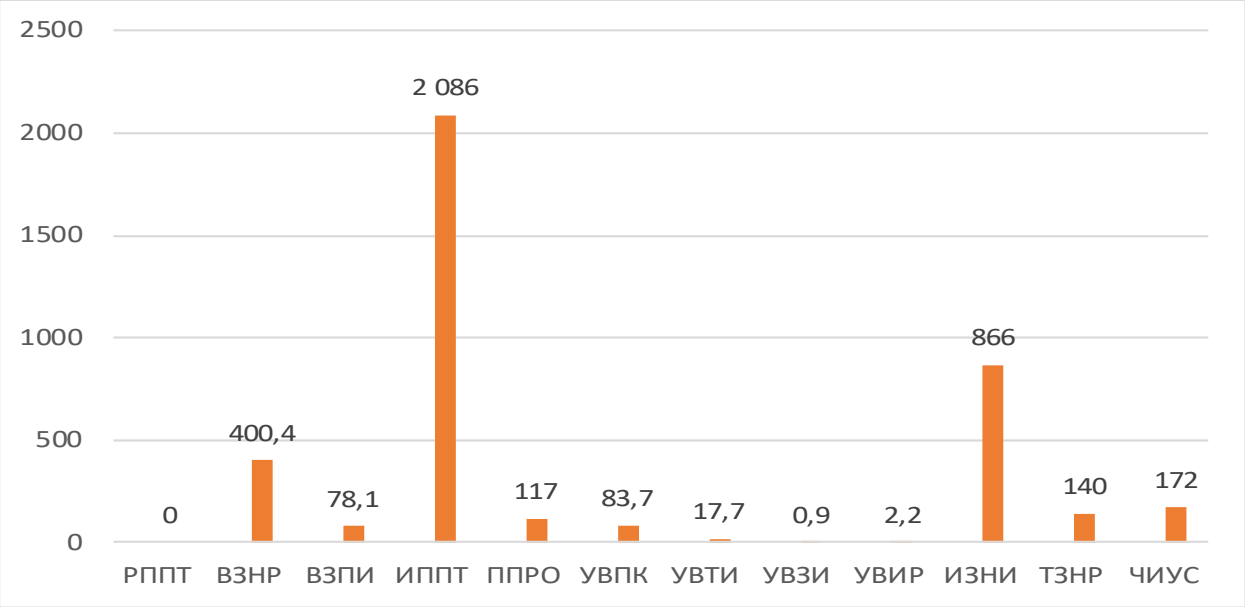
Во-вторых, экономические барьеры (высокая стоимость и неопределенность выгоды) наиболее остро ощущают предприятия, ориентированные на серийное и крупносерийное производство (КЭАЗ, «Электроагрегат»), где внедрение АТ требует не только закупки оборудования, но и сложной реорганизации производственных процессов и расчетов эффективности.

В-третьих, для ряда предприятий (НПО «Композит», «Мираторг») крайне остро стоит проблема сырьевой зависимости и качества материалов. Отсутствие на рынке доступных и сертифицированных отечественных материалов для 3D-печати (композитных нитей, износостойких полимеров, металлических порошков) делает внедрение АТ экономически нецелесообразным или технологически невозможным.

В-четвертых, практически для всех респондентов характерно отсутствие четкого понимания, как именно интегрировать АТ в существующие технологические цепочки. Это указывает на институциональный и информационный провал – отсутствие в регионе центров компетенций,

которые могли бы взять на себя функции технологического аудита, инжиниринга и демонстрации успешных кейсов внедрения АТ.

Выявленные барьеры на микроуровне действующих предприятий находят свое подтверждение и количественное выражение в значениях субиндексов интегрального показателя ИУРАТР Курской области (рисунок 44).



Источник: составлено автором

Рисунок 44 – Профиль ИУРАТР Курской области по показателям развития АТ по ЦФО в 2024 г.

В результате анализа профиля ИУРАТР Курской области сделаны следующие выводы для развития АТ в Курской области:

1. Крайне низкий научно-технологический потенциал ($I_{наука}$). Значение показателя «Разработанные передовые производственные технологии» (РППТ) для Курской области составляет 0. Это означает, что регион выступает исключительно потребителем импортных или заимствованных технологий, не генерируя собственных объектов интеллектуальной собственности в сфере АТ. Затраты на прикладные исследования (ВЗПИ) также минимальны (78,1 млн руб. в 2024 г.), что коррелирует с кадровым дефицитом, выявленным в

ходе опроса предприятий, особенно НПО «Композит» и КЭАЗ, где требуются специалисты высшей квалификации.

2. Слабая инновационная инфраструктура ($I_{инфраструктура}$). Значения удельного веса организаций, осуществляющих технологические инновации (УВТИ), и затрат на инновационную деятельность (УВЗИ) находятся на уровне ниже среднего по ЦФО. Это подтверждает тезис об институциональном вакууме: в регионе отсутствуют специализированные центры компетенций, инжиниринговые центры и доступные сервисы, которые могли бы снизить порог входа для предприятий и предоставить им доступ к дорогостоящему оборудованию и экспертизе.

3. Дефицит кадров высшей квалификации (I_кадры). Несмотря на наличие в Курской области крупных вузов (ЮЗГУ, КГУ), значения численности исследователей (ИЗНИ) и, особенно, исследователей с учеными степенями (ЧИУС), занятых в сфере технических наук, остаются невысокими. Это прямое следствие отсутствия системной связи между образованием, наукой и реальным сектором, на что указывали все респонденты.

4. Умеренные показатели внедрения (I_внедрение). Относительно более высокие значения показателей использования передовых технологий (ИППТ) и количества промышленных роботов (ППРО) свидетельствуют о том, что промышленность региона в целом готова к восприятию инноваций. Однако это восприятие носит характер заимствования готовых технологических решений, а не их генерации или глубокой адаптации.

Таким образом, проведенная диагностика развития АТ В Курской области, основанная на сочетании количественных (интегральный ИУРАТР) и качественных (анкетирование предприятий) методов, позволяет сделать однозначный вывод о том, что потенциал развития аддитивных технологий в Курской области заблокирован сочетанием системных факторов:

– институциональный провал отражает отсутствие региональной стратегии и специализированной инфраструктуры (ЦКП, инжиниринговых центров), способной аккумулировать обеспечивать трансфер технологий;

– кадровый провал демонстрирует несоответствие системы подготовки кадров реальным потребностям высокотехнологичных производств, что особенно остро ощущают КЭАЗ, НПО «Композит» и «Курскхимволокно»;

– сырьевая зависимость иллюстрирует отсутствие доступа к качественным отечественным материалам для АТ, критически важное для НПО «Композит» и предприятий АПК;

– информационный провал показывает низкую осведомленность менеджмента предприятий о возможностях и экономической эффективности АТ, отсутствие успешных локальных кейсов.

Преодоление этих системных ограничений невозможно с помощью точечных, разрозненных мер. Оно требует разработки комплексного, научно обоснованного организационно-управленческого инструментария, интегрирующего усилия органов власти, бизнеса, науки и образования.

В Приложении Т представлены результаты анкетирования руководителей ключевых предприятий Курской области. Для количественной оценки значимости барьеров проведено их ранжирование на основе суммарных экспертных оценок (по шкале: 0 – не является препятствием, 1 – значимый барьер, 2 – критический барьер) (таблица 48).

Таблица 48 – Ранжирование барьеров внедрения АТ на предприятиях Курской области

Ранг	Барьер	Суммарная оценка (максимум 12)	Доля предприятий, отметивших барьер как критический
1	Дефицит компетенций у сотрудников (инженеры-технологи, материаловеды)	11	83% (5 из 6)
2	Сырьевая зависимость / качество материалов	9	50% (3 из 6)
3	Дефицит финансовых ресурсов / высокая стоимость оборудования	8	33% (2 из 6)
4	Отсутствие пакетных решений / сложность выбора	8	33% (2 из 6)
5	Низкий приоритет АТ в стратегии предприятия	3	17% (1 из 6)

Источник: составлено автором

Кадровый барьер в развитии АТ является абсолютным лидером, его отметили как критический 5 из 6 предприятий, а суммарная оценка близка к максимальной (11 из 12). Это подтверждает общероссийский тренд и требует первоочередных мер в области образования, таких как магистерские программы, ДПО, стажировки. Сырьевая зависимость – второй по значимости барьер, особенно острый для НПО «Композит» (композитные нити) и «Мираторга» (износостойкие полимеры для ремонта). Требует мер по локализации производства материалов. Финансовые барьеры и отсутствие пакетных решений занимают 3–4 места. Это указывает на необходимость не просто субсидий, а комплексного инжинирингового сопровождения, такого как «решение под ключ». Низкий приоритет в стратегии оказался наименее значимым барьером – предприятия готовы к внедрению АТ, но сталкиваются с объективными ограничениями. На основе этого ранжирования в разработанном организационно-экономическом механизме (рисунок 45) приоритет отдается кадровому модулю и механизмам доступа к материалам (Банк данных, Виртуальная фабрика).

Автором предложен организационно-экономический механизм управления развитием АТ, который должен базироваться на понимании аддитивных технологий не просто как совокупности оборудования, а как ядра нового технологического уклада, способного трансформировать экономику региона. Его разработка продиктована необходимостью создания адаптивной системы, которая сможет оперативно реагировать на вызовы трансформации экономики.

Принципиальными особенностями и основополагающими принципами построения данного организационно-экономического механизма выступают:

1. принцип проектно-ориентированного управления, предполагающий переход от раздачи «безадресных» субсидий к поддержке конкретных, коммерческих и социально-эффективных проектов на всех стадиях жизненного цикла – от НИОКР до масштабирования производства;

2. принцип сетевой интеграции и кооперации, нацеленный на преодоление разрыва между наукой и производством через создание формальных и неформальных связей между университетами, малыми инновационными предприятиями, индустриальными партнерами и региональными институтами развития;

3. принцип сервисно-ориентированной инфраструктуры, который подразумевает трансформацию центров прототипирования и коллективного пользования из закрытых лабораторий в открытые «ФабЛабы» – фабрики-лаборатории и центры компетенций АТ, предоставляющие широкий спектр услуг для бизнеса от дизайна и 3D-печати до постобработки и сертификации;

4. принцип селективной поддержки и «умной специализации», требующий концентрации ограниченных региональных ресурсов не на всех возможных направлениях развития АТ, а на тех, которые обладают максимальным мультипликативным эффектом для ключевых кластеров экономики Курской области, таких как горно-металлургический комплекс, машиностроение, АПК, приборостроение;

5. принцип обратной связи и адаптивности, обеспечивающий возможность корректировки инструментов механизма на основе мониторинга ключевых показателей эффективности и учета быстро меняющейся конъюнктуры рынка аддитивных технологий.

Таким образом, концептуальная основа предлагаемого организационно-экономического механизма управления развитием АТ исходит из презумпции активного управления процессом диффузии инновационного развития АТ, где регион выступает не просто наблюдателем, а главным модератором и катализатором процессов технологической модернизации с использованием аддитивных технологий (рисунок 45).

Источник: составлено автором

Рисунок 45 – Организационно-экономический механизм как инструмент управления развитием АТ региона

Организационно-экономический механизм представляет собой инструмент управления, интегрирующий макро-, мезо- и микроуровни. Организационно-экономический механизм базируется на адаптированном цикле Деминга PDCA как методе непрерывного улучшения процессов, и охватывает четыре стадии инновационного цикла:

1 этап – Генерация знаний и разработка включает фундаментальные и прикладные исследования (совместные проекты ЮЗГУ, КГУ и предприятий), разработка новых материалов (ООО «НПО Композит») и цифровых моделей (АО «Счетмаш»);

2 этап – Трансфер и внедрение объединяет процессы коммерциализации, адаптации технологий под запросы промышленности. Здесь критически важна поддержка первых «пилотных» внедрений, например, для АО «Курскхимволокно» или агрохолдинга «Мираторг»;

3 этап – Производство и диффузия» содержит процессы масштабирования успешных решений на другие предприятия отрасли (например, тиражирование опыта КЭАЗ в приборостроении), формирование устойчивого спроса;

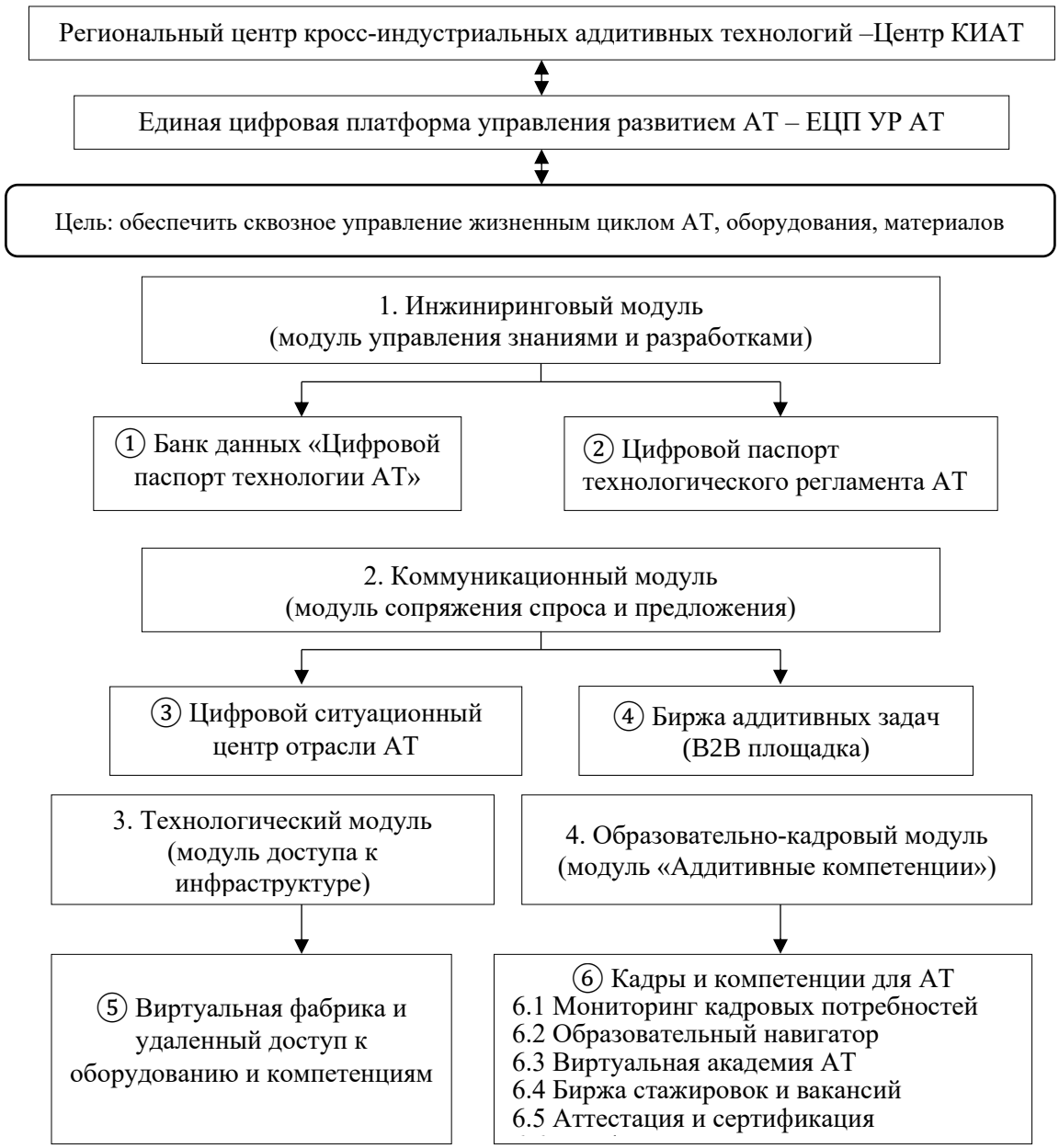
4 этап – Оценка и обратная связь» охватывает мероприятия по мониторингу эффективности реализованных проектов, анализ барьеров (на основе повторных опросов) и корректировку региональной политики.

Интеграцию всех стадий инновационного цикла в единый управленческий контур обеспечивает Единая цифровая платформа управления развитием АТ (далее – ЕЦП УР АТ), выступающая системообразующим ядром механизма.

ЕЦП УР АТ является системным интегратором, обеспечивая сбор данных, аналитику, координацию участников и обратную связь для корректировки региональной политики (рисунок 46).

Единая цифровая платформа обеспечивает переход от дискретного взаимодействия участников развития АТ к непрерывному и прозрачному управлению, Платформа выполняет функцию мета-инструмента, который

объединяет все блоки механизма в едином информационном пространстве, решая проблему фрагментарности.



Источник: составлено автором

Рисунок 46 – Единая цифровая платформа управления развитием АТ как цифровой интегратор инновационного развития региона

Цель ЕЦП УР АТ – обеспечить сквозное управление жизненным циклом аддитивных технологий и продуктов – от научной идеи до готового изделия на предприятии.

Структура ЕЦП УР АТ – четыре специализированных модуля, каждый со своим четким функционалом:

1. Инжиниринговый модуль – модуль управления знаниями и разработками, отвечает за накопление и стандартизацию знаний и включает:

а) банк данных «Цифровой паспорт технологии АТ». Для каждой прошедшей сертификацию разработки (деталь, материал, режим печати, метод постобработки) создается уникальный цифровой паспорт. Он содержит всю «цифровую генетику» продукта: 3D-модель, параметры печати, свойства материала, данные о прочности, термической обработке, результаты испытаний, сертификаты, ограничения по применению. Функции – это создание базы знаний, накопление Big Data, что в будущем позволит обучать нейросети для автоматической оптимизации процессов.

б) инструмент тактического управления «Цифровой паспорт технологического регламента АТ» – это настройка с банком данных, то есть инструмент для стандартизации процессов на конкретном предприятии. Он позволяет из готовых цифровых паспортов технологий собрать стандартную операционную карту для выпуска конкретного изделия, учитывая возможности конкретного оборудования. Это мост между «знанием вообще» и «применением здесь и сейчас». Выполняются функции снижение порога входа для предприятий, ускорение внедрения АТ за счет готовых, проверенных и стандартизированных решений.

2. Коммуникационный модуль – модуль сопряжения спроса и предложения для обеспечения баланса заказов технологичных предприятий и возможностей организаций АТ, который включает:

а) интегрирующий инструмент «Цифровой ситуационный центр отрасли АТ» – это «пульт управления» всей экосистемой или панель управления в реальном времени, с помощью которой учитываются задачи, поступившие от предприятий, какая мощность оборудования свободна в регионе, какие материалы есть на складах, какие новые разработки появились в вузах. Он объединяет информацию со всех модулей. Осуществляются функции

обеспечения прозрачности. Руководитель центра, предприятия-заказчики и организации АТ видят полную картину, что позволяет принимать быстрые и правильные управленческие решения. Например, может автоматически решаться проблема: "Поступил заказ на деталь из материала Х, но в регионе нет поставщика этого материала".

б) цифровая платформа «Биржа аддитивных задач» – B2B-площадка, на которой промышленное предприятие загружает техническое задание на деталь. Система с помощью встроенных алгоритмов топологической оптимизации автоматически анализирует возможность ее производства аддитивным методом, предлагает варианты облегчения/упрощения конструкции и формирует запрос в базу данных. Этот запрос автоматически рассылается подходящим производителям (сервисные бюро, центры АТ) в зависимости от их специализации, свободных мощностей и локации. Реализуется функция сокращение времени от идеи до производства, вовлечение в кооперацию малого и среднего бизнеса, снижение транзакционных издержек на поиск партнера.

3. Технологический модуль – модуль доступа к инфраструктуре включает виртуальную фабрику «Виртуальная фабрика и удаленный доступ к оборудованию и компетенциям». Цифровой интерфейс для физического оборудования. Предприятие или стартап, у которого нет дорогого промышленного 3D-принтера или сканера, может в личном кабинете платформы осуществить следующие действия:

- забронировать время на оборудовании в любом подключенном к платформе центре;
- загрузить свою модель для верификации инженерами центра;
- запустить печать в автоматическом режиме с онлайн-мониторингом процесса;
- заказать услуги экспертов (например, доработку модели под конкретную машину).

В этом модуле реализуется функция демократизации доступа к технологиям, устраняется главный барьер для малого бизнеса – высокая стоимость входа. Модуль позволяет эффективно загрузить оборудование, которое простаивает в вузах и НИИ.

4. Образовательно-кадровый модуль «Аддитивные компетенции», название которого отражать двойственную функцию: подготовка (образование) и актуализация (работа с кадрами). Это цифровая среда, обеспечивающая непрерывный цикл воспроизводства человеческого капитала для аддитивной отрасли: от профориентации школьников до повышения квалификации действующих инженеров и формирования кадрового заказа от предприятий. Функции модуля во взаимосвязи с показателями ИУРАТР представлены в таблице 49.

Таблица 49 – Функции образовательно-кадрового модуля во взаимосвязи с показателями ИУРАТР

	Функция	Содержание	Связь с показателями ИУРАТР
1	Мониторинг кадровых потреб-ностей АТ	Агрегация данных с предприятий о текущем и перспективном спросе на специалистов АТ (инженеры-технологи, операторы, дизайнеры). Формирование "тепловой карты" дефицитных компетенций по отраслям	ИЗНИ, ТЗНР, ЧИУС (косвенно, через анализ потребности в исследователях и техниках)
2	Образова-тельный навигатор АТ	Каталогизация всех образовательных программ по АТ в регионе (вузы, колледжи, ДПО, онлайн-курсы). Интеллектуальный подбор траектории обучения под запрос конкретного предприятия или соискателя	Прямая связь с образовательным потенциалом (логика блока 4)
3	Виртуальная академия АТ	Хранение и доступ к верифицированным учебным материалам, видео-лекциям, лабораторным работам в формате VR/AR. Проведение вебинаров с ведущими экспертами	Развитие образовательного потенциала
4	Биржа стажировок и вакансий АТ	Специализированный раздел для студентов и молодых специалистов. Предприятия размещают задания/стажировки, лучшие студенты получают приглашения. Интеграция с "Биржей задач" – студенты могут решать реальные ТЗ предприятий как учебные кейсы	ЧИУС, ИЗНИ (вовлечение молодых исследователей)

Продолжение таблицы 49

	Функция	Содержание	Связь с показателями ИУРАТР
5	Аттестация и сертификация АТ	Проведение независимой оценки квалификации специалистов по стандартам WorldSkills или отраслевым профстандартам. Выдача "цифровых паспортов компетенций", признаваемых всеми участниками платформы	Повышение качества кадрового потенциала
6	Вовлечение исследователей АТ	Создание профилей научных групп и отдельных ученых (ИЗНИ, ЧИУС) с их компетенциями и публикациями. Автоматический подбор исполнителей под НИОКР-задачи с "Биржи задач"	Прямая работа с ИЗНИ, ЧИУС

Источник: составлено автором

Функционирование разработанного организационно-экономического механизма развития АТ региона представляет собой непрерывный процесс, реализуемый по замкнутому циклу PDCA: анализ на основе ИУРАТР; планирование (корректировка дорожной карты); реализация проектов через платформу; контроль (мониторинг KPI); корректировка.

Эффективность механизма оценивается по его вкладу в достижение целевых значений ИУРАТР и его субиндексов (таблица 50).

Таблица 50 – Субиндексы ИУРАТР как показатели эффективности организационно-экономического механизма развития АТ региона

	Модуль цифровой платформы	Субиндекс ИУРАТР	Какие элементы механизма на это работают
1	Инжиниринговый модуль	I_наука (ВЗНР, ВЗПИ, РППТ)	Фонд развития АТ, гранты, субсидии на НИОКР напрямую увеличивают затраты на исследования и разработки
2	Технологический модуль	I_инфраструктура (УВТИ, УВЗИ, УВИР)	ЦКП, инжиниринговые центры, FabLab повышают инновационную активность организаций и долю инновационной продукц
3	Коммуникационный модуль	I_внедрение (ИППТ, ППРО)	Биржа задач, ситуационный центр стимулируют использование передовых технологий и промышленных роботов
4	Образовательно-кадровый модуль	I_кадры (ИЗНИ, ТЗНР, ЧИУС)	Образовательные программы, стажировки, гранты ученым увеличивают численность и качество исследователей и техников

Источник: составлено автором

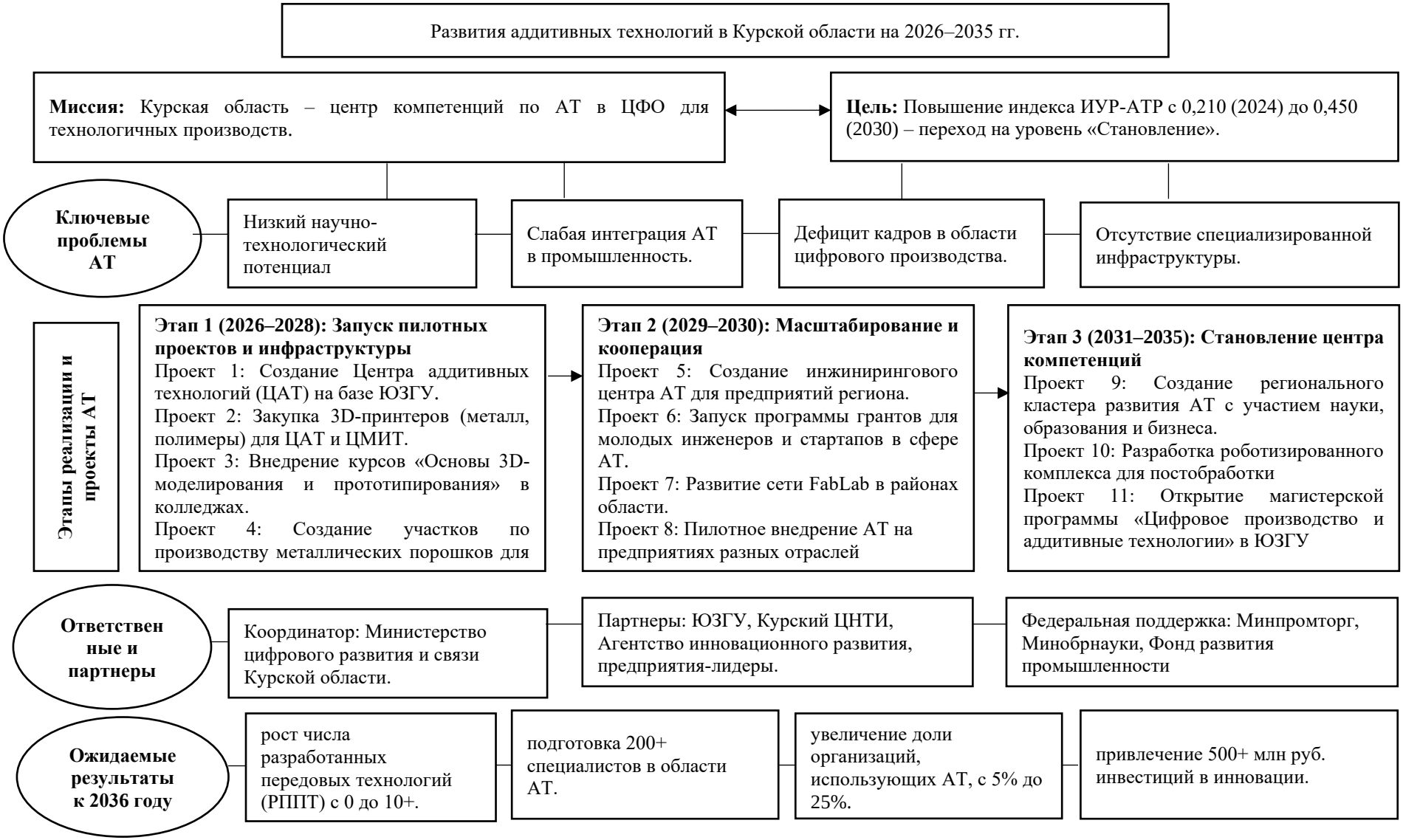
Каждый модуль единой цифровой платформы управления развитием АТ и каждый функциональный блок Центра КИАТ нацелены на реализацию конкретных задач новых национальных проектов и целевых показателей Стратегии-2030. Так, инжиниринговый модуль (банк данных «Цифровых паспортов технологий») и коммуникационный модуль («Биржа задач») создают инфраструктуру для реализации ННП «Экономика данных и цифровая трансформация», обеспечивая формирование национальных библиотек цифровых моделей и прозрачность рынка.

Технологический модуль («Виртуальная фабрика») и механизмы грантовой поддержки создают условия для вовлечения малого бизнеса, что соответствует задачам ННП «Эффективная и конкурентная экономика» по развитию малого инновационного предпринимательства. Наконец, ориентация на импортозамещение и экспортный потенциал, заложенная в механизме, обеспечивает вклад в достижение целевых показателей Стратегии-2030 по росту внутреннего производства и несырьевого экспорта.

Образовательно-кадровый модуль напрямую работает на достижение целей ННП «Кадры» и «Молодежь и дети», связывая систему подготовки специалистов с реальными потребностями промышленности.

Таким образом, предлагаемый организационно-экономический механизм развития АТ в НИС трансформирует региональную политику в сфере АТ из набора разрозненных мер в самокорректирующуюся систему управления развитием АТ, ориентированную на реальные запросы промышленности Курской области и обеспеченную инструментарием для их удовлетворения.

Далее автором предложена Дорожная карта развития аддитивных технологий в Курской области на период до 2035 года, которая служит для практической реализации разработанного организационно-экономического механизма развития АТ в НИС (рисунок 47). Представленная дорожная карта требует ресурсного обеспечения. Ниже приведена укрупненная оценка затрат на ее реализацию в рамках первого этапа (2026–2028 гг.)



Источник: разработано автором

Рисунок 47 – Дорожная карта стратегического развития АТ в Курской области на 2026–2035 гг.

Дорожная карта представляет собой не просто перечень мероприятий, а целостную систему, нацеленную на трансформацию региона из аутсайдера в центр компетенций развития АТ. Миссия карты – превращение Курской области в центр компетенций по АТ в ЦФО для технологичных производств. Цель – повышение ИУРАТР с 0,210 до 0,450 к 2030 году, что соответствует переходу на уровень «Становление». Реализация карты разбита на три этапа, сгруппированных по принципу наращивания сложности и масштаба решаемых задач.

Автором представлена детализация этапов реализации Дорожной карты.

Этап 1 (2026–2028 гг): Запуск пилотных проектов и инфраструктуры

Проект 1: Создание Центра аддитивных технологий (ЦАТ) на базе ЮЗГУ, КГУ, КГМУ. Проект 2: Закупка 3D-принтеров (металл, полимеры) для ЦАТ и ЦМИТ. Проект 3: Внедрение курсов «Основы 3D-моделирования и прототипирования» в колледжах. Проект 4: Создание участка по производству металлических порошков для АТ.

Этап 2 (2029–2030 гг.): Масштабирование и кооперация

Проект 5: Создание инжинирингового центра АТ для предприятий региона. Проект 6: Запуск программы грантов для молодых инженеров и стартапов в сфере АТ. Проект 7: Развитие сети FabLab в районах области. Проект 8: Пилотное внедрение АТ на 2–3 предприятиях разных отраслей

Этап 3 (2031–2035 гг.): Становление центра компетенций

Проект 9: Создание регионального кластера АТ с участием науки, образования и бизнеса. Проект 10: Разработка роботизированного комплекса для постобработки и запуск экспортно-ориентированных проектов. Проект 11: Открытие магистерской программы «Цифровое производство и аддитивные технологии» в ЮЗГУ.

Для оценки практической реализуемости предложенной дорожной карты проведена укрупненная оценка затрат на реализацию дорожной карты, то есть расчет необходимых инвестиций на первый этап (2026-2028 гг.),

который предполагает запуск пилотных проектов и создание базовой инфраструктуры (таблица 51).

Таблица 51 – Укрупненная смета затрат на реализацию 1-ого этапа дорожной карты (2026-2028 гг.)

№	Проект / Статья затрат	Ориентировочная стоимость, млн руб.	Источник / Обоснование
1	Создание Центра аддитивных технологий (ЦАТ) на базе ЮЗГУ (реконструкция помещений, закупка базового оборудования)	50–70	Анализ затрат на создание ЦКП «Аддитивные технологии» в Самаре (2023 г.)[311], в Казани (2023 г.)[312], ООО Русатом – Аддитивные технологии (2023 г.)[313]
2	Закупка промышленных 3D-принтеров (металл – SLM, полимеры – SLS, MJF)	80–120	Прайс-листы поставщиков (IMPRINTA, PICASO 3D) с учетом госзакупок; металлический принтер – от 25 млн руб., полимерный – от 15 млн руб.
3	Закупка настольных 3D-принтеров и сканеров для ЦМИТ и FabLab (5–7 точек в области)	10–15	Прайс-листы (PICASO 3D, RangeVision, бюджетные аналоги)
4	Внедрение курсов «Основы 3D-моделирования и прототипирования» в 5 колледжах (закупка оборудования, повышение квалификации)	8–12	Оценка затрат на аналогичные программы в Белгородской и Тульской областях
5	Создание участка по производству металлических порошков (пилотный)	30–50	Совместно с ООО «Русатом Аддитивные Технологии» (кооперация, НИОКР)
6	Разработка и внедрение Единой цифровой платформы (ЕЦП УР АТ) – 4 модуля	15–25	Аутсорсинг разработки ПО (ситуационный центр, биржа задач, виртуальная фабрика)
	Итого по этапу 1	193–292	

Источник: составлено автором

[311] В Самаре открыли центр аддитивного производства / Российская газета. 21.11.2023 // Режим доступа: https://rg.ru/2023/11/21/reg-pfo/v-samare-otkryli-centr-additivnogo-proizvodstva. html?utm_referrer= https %3A %2F% 2Falice. yandex.ru (Дата обращения 21.03.2026 г.)

[312] В Казани обсудили перспективы внедрения аддитивных технологий в производство / Российская газета. 20.11.2023 // Режим доступа: https://rg.ru/2023/11/20/reg-pfo/v-kazani-obsudili-perspektivy-vnedreniia-additivnyh-tehnologij-v-proizvodstvo.html (Дата обращения 21.03.2026 г.)

[313] Комплексная научно-техническая программа полного инновационного цикла «Аддитивные технологии. Новые материалы и технологические процессы» / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации/ Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом». 01.08.2023 // Режим доступа: https://kntp.ntr.ru/upload/iblock/c22/26fpa21lh5yydudia1tl93uoho81rgr6/Proekt-pasporta-predlozheniya-na-KNTP-AT.pdf (Дата обращения 21.03.2026 г.)

Расчет основан на анализе рыночных цен на оборудование, затрат на создание аналогичных центров коллективного пользования в регионах РФ, а также экспертных оценках специалистов в области аддитивных технологий.

Источники финансирования:

1. Федеральный бюджет (субсидии Минпромторга, Минобрнауки, гранты Фонда содействия инновациям) – до 50%;
2. Региональный бюджет Курской области (софинансирование, налоговые льготы) – до 30%;
3. Внебюджетные источники (средства предприятий-партнеров, платные услуги ЦАТ) – до 20%.

Ожидаемая экономическая эффективность (предварительная оценка):

– рост числа предприятий, использующих АТ, с 5% до 25% к 2030 г.;

– снижение затрат на закупку импортных запчастей для промышленных предприятий региона за счет реверс-инжиниринга и печати аналогов – ориентировочно 30–50 млн руб. в год;

– окупаемость Центра аддитивных технологий за счет коммерческих заказов (услуги печати, сканирования, инжиниринга) прогнозируется на 4–5 год работы.

Представленные оценки являются укрупненными и предварительными. Детальное финансово-экономическое обоснование требует отдельного проектного расчета на стадии формирования региональной программы развития АТ, однако приведенные данные демонстрируют принципиальную реализуемость дорожной карты в рамках существующих механизмов государственной поддержки (ФРП, нацпроекты, госпрограмма «Развитие промышленности»).

Разработанная Дорожная карта развития АТ в Курской области нацелена на решение локальных задач региона, однако ее реализация вносит непосредственный вклад в достижение общенациональных стратегических ориентиров. Целевое повышение ИУРАТР с 0,210 до 0,450 означает не просто улучшение позиций региона в рейтинге, а создание на его базе центра

компетенций АТ, способного генерировать добавленную стоимость, рабочие места и экспортный потенциал.

Прогнозируемые результаты реализации карты (рост числа разработанных передовых технологий с 0 до 10+, увеличение доли организаций, использующих АТ, с 5 % до 25 %, подготовка 200+ специалистов) напрямую корреспондируют с целевыми показателями Стратегии-2030 развития АТ по увеличению численности занятых в отрасли до 11,4 тыс. человек по инновационному сценарию и росту объема внутреннего рынка. Создание в регионе центра компетенций по приоритетным для ЦФО направлениям (сельскохозяйственное[314], энергетическое машиностроение) формирует базу для последующего экспорта технологий и услуг, что соответствует задачам ННП «Международная кооперация и экспорт».

Завершающим этапом разработки инструментария стала проекция организационно-экономического механизма на развитие предприятий Курской области, по которым ранее проведена диагностика. Цель данного этапа – проиллюстрировать возможности единой цифровой платформы развития АТ трансформировать деятельность реальных хозяйствующих субъектов с учетом их отраслевой специфики и уровня технологичности АТ.

Для этого разработана матрица реализации, в которой по вертикали интегрированы три уровня НИС (макро-, мезо-, микро-), а по горизонтали – четыре типа производств по уровню технологичности (от высоко- до низкотехнологичных). На пересечении этих координат расположены предприятия Курской области, для которых детализирован сценарий взаимодействия с ЕЦП УР АТ (таблица 52).

[314] Шарипов, И. И. Применение аддитивных технологий в производстве запасных частей для агропромышленного комплекса / И. И. Шарипов, С. Б. Хакимова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 207. – С. 509-517.

Таблица 52 – Матрица реализации ЕЦП УР АТ на предприятиях Курской области по уровням технологичности

	Технологичные производства	Предприятия Курской области	Взаимосвязь предприятий и развития АТ	Меры поддержки АТ в НИС	Реализация через механизм ЕЦП УР АТ
Макроуровень (федеральный уровень НИС, госполитика)					
1	Высоко-технологичные	НИИЦ (18 ЦНИИ) МО РФ, АО «НИИИ», АО «Авиа-автоматика», Курская АЭС	Печать уникальных компонентов для оборонки и атомной отрасли: детали с повышенной радиационной стойкостью, легкие сплавы для авионики, прототипы сложных узлов	Госзаказ на НИОКР через ГК "Росатом", "Ростех", Минобороны. Целевое финансирование центров компетенций АТ	Ситуационный центр (коммуникационный модуль) агрегирует данные о загрузке мощностей НИИЦ, АЭС, «Авиаавтоматики». Анализирует, какие детали они закупают по импорту, и формирует задания для "Биржи задач" на их реверс-инжиниринг и печать силами местных сервисных центров (категория 2).
2	Средне-технологичные высокого уровня	КЭАЗ, «Электро-агрегат», «Рудо-автоматика», Курский аккуму-ляторный завод, «СОАТЭ»	Быстрое прототипирование новой продукции. Печать оснастки и технологической "мелочевки" (кондукторы, шаблоны). Мелкосерийное производство сложных корпусных деталей	Федеральные программы цифровизации ("Цифровая экономика"), субсидии Минпромторга на закупку оборудования	Банк данных (инжиниринговый модуль) накапливает "цифровые паспорта" удачных решений для электротехники. Заводы КЭАЗ и «Электроагрегат» загружают свои разработки в банк и получают роялти от их использования другими
3	Средне-технологичные низкого уровня	Михайловский ГОК, «СпецМаш», НПО «Композит»	Ремонт и восстановление изношенных деталей горного оборудования (наплавка, печать "заплаток"). Производство нестандартного крепежа	Адаптация ГОСТов под аддитивные методы ремонта для тяжелого машиностроения	Цифровой паспорт технологического регламента создает стандартную процедуру: "Как отремонтировать деталь экскаватора с помощью 3D-печати". Михайловский ГОК получает готовый, сертифицированный регламент
4	Низко-технологичные	«Конти-Рус», «Мираторг», «Вимм-Билль-Данн»	Печать уникальных форм для кондитерки, упаковки, пресс-форм для пищевой промышленности	Программы повышения квалификации в рамках нацпроектов	Виртуальная фабрика (технологический модуль) позволяет технологам «Конти-Рус» заказать печать пробной партии форм для печенья у местных сервисных бюро (категория 2), не покупая свой принтер

Продолжение таблицы 52

	Технологичные производства	Предприятия Курской области	Взаимосвязь предприятий и развития АТ	Меры поддержки АТ в НИС	Реализация через механизм ЕЦП УР АТ
МЕЗО (региональный уровень, отраслевые кластеры)					
5	Высоко-технологичные	НИИЦ, АО «НИИИ», Курская АЭС, «Авиа-автоматика»	Кооперация в рамках кластера "Радиоэлектроника и приборостроение". Обмен сложными заказами между оборонными предприятиями.	Региональные налоговые льготы для участников кластеров. Софинансирование создания ЦКП (центров коллективного пользования).	Центр кросс-индустриальных АТ (как инфраструктура) размещается на базе ЮЗГУ или КГУ. Биржа задач автоматически связывает НИИЦ (заказчик) с «НИИИ» (исполнитель), если у того есть свободные мощности
6	Средне-технологичные высокого уровня	КЭАЗ, «Рудоавтоматика», «Электроагрегат», Курский аккумуляторный завод, «Геомаш»	Формирование регионального хаба электротехнического машиностроения. Совместные закупки материалов для АТ.	Программа "Развитие промышленности Курской области" (субсидии на лизинг оборудования).	Платформа интегрируется с порталом Минпрома Курской области. Предприятие, подавая заявку на субсидию, сразу получает доступ к "Бирже задач" и "Банку данных" как бонус
7	Средне-технологичные низкого уровня	Михайловский ГОК, «СпецМаш», «Промтех-нология46», строительные компании	Пилотный проект "Аддитивный ремонт для горняков" на базе Михайловского ГОКа.	Региональные гранты на внедрение АТ для малого бизнеса (для «СпецМаша» и «Промтехнологии46») .	Ситуационный центр видит, что Михайловский ГОК ежемесячно тратит 10 млн на импортные запчасти. Запускает таргетированную кампанию: "СпецМаш", у вас есть ЧПУ-станки? хотите освоить 3D-сканирование и печать этих запчастей? Вот вам грант от области, вот ТЗ от ГОКа".
8	Низко-технологичные	«Конти-Рус», «Мираторг», «БИАКСПЛЕН», сахарные заводы	Информационные дни на базе ЦАТ. Показ возможностей для пищевиков: печать форм для шоколада, упаковки, бирок.	Повышение осведомленности через Торгово-промышленную палату	Виртуальная фабрика проводит ежемесячные вебинары. Технолог «БИАКСПЛЕНА» может удаленно наблюдать за печатью вала для своего оборудования и тут же заказать его

Продолжение таблицы 52

	Технологичные производства	Предприятия Курской области	Взаимосвязь предприятий и развития АТ	Меры поддержки АТ в НИС	Реализация через механизм ЕЦП УР АТ
Микроуровень (предприятия региона)					
9	Высоко-технологичные	АО «Авиаавтоматика» им. В.В.Тарасова	Внедрение АТ в полный цикл разработки авионики. Печать корпусов приборов с улучшенным теплоотводом.	Госзаказ на разработку новых приборов с использованием АТ.	Авиаавтоматика через Банк данных получает доступ к "цифровым паспортам" материалов, разрешенных в авиастроении. Через Биржу задач аутсорсинг печати прототипов простых кронштейнов, сосредотачиваясь на компетенциях АТ. Уникальные разработки загружает обратно в банк, зарабатывая репутацию и роялти
10	Средне-технологичные высокого уровня	АО «Курский электро-аппаратный завод» (КЭАЗ)	3D-печать оснастки для сборочных линий и корпусов новых автоматических выключателей	Внедрение АТ в рамках программы импортозамещения комплектующих	КЭАЗ загружает на Биржу задач ТЗ на печать партии сложных корпусов. Алгоритмы топологической оптимизации платформы предлагают вариант облегчения конструкции (экономия материала 20%). Платформа автоматически находит ближайшее сервисное бюро с подходящим принтером в срок 3 дня вместо 3 недель литья
11	Средне-технологичные низкого уровня	ООО «СпецМаш» (небольшое производство)	Печать редких запчастей для ремонта импортного оборудования своих заказчиков	Льготный займ Фонда развития промышленности на цифровизацию.	У «СпецМаш» сломался важный станок, ждать запчасть 2 месяца. Через Виртуальную фабрику находят свободный принтер в ЮЗГУ, платят за печать, через 2 дня получают деталь и запускают станок. Экономия – 2 месяца простоя
12	Низко-технологичные	ООО «Курскобувь»	Печать уникальных пуансонов и матриц для штамповки деталей обуви	Участие в программе "Выращивание" для поставщиков ритейла	Дизайнер «Курскобуви» создает 3D-модель новой колодки, через Виртуальную фабрику отправляет ее в ближайший FabLab, подключенный к платформе. Через день получает готовую колодку для примерки. Время разработки новой модели сокращается с месяцев до недель

Источник: разработано автором

Представленная матрица в таблице 52 демонстрирует, что разработанный механизм ЕЦП УР АТ создает условия для интеграции МСП в аддитивную кооперацию по трем сценариям:

По сценарию А «Аутсорсинг печати» предполагается, что малые предприятия («СпецМаш», «Курскобувь», «Конти-Рус») используют Технологический модуль платформы («Виртуальная фабрика») для заказа печати прототипов, оснастки или запчастей у сервисных центров, не приобретая собственное оборудование. Это снимает ключевой экономический барьер.

По сценарию Б «Использование ЦКП» стартапы и малые инновационные предприятия получают через Технологический модуль удаленный доступ к дорогостоящему промышленному оборудованию ЦКП на базе ЮЗГУ, такой как «Виртуальная фабрика», удаленная печать. Это решает проблему отсутствия доступа к металлической 3D-печати (PBF/SLM).

По сценарию В «Кадровый лизинг» через Образовательно-кадровый модуль МСП могут привлекать студентов и выпускников для выполнения реальных технических задач, например на «Биржа задач» решение ТЗ как учебный кейс, частично компенсируя дефицит квалифицированных инженеров-технологов.

Таким образом, в отличие от крупных корпораций, для которых АТ являются инструментом технологического суверенитета и полного производственного цикла, для МСП аддитивные технологии выступают прежде всего инструментом снижения порога входа в высокотехнологичное производство, что достигается через сервисные модели и доступ к общей инфраструктуре, заложенные в разработанном организационно-экономическом механизме управления развитием АТ.

Проведенная апробация в матрице реализации ЕЦП УР АТ на предприятиях-потребителях АТ Курской области по уровням технологичности позволяет сделать ряд принципиальных выводов, подтверждающих практическую значимость разработанного инструментария:

- полнота охвата означает, что организационно-экономический механизм и единая цифровая платформа иллюстрируют работоспособность предприятий всех уровней технологичности – от высокотехнологичных (АО «Авиаавтоматика») до низкотехнологичных (ООО «Курскобувь»), что доказывает универсальность предложенного подхода;
- адресность решений подтверждает, что для каждого предприятия показан конкретный сценарий использования единой цифровой платформы, учитывающий его отраслевую специфику: для высокотехнологичных производств – доступ к уникальным материалам и компетенциям через Банк данных; для среднетехнологичных – сокращение производственных циклов через Биржу задач и топологическую оптимизацию; для низкотехнологичных – свободный доступ к технологиям через Виртуальную фабрику;
- сквозное действие обосновано тем, что в рамках матрицы иллюстрируются федеральные программы импортозамещения, принимаемые на макроуровне, региональные гранты на мезоуровне, которые транслируются через платформу на микроуровень, трансформируя деятельность конкретных предприятий, например, ускорение разработки инновационных проектов на КЭАЗ, ремонт оборудования на «СпецМаш»;
- подтверждение гипотезы основано на том, что разработанный инструментарий действительно позволяет перейти от фрагментарного, точечного стимулирования АТ к системному управлению их развитием, интегрируя усилия государства, бизнеса, науки и образования в едином цифровом контуре. Представленная матрица реализации ЕЦП развития АТ служит эмпирическим подтверждением этого тезиса.

Завершающим этапом исследования стал анализ того, как разработанный на примере Курской области инструментарий вписывается в более широкий контекст формирования национальной отрасли аддитивных технологий. Если на предшествующих этапах автором показана способность механизма решать локальные задачи региона, то далее проиллюстрирован

потенциал организационно-экономического механизма как инструмента реализации стратегических целей национального инновационного уровня развития АТ.

Апробация разработанного инструментария на предприятиях-потребителях Курской области подтвердила его работоспособность на региональном уровне. Однако потенциал предложенного подхода не ограничивается рамками отдельного субъекта РФ. Для оценки системного влияния ЕЦП УР АТ на развитие аддитивных технологий в масштабах страны необходимо рассмотреть взаимодействие платформы с ключевыми участниками формирующейся российской аддитивной отрасли. В параграфе 2.3 предложена классификация организаций АТ, объединяющая всех участников рынка в пять категорий (Приложение К).

Способность ЕЦП УР АТ интегрировать в единый контур пять категорий участников российского аддитивного рынка, независимо от их географического расположения, создает условия для превращения совокупности разрозненных игроков в целостную, самовоспроизводящуюся систему. Именно это и является институциональной основой для достижения стратегических целей, заложенных в новых национальных проектах и Стратегии-2030 развития АТ.

Автором подчеркивается, что выход на национальный уровень инновационной системы в рамках ЕЦП УР АТ региона – это инструмент реализации федеральной Стратегии развития АТ. В этой связи ЕЦП УР АТ выполняет не просто сервисные, но и институциональные функции, выступая катализатором превращения совокупности разрозненных участников-производителей в целостную отрасль (таблица 53).

Таблица 53 – Функционал ЕЦП УР АТ для решения проблем организаций-участников развития АТ

	Категория участников АТ	Проблема, которую решает ЕЦП УР АТ	Модули ЕЦП УР АТ, задействованные для решения	Функции ЕЦП УР АТ по развитию участников АТ
1	Производители оборудования и систем АТ	Слабый маркетинг, неясно, под какие задачи рынка разрабатывать новые модели, сложно найти заказчиков	Коммуникационный модуль (Ситуационный центр, Биржа задач)	Анализирует, какие детали и материалы чаще всего ищут предприятия.
	Сервисные центры АТ и производство на заказ	Неравномерная загрузка мощностей (то простой, то аврал). Сложно найти клиентов за пределами своего пула	Коммуникационный модуль (Биржа задач)	Получают заказы в автоматическом режиме, видят рейтинг задач, могут гибко планировать загрузку
			Технологический модуль (Удаленный доступ)	Могут сдавать свое оборудование в аренду «в удаленку», когда у них самих нет заказов
3	Научно-производственные и государственные центры АТ	Разработки (цифровые паспорта технологий) остаются внутри центра и не коммерциализируются. Оборудование часто простаивает	Инжиниринговый модуль (Банк данных):	Загружают свои «Цифровые паспорта технологий» в общую базу, получая за это роялти или рейтинг
			Технологический модуль	Сдают уникальное оборудование в лизинг через «Виртуальную фабрику», окупая его стоимость
	Поставщики, дистрибьюторы, интеграторы АТ	Трудно прогнозировать спрос на материалы и комплектующие	Коммуникационный модуль (Ситуационный центр)	Видит в реальном времени, какие материалы заканчиваются на складах у производителей (категория 1) и сервисных центров (категория 2), и какие задачи (Биржа задач) требуют определенных материалов. Могут строить точные прогнозы продаж.
	Разработчики ПО для АТ	Нет полигона для тестирования и валидации своего ПО на реальных производственных задачах	Вся платформа как полигон развития АТ	Разработчик может подключить свой софт к платформе, протестировать его на задачах с «Биржи», используя данные из «Банка данных» и удаленно запуская печать (Технологический модуль). Получает бесценный опыт и сертификацию

Источник: составлено автором

Разработанный организационно-управленческий инструментарий обеспечивает сопряжение региональной политики с приоритетами развития аддитивных технологий как критически-сквозной отрасли национальной инновационной системы, переход от фрагментарного взаимодействия участников аддитивной отрасли к их системной кооперации в рамках единого цифрового контура. Это позволяет не только синхронизировать интересы всех пяти категорий игроков, но и создать самовоспроизводящуюся систему, где генерация знаний (инжиниринг) стимулирует появление рыночных задач (коммуникации), которые решаются с помощью доступной инфраструктуры (технологии), что в совокупности обеспечивает ускоренное развитие отрасли АТ, трансформацию региональной экономики и укрепление технологического суверенитета НИС.

Однако наиболее полное представление о системообразующем потенциале платформы дает анализ ее взаимодействия с конкретными, наиболее репрезентативными представителями каждой категории российского аддитивного рынка. Результаты такого анализа представлены в таблице 54.

Таким образом, благодаря функционалу ЕЦП УР АТ обеспечивается взаимодействие пяти категорий участников с субъектами развития АТ Курской области, что позволяет преодолевать фрагментарность и инициировать процессы отраслеобразования в национальном инновационном масштабе:

1. Формирование устойчивых кооперационных связей развития АТ происходит через механизм «Биржи задач» и коммуникационный модуль, где возникают повторяющиеся хозяйственные взаимодействия между заказчиками и исполнителями АТ, что является основой любого отраслевого рынка. Производители оборудования АТ (категория 1) получают доступ к агрегированному спросу, а сервисные центры АТ (категория 2) – к стабильному потоку заказов.

Таблица 54 – Институциональная матрица взаимодействия ЕЦП УР АТ с организациями развития АТ НИС России

	Организации развития АТ	Проблемы организаций по АТ	Модули ЕЦП	Действия цифровой платформы по решению проблемы	Новые возможности для организации АТ
Категория 1: Производители промышленного оборудования и систем АТ					
1	Am.Tech (Москва) производит 3D-принтеры, в т.ч. металлические	Слабый маркетинг, сложно найти заказчиков за пределами столицы. Неясно, какие именно принтеры разрабатывать – рынок дает противоречивые сигналы. Высокая стоимость продвижения	Коммуникационный модуль (Ситуационный центр, Биржа задач) Инжиниринговый модуль (Банк данных))	Ситуационный центр анализирует все запросы с "Биржи задач" и выдает отчет: "В 2025 году 40% запросов требуют печати жаропрочным титаном, но оборудование Am.Tech не покрывает этот сегмент". Банк данных показывает, какие техрегламенты чаще всего скачивают	Am.Tech получает рыночную аналитику для R&D. Может выйти на "Биржу задач" с предложением "купите наш принтер" под конкретные задачи, которые там зависли
2	PICASO 3D (Москва) – лидер в полимерной 3D-печати	Острая конкуренция в сегменте настольных принтеров. Сложно выйти в промышленный сегмент – нет связей с заводами	Коммуникационный модуль (Биржа задач) Технологический модуль (Виртуальная фабрика)	Биржа задач агрегирует запросы от заводов (КЭАЗ, «Электроагрегат») на печать крупногабаритных полимерных деталей. PICASO видит эти запросы и может предложить свое промышленное решение. Виртуальная фабрика позволяет PICASO подключить свои принтеры к платформе и сдавать их в "аренду по запросу", получая доход от простаивающих мощностей	Выход на промышленных заказчиков, монетизация простаивающего оборудования, бенчмаркинг своих принтеров в реальных задачах
3	xWELD (Москва) – производство оборудования для сварки и наплавки	Технология близка к АТ (прямой подвод энергии), но рынок воспринимает xWELD как "сварщиков", а не как "аддитивщиков".	Коммуникационный модуль (Ситуационный центр) Инжиниринговый модуль (Цифровой	Ситуационный центр видит растущий тренд запросов на ремонт и восстановление деталей (от Михайловского ГОКа, «СпецМаша»). Платформа подсвечивает xWELD эту нишу. Инжиниринговый модуль позволяет xWELD совместно с НИИ (категория 3) разработать	Перепозиционирование на рынке (выход в сегмент repair-on-demand), стандартизация своих услуг,

Продолжение таблицы 54

		Теряют заказы на восстановление деталей.	паспорт техрегламента)	стандартный техрегламент "Восстановление валов редукторов методом наплавки", разместить его в банке данных и получать заказы на его применение	увеличение загрузки
Категория 2: Сервисные центры АТ и аддитивное производство на заказ					
4	LIDER-3D (Москва)	Неравномерная загрузка мощностей: то простой, то аврал. Сложно найти клиентов за пределами Москвы. Нет системы для работы с большим количеством мелких заказов	Коммуникационный модуль (Биржа задач) Технологический модуль (Виртуальная фабрика)	Биржа задач – основной канал поступления заказов. LIDER-3D настраивает автоматическое получение ТЗ, подходящих под их оборудование. Виртуальная фабрика позволяет им сдавать свое оборудование в удаленный доступ предприятиям из регионов (например, «СпецМашу» из Курска), когда своего объема нет	Стабильный поток заказов, выход на межрегиональный рынок, эффективное планирование загрузки, снижение простоев
5	Фабрика братьев Просвирниных (Москва)	Высокая репутация, но работают в основном с "богатыми" нишевыми заказами. Сложно масштабироваться и выходить на серийное производство для промышленности	Коммуникационный модуль (Биржа задач) Инжиниринговый модуль (Банк данных)	Биржа задач открывает для них доступ к серийным промышленным заказам (например, печать партии кронштейнов для «Авиаавтоматики»). Банк данных позволяет им загружать свои уникальные "цифровые паспорта" сложных технологий печати и получать роялти, когда другие центры используют эти наработки	Масштабирование бизнеса, переход от штучного к серийному производству, монетизация интеллектуальной собственности
6	Металл-Спринт (Москва) – специализация на металлах	Высокая конкуренция в московском регионе. Нет доступа к федеральным заказчикам. Сложно прогнозировать потребность в материалах (порошках).	Коммуникационный модуль (Ситуационный центр, Биржа задач) Технологический модуль (Виртуальная фабрика)	Ситуационный центр анализирует все металлоемкие заказы и показывает "Металл-Спринт" окна возможностей в других регионах. Биржа задач приносит заказы от, например, Тульского завода. Виртуальная фабрика позволяет им арендовать уникальное оборудование у научных центров (категория 3) для выполнения сложных заказов, которые они не могут сделать на своем.	Расширение географии заказов, выход на сложные ниши без покупки дорогого оборудования, оптимизация складских запасов порошков.

Продолжение таблицы 54

Категория 3: Научно-производственные и государственные центры АТ					
7	АО «Центр аддитивных технологий» (Росатом) (Москва)	Мощнейшая экспертиза и оборудование, но загружены в основном внутренними задачами Росатома. Оборудование простаивает до 40% времени. Уникальные разработки не коммерциализируются вовне	Технологический модуль (Виртуальная фабрика) Инжиниринговый модуль (Банк данных)	Виртуальная фабрика позволяет Центру Росатома сдавать свое уникальное оборудование в удаленный доступ. Предприятия со всей страны могут печатать на нем детали, а Центр получает доход. Банк данных – площадка для коммерциализации разработок. Центр загружает свои "цифровые паспорта" технологий печати для атомной отрасли, и предприятия (например, Курская АЭС) могут их приобретать и использовать	Дополнительный доход от простаивающего оборудования, коммерциализация интеллектуальной собственности, укрепление статуса отраслевого центра компетенций
8	Керамет (Санкт-Петербург) – уникальные технологии печати керамикой	Уникальная, но очень нишевая технология. Огромный барьер входа для заказчиков – никто не знает, как проектировать под керамику. Нет массового спроса	Инжиниринговый модуль (Банк данных, Цифровой паспорт техрегламента) Образовательно-кадровый модуль	Инжиниринговый модуль позволяет "Керамет" создать библиотеку типовых решений: "Цифровые паспорта" керамических деталей для химической промышленности, медицины. Образовательно-кадровый модуль – площадка для проведения вебинаров и курсов "Проектирование для керамической 3D-печати", где "Керамет" обучает инженеров с предприятий и создает спрос на свои услуги	Формирование рынка под свою технологию, снижение барьера для заказчиков, создание сообщества инженеров, работающих с керамикой
9	СКБ-14 (Ижевск)	Сильный инжиниринговый центр, но территориально удален от основных рынков сбыта. Сложно конкурировать с московскими сервисными бюро за "быстрые" заказы	Коммуникационный модуль (Биржа задач) Технологический модуль (Виртуальная фабрика)	Биржа задач дает СКБ-14 доступ к заказам из любой точки России без необходимости иметь офис в Москве. Виртуальная фабрика позволяет им выполнять заказы для местных ижевских заводов, но при этом их мощности видны всей стране	Снятие географического барьера, выход на федеральный рынок, полная загрузка мощностей
Категория 4: Поставщики, дистрибьюторы и интеграторы АТ					
10	IMPRINTA (Москва)	Трудно прогнозировать спрос на материалы и	Коммуникационный модуль	Ситуационный центр в реальном времени анализирует, какие материалы и в каких	Точное прогнозирование

Продолжение таблицы 54

		оборудование. Завозят под склад, а спрос может оказаться в другом сегменте. Нет обратной связи от конечных пользователей	(Ситуационный центр)	объемах запрашиваются на "Бирже задач", какие типы принтеров ищут заказчики. IMPRINTA видит эти данные и может строить точные прогнозы закупок, формировать "горячие" предложения	спроса, оптимизация складских запасов, снижение издержек, предложение рынку
11	RangeVision (Москва) – производство 3D-сканеров	Рынок 3D-сканирования растет, но разрознен. Потенциальные клиенты не понимают, как сканеры интегрируются с аддитивным производством. Сложно продавать сложное техническое решение без демонстрации полного цикла	Технологический модуль (Виртуальная фабрика) Инжиниринговый модуль (Банк данных)	Виртуальная фабрика становится демонстрационной площадкой. RangeVision может предложить услугу: "Загрузите объект для сканирования на платформу, мы отсканируем (сами или через партнеров), создадим цифровую модель и сразу напечатаем". Клиент платит за результат, а не за "черный ящик". Банк данных позволяет связывать сканы с цифровыми паспортами деталейданных)	Рост продаж за счет демонстрации ценности (результат, а не инструмент), интеграция в экосистему, партнерства с сервисными бюро.
Категория 5: Разработчики программного обеспечения					
12	Siu Sistem (Москва/СПб) Comsol, ADEM, разработчики CAM-модулей	Нет полигона для тестирования ПО на реальных производственных задачах. Сложно сертифицировать софт под конкретное оборудование. Нет обратной связи от инженеров-технологов.	Вся платформа как единый полигон	Разработчик подключает свое ПО к платформе через API. Платформа предоставляет доступ к "Банку данных" (цифровые паспорта) и "Бирже задач". Разработчик может предложить свое решение для автоматической генерации управляющих программ под задачи с биржи. Успешные решения получают рейтинг и рекомендации. Технологический модуль позволяет удаленно запускать печать по сгенерированной программе и валидировать результат	Доступ к тысячам реальных задач для тестирования и доработки ПО, ускоренная сертификация, прямой доступ к целевой аудитории, обратная связь от рынка

Источник: разработано автором

2. Создание отраслевых стандартов и баз знаний развития АТ – инжиниринговый модуль («Цифровые паспорта технологий») аккумулирует и стандартизирует лучшие практики, превращая индивидуальный опыт отдельных компаний в общеотраслевое достояние. Научные центры (категория 3) получают механизм коммерциализации разработок, а их компетенции становятся доступны всей отрасли.

3. Обеспечение циркуляции кадров и компетенций АТ происходит через образовательно-кадровый модуль, что связывает систему подготовки специалистов с реальными потребностями производства, создавая единый рынок труда в сфере АТ и обеспечивая его необходимой инфраструктурой воспроизводства человеческого капитала.

4. Синхронизация спроса и предложения АТ – ситуационный центр позволяет видеть «картину целиком», давая производителям оборудования и поставщикам материалов (категории 1 и 4) информацию для стратегического планирования, а потребителям – прозрачность рынка и возможность выбора оптимального исполнителя.

5. Создание полигона для развития аддитивных технологий – разработчики ПО (категория 5) получают доступ к реальным производственным задачам для тестирования и валидации своих продуктов, что ускоряет развитие цифрового инструментария всей отрасли.

Для оценки экономической целесообразности внедрения АТ на предприятиях различного уровня технологичности проведен расчет ключевых эффектов. Расчеты основаны на данных анкетирования предприятий Курской области (Приложение Т), анализе производственных циклов и рыночных цен на оборудование и материалы (таблица 55).

Наиболее быстрый и измеримый эффект – сокращение времени (прототипирование, ремонт). Это критически важно для предприятий с длинными производственными циклами.

Таблица 55 – Ожидаемые экономические эффекты от внедрения АТ на предприятиях (укрупненная оценка)

	Эффект	Тип предприятия / сценарий	Расчетное значение	Источник обоснования
1	Сокращение времени производства прототипа	Машино-строение (КЭАЗ, «Электро-агрегат»)	с 3–4 недель до 2–3 дней	Данные анкетирования, сравнение с традиционным прототипированием
2	Снижение затрат на закупку импортных запчастей	АПК («Мираторг»), горная промышлен-ность (Михайловский ГОК)	30–50 млн руб./год в расчете на одно крупное предприятие	Анализ импортных закупок, стоимость реверс-инжиниринга
3	Экономия материала (по сравнению с субтрактивными методами)	Авиастроение, металло-обработка	До 60–90% (для деталей сложной формы)	Теоретические данные (таблица 5)
4	Снижение времени простоя оборудования (ремонт)	Машино-строение («СпецМаш»)	с 2–3 месяцев до 2–5 дней	Кейс «СпецМаш» – печать запчасти на заказ через Виртуальную фабрику
5	Окупаемость Центра аддитивных технологий (ЦАТ)	Региональный ЦКП (на базе ЮЗГУ)	4–5 лет	Анализ загрузки оборудования (40–60%), среднерыночных цен на услуги печати
6	Рост производительности труда	Среднет-ехнологичные производства	15–25%	Оценка на основе сокращения времени на оснастку и логистику

Источник: составлено автором

Финансовый эффект наиболее значим для предприятий, зависящих от импортных запчастей (АПК, горная промышленность). Окупаемость 3D-принтера для таких задач может составлять менее года.

Окупаемость ЦКП (4–5 лет) является приемлемой для инфраструктурных проектов, особенно с учетом бюджетного софинансирования.

Представленные оценки являются предварительными; для каждого конкретного предприятия требуется детальный расчет ТСО (совокупной стоимости владения)

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что разработанная ЕЦП УР АТ является связующим звеном между локальными промышленными задачами региона и участниками-производителями аддитивного рынка НИС. Для каждой категории участников АТ на основе платформы предлагаются уникальные возможности:

– производители оборудования АТ (категория 1) получают доступ к аналитике реального спроса;

– сервисные центры АТ (категория 2) – к новым заказам из регионов;

– научные центры АТ (категория 3) – к коммерциализации разработок в регионах;

– поставщики АТ (категория 4) – к точному прогнозированию спроса на технологичных предприятиях регионов;

– разработчики ПО АТ (категория 5) – к полигону предприятий региона для тестирования.

Таким образом, с помощью предлагаемого инструментария развития АТ создаются условия для органичной интеграции промышленных предприятий региона – потребителей АТ и участников-производителей АТ в формирующуюся национальную инновационную систему, что усиливает его практическую значимость.

Проведенное исследование позволяет сделать принципиальный вывод, выходящий за рамки прикладной задачи развития отдельного региона. Совокупность представленных в параграфе взаимосвязей иллюстрирует, что разработанная Единая цифровая платформа управления развитием АТ (ЕЦП УР АТ) выполняет не только сервисные, но и институциональные функции, выступая катализатором формирования аддитивной отрасли как целостной системы.

ЕЦП УР АТ выступает не только цифровым инструментом, но и институциональной матрицей, в рамках которой кристаллизуются устойчивые связи между участниками. Именно возникновение таких системных, воспроизводимых взаимодействий знаменует собой переход аддитивных технологий из стадии технологического эксперимента в стадию формирующейся отрасли национальной экономики. Предложенный инструментарий, следовательно, решает не только операционные задачи региона, но и стратегическую задачу структурирования и развития отечественного рынка аддитивных технологий в целом.

Таким образом, автором разработан организационно-управленческий инструментарий, обеспечивающий сопряжение региональной политики с приоритетами развития аддитивных технологий как критически-сквозной отрасли национальной инновационной системы, который, в отличие от существующих фрагментарных подходов, включает организационно-экономический механизм управления развитием АТ, интегрирует трехуровневую структуру НИС, функциональные блоки через единую цифровую платформу управления развитием АТ, выполняющую функцию "инновационного лифта", транслируя потребности и возможности региональной промышленности в задачи для развития отрасли АТ и обратно, внедряя отраслевые разработки АТ в реальный сектор экономики региона; и дорожную карту стратегической реализации АТ, включающую детализированный план развития АТ региона, взаимоувязанные проекты по созданию инфраструктуры, подготовке кадров, пилотному внедрению и коммерциализации АТ, что обеспечивает синергию ресурсов, трансфер знаний и разработок в едином контуре управления и создает практический алгоритм для трансформации региональной экономики, стимулирования спроса на продукцию отечественной аддитивной отрасли и укрепления технологического суверенитета НИС.

Выводы по 3 главе

В данном параграфе автором предложен и апробирован методический подход к количественной оценке уровня развития аддитивных технологий в регионах на основе расчета интегрального индекса уровня развития аддитивных технологий регионов в структуре НИС, отличительными особенностями которого является адаптация универсальной системы показателей к выявленной структуре факторов развития АТ; использование объективных статистических данных, обеспечивающих воспроизводимость и сопоставимость результатов; разработка шкалы интерпретации, что позволяет ранжировать регионы, идентифицировать их принадлежность по уровням развития АТ, выявлять ключевые диспропорции в развитии научно-технологического, кадрового, инфраструктурного и производственного потенциалов субъектов и обосновать рекомендации для органов управления развитием АТ в НИС.

Апробация по регионам ЦФО в 2020-2024 гг. подтвердила диагностическую ценность предложенного индекса и позволила выявить Курскую область как типичного представителя регионов с начальным уровнем развития, обладающего значительным нереализованным потенциалом.

Автором разработан организационно-управленческий инструментарий, обеспечивающий сопряжение региональной политики с приоритетами развития аддитивных технологий как критически-сквозной отрасли национальной инновационной системы, который, в отличие от существующих фрагментарных подходов, включает организационно-экономический механизм управления развитием АТ, интегрирующий трехуровневую структуру НИС, функциональные блоки через единую цифровую платформу управления развитием АТ, выполняющую функцию «инновационного лифта», транслируя потребности и возможности региональной промышленности в задачи для развития отрасли АТ и обратно, внедряя отраслевые разработки АТ

в реальный сектор экономики региона; и дорожную карту стратегической реализации АТ, содержащую детализированный план развития АТ региона, взаимоувязанные проекты по созданию инфраструктуры, подготовке кадров, пилотному внедрению и коммерциализации АТ, что обеспечивает синергию ресурсов, трансфер знаний и разработок в едином контуре управления и создает практический алгоритм для трансформации региональной экономики, стимулирования спроса на продукцию отечественной аддитивной отрасли и укрепления технологического суверенитета НИС.

Предложена укрупненная смета затрат на реализацию дорожной карты, демонстрирующая принципиальную реализуемость предложенных мероприятий в рамках существующих механизмов государственной поддержки.

Заключение

В диссертационной работе получены следующие теоретические, методические и прикладные результаты, имеющие значение для развития экономики инноваций в части обеспечения системной интеграции аддитивных технологий в национальную инновационную систему:

1. Разработана концептуальная модель развития АТ в НИС, интегрирующая макро-, мезо- и микроуровни системы в единый управленческий контур. Доказано, что ключевым условием эффективности модели является наличие замкнутой обратной связи на базе цифровой платформы, обеспечивающей трансляцию потребностей промышленности на уровень государственной политики. Уточнено понятие «аддитивные технологии» применительно к задачам экономики инноваций, обоснована их двойственная природа как сквозных и критических технологий, что углубляет теоретические представления о роли АТ в обеспечении технологического суверенитета и переходе к новому технологическому укладу.

2. Систематизированы и классифицированы барьеры развития АТ по двухмерной структуре (уровни НИС и функциональные компоненты: научно-технологический потенциал, внедрение, инфраструктура, кадры). Выявлено, что существующие меры поддержки носят фрагментарный характер и не учитывают многоуровневую специфику барьеров. Предложен дифференцированный комплекс мер государственного регулирования, ориентированный на точечное устранение препятствий на каждом уровне управления, что создает основу для перехода от разрозненных мер к целостной политике развития аддитивной отрасли.

3. На основе апробированного трехэтапного методического подхода к оценке потенциала АТ выявлено, что внутренний рынок АТ в РФ находится в фазе «бурного роста», однако его структура характеризуется несбалансированностью научно-технологического и производственного потенциалов.

4. Разработана и верифицирована методика расчета интегрального индекса уровня развития аддитивных технологий в регионах (ИУРАТР), на основе которой выявлены диспропорции регионального развития АТ, такие как низкий научно-технологический потенциал, дефицит кадров высшей квалификации, слабость инновационной инфраструктуры; обоснован выбор Курской области в качестве типичного представителя регионов с начальным уровнем развития для апробации практического инструментария.

5. Разработан организационно-управленческий инструментарий развития АТ на региональном уровне, включающий организационно-экономический механизм, ядром которого выступает Единая цифровая платформа управления развитием АТ (ЕЦП УР АТ), выполняющая функцию «инновационного лифта» между потребностями промышленности и задачами отрасли; дорожную карту развития АТ в Курской области на период до 2035 г., содержащую 11 взаимоувязанных проектов, сгруппированных в три этапа (запуск инфраструктуры, масштабирование, становление центра компетенций). Разработана институциональная матрица взаимодействия ЕЦП УР АТ с организациями развития АТ, доказывающая потенциал платформы для тиражирования на национальном уровне и формирования устойчивых кооперационных связей в аддитивной отрасли, а также определена укрупненная смета затрат на I этап реализации дорожной карты (193–292 млн руб.), что позволяет региональным органам власти оценить бюджетные потребности при формировании соответствующих программ.

Проведенное исследование позволяет сформулировать ряд **практических рекомендаций**: органам государственного управления на макроуровне необходимо учитывать выделенные в работе стратегические «точки входа» для импортозамещения: целевая поддержка производства металлических порошков (титан, жаропрочные сплавы), разработка отечественного оборудования для DED-технологий и создание роботизированных комплексов для постобработки; региональным органам власти и институтам развития (на примере Курской области) принять

разработанную дорожную карту развития АТ в качестве основы для формирования региональной политики в сфере новых производственных технологий, обеспечив ее ресурсное и институциональное сопровождение, создать Региональный центр кросс-индустриальных аддитивных технологий (РЦ КИАТ) на базе одного из ведущих вузов (ЮЗГУ или КГУ) с наделением его функциями оператора Единой цифровой платформы управления развитием АТ; промышленным предприятиям рекомендовано использовать сервисные модели доступа к АТ через взаимодействие с ЕЦП УР АТ для снижения порога входа и оценки экономической эффективности технологий перед осуществлением капитальных инвестиций.

Дальнейшие исследования могут быть развиты **по следующим направлениям**: совершенствование системы показателей оценки уровня развития АТ с учетом отраслевой специфики и появления новых технологических решений; разработка методик оценки экономической эффективности внедрения АТ на предприятиях различного масштаба и технологичности; развитие функционала Единой цифровой платформы управления развитием АТ, включая внедрение элементов искусственного интеллекта для прогнозирования спроса, оптимизации загрузки оборудования и подбора оптимальных технологических решений; исследование возможностей интеграции платформы с иными государственными и отраслевыми информационными системами; проведение углубленных исследований эффективности предложенного инструментария в других регионах РФ, а также в отдельных высокотехнологичных отраслях (авиастроение, двигателестроение, медицина) для выявления отраслевой специфики управления развитием АТ.

Список литературы

1. Абраменко, Ю. С. Применение основных коэффициентов технологичности при использовании аддитивных технологий / Ю. С. Абраменко, Е. А. Курсевич // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2025. – № 1. – С. 42-48.

2. Абраменко, Ю. С. Трудоемкость как показатель технологичности при изготовлении изделий методами аддитивной технологии / Ю. С. Абраменко, В. А. Акушевич, Е. А. Курсевич // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2025. – № 4. – С. 41-43.

3. Абрамов, И. В. Бизнес-модели с использованием аддитивных технологий: особенности и возможности / И. В. Абрамов, В. И. Абрамов // Цифровая экономика: перспективы развития и совершенствования : Сборник научных статей 3-й Международной научно-практической конференции, Курск, 30 июня 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 17-23.

4. Абрамов, И. В. Обеспечение развития аддитивных технологий в России в условиях санкций / И. В. Абрамов, Ю. Д. Лукина, В. И. Абрамов // Russian Economic Bulletin. – 2022. – Т. 5, № 4. – С. 198-204. – EDN ZJVLWN.

5. Абрамов, И. В. Управление цифровым аддитивным производством: особенности и перспективы / И. В. Абрамов // Экономика и управление. – 2023. – Т. 29, № 5. – С. 574-580.

6. Абрамов, И. В. Центры аддитивных технологий - драйверы цифровой трансформации экономики / И. В. Абрамов, В. И. Абрамов // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 1325-1344.

7. Абрашкин, М. С. Организационно-экономический механизм инновационного развития наукоемких промышленных предприятий / М. С. Абрашкин, М. С. Старикова, М. Я. Веселовский // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 7. – С. 281-286.

8. Авилова, В. В. Промышленная интеллектуальная собственность как основа обеспечения технологического суверенитета страны: региональный уровень создания и введения в оборот / В. В. Авилова // Вопросы региональной экономики. – 2025. – № 3(64). – С. 11-16.

9. Авилова, В. В. Роль региональной локализации промышленных комплексов в условиях построения технологического суверенитета / В. В. Авилова // Вопросы региональной экономики. – 2024. – № 3(60). – С. 10-18.

10. Авилова, В. В. Теоретические аспекты перехода к новому технологическому укладу: характеристические черты и возможные сценарии / В. В. Авилова // Вестник Российского университета кооперации. – 2023. – № 3(53). – С. 9-11.

11. Аддитивное производство как инструмент снижения отходов и перехода к зеленому строительству / Ю. Г. Молчанова, Т. С. Борисова, И. М. Ходжакурбанов [и др.] // Экономика строительства. – 2026. – № 2. – С. 650-654.

12. Аддитивное производство методом электродуговой наплавки проволоки / А. В. Свиридов, О. В. Фомичева, Е. В. Голев, О. Е. Козырева // Труды ВИАМ. – 2025. – № 6(148). – С. 31-45. – DOI 10.18577/2307-6046-2025-0-6-31-45.

13. Аддитивное производство полимер-керамических материалов методом послойного наплавления материала (FDM-технология): Обзор / А. И. Зайцев, А. В. Сотов, А. Э. Абдрахманова, А. А. Попович // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2024. – Т. 18, № 6. – С. 77-88. – DOI 10.17073/1997-308X-2024-6-77-88.

14. Аддитивные технологии в ОКБ Сухом – Кафедра ТиСАПРМП // Режим доступа: https://tsaprmp.imtm.info/2023/03/10/аддитивные-технологии-в-окб-сухом/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

15. Аддитивные технологии в целевом обучении студентов инженерно-технических направлений подготовки / И. Д. Белоновская, А. И. Сердюк, Е. М.

Езерская, К. С. Романенко. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2018. – 116 с.

16. Аддитивные технологии и реверс-инжиниринг. Обзор и применимость / Е. К. Зорин, Ю. О. Даринцева, М. Р. Миннибаев [и др.] // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2025. – № 5. – С. 99-125.

17. АНО «Центр "Мой бизнес" Курской области» // Режим доступа: https://fasie.ru/kursk/(Дата обращения 21.03.2026 г.).

18. АО "Полема" – завод порошковой металлургии // Режим доступа: https://polema.net/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

19. АО «Лазерные системы» / Разработка высокотехнологичного оборудования в Санкт-Петербурге // Режим доступа: https://www.lsystems.ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

20. Армашова-Тельник, Г. С. Аддитивные технологии: новационный эффект в промышленности / Г. С. Армашова-Тельник, П. Н. Соколова, Д. В. Дегтерев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82, № 4(86). – С. 347-353.

21. Ассоциация развития аддитивных технологий – официальный сайт // Режим доступа: https://aatd.ru/members/ (Дата обращения 21.03.2026 г.)

22. Бабкин, А. В. Анализ современного состояния и перспективы развития аддитивных технологий в цифровой экономике / А. В. Бабкин, Д. В. Воронов // Развитие цифровой экономики в условиях деглобализации и рецессии. – Санкт-Петербург : Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2019. – С. 96-113.

23. Балановский, А. Е. Прототипирование металлических изделий различной формы методом аддитивной наплавки / А. Е. Балановский, В. Ю. Конюхов, Т. А. Опарина // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2025. – Т. 81, № 3. – С. 18-23.

24. Барсегян, Н. В. Современные направления инновационных разработок в организации энергоресурсосберегающих производств / Н. В.

Барсегян, А. И. Шинкевич, Р. Р. Зарипова // Инновационная деятельность. – 2025. – № 4(75). – С. 5-15.

25. Басистый, С. Г. Инструменты государственной поддержки развития аддитивных технологий в регионе / С. Г. Басистый, Е. К. Новосельская, Е. Ю. Ковалева // Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2023. – № 2(170). – С. 72-76.

26. Басистый, С. Г. Основные положения организации разработки программы полного инновационного цикла развития аддитивных технологий в регионе / С. Г. Басистый, Е. К. Новосельская, Н. К. Новосельский // Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2023. – № 2(170). – С. 85-90.

27. Беляева, Е. С. Факторы оценки уровня цифровизации управления национальной инновационной системой / Е. С. Беляева, Е. Ю. Ершова, Ю. В. Апалькова // Естественно-гуманитарные исследования. – 2023. – № 3(47). – С. 385-387.

28. Бессонова, Е. А. Национальный экономический суверенитет в цифровую эпоху: региональный аспект / Е. А. Бессонова, А. О. Бабичев, Н. В. Жахов. – Курск : ЗАО «Университетская книга», 2025. – 318 с. – ISBN 978-5-00261-610-7.

29. Бодрунов, С. Д. За пределами современного капитализма: знание, технологии, ноономика / С. Д. Бодрунов // Ноономика и нообщество. Альманах трудов ИНИР им. С.Ю. Витте. – 2024. – Т. 3, № 3. – С. 13-26.

30. Борталевич, С. И. Оценка влияния внутренних и внешних факторов на деятельность инновационного промышленного предприятия в условиях изменения современных тенденций управления / С. И. Борталевич, С. С. Харитонов, Ф. С. Штурмин // Вестник МИРБИС. – 2020. – № 2(22). – С. 104-110.

31. Бром, А. Е. Концепция технологического роста посредством модуляризации машиностроения / А. Е. Бром, А. В. Челенко // Известия

Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 12. – С. 539-545.

32. Брынцев, А. Н. Цифровые инновации в сфере логистики / А. Н. Брынцев, С. И. Никишов. – Москва, типография ООО "Белый ветер" : ООО "Белый ветер", 2023. – 174 с.

33. Буга, А. В. Современные драйвера в цифровых технологиях: аддитивное производство / А. В. Буга, Р. Р. Версоцкий, А. А. Куприн // Экономика и управление народным хозяйством (Санкт-Петербург). – 2020. – № 11(13). – С. 76-82.

34. Булина, А. Р. Аддитивные технологии как инновационный фактор защиты от геополитических рисков промышленных предприятий строительной отрасли / А. Р. Булина, Н. А. Солопова // Финансовая экономика. – 2022. – № 4. – С. 180-186.

35. Быстров, А. В. Индустриальная кросс-отраслевая экосистема беспилотных авиационных систем / А. В. Быстров, А. Г. Радайкин, О. В. Девяткин. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2024. – 160 с.

36. Быстров, А. В. Методика интеграции высокотехнологичных предприятий на основе промышленных экосистем / А. В. Быстров, А. Г. Радайкин, С. В. Васильев // Экономика устойчивого развития. – 2025. – № 1(61). – С. 38-42.

37. Быстров, А. В. Оценка цифровой зрелости предприятий строительной индустрии / А. В. Быстров, А. Г. Радайкин // Инновации в менеджменте. – 2025. – № 1(43). – С. 26-33.

38. Ваганов, А. В. Исследование повышения производительности изготовления изделий при 3D-печати многосопельным экструдером / А. В. Ваганов, С. С. Шемелюнас, А. М. Макаров // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2024. – № 8(291). – С. 43-45.

39. Валиуллина, Д. А. Аддитивные технологии: анализ научной деятельности по исследуемому направлению / Д. А. Валиуллина // Аллея науки. – 2020. – Т. 1, № 6(45). – С. 814-818.

40. Васильев, Э. Р. Роль аддитивных технологий в развитии региональной экономики / Э. Р. Васильев // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2025. – № 4. – С. 206-213.

41. Вержаковская, М. А. Технологии аддитивного производства как наиболее приоритетные современные цифровые технологии / М. А. Вержаковская, В. Ю. Аронов, В. А. Осанов // Инновации. – 2018. – № 7(237). – С. 23-27.

42. Верстина, Н. Г. Внедрение инновационных технологий на предприятиях инвестиционно-строительной сферы: проблемы и определяющие факторы / Н. Г. Верстина, Т. Н. Кисель, К. Ю. Кулаков // E-Management. – 2022. – Т. 5, № 1. – С. 4-13.

43. Веселовский, М. Я. Инновационное развитие высокотехнологичных производств в условиях укрепления технологического суверенитета / М. Я. Веселовский, Н. С. Хорошавина // Beneficium. – 2025. – № 4(57). – С. 6-16.

44. Веселовский, М. Я. Развитие процессов цифровизации промышленных предприятий ракетно-космической отрасли в условиях неоиндустриализации / М. Я. Веселовский, А. А. Юрьев, И. И. Чуева // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2025. – № 2. – С. 66-75.

45. Веселовский, М. Я. Цифровые экосистемы как драйвер развития высокотехнологичных производств / М. Я. Веселовский, Н. С. Хорошавина, А. В. Федотов // Beneficium. – 2025. – № 2(55). – С. 86-93.

46. ВИАМ – ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный Научный Центр РФ // Режим доступа: https://viam.ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

47. Влияние цифровых инструментов на экономическую эффективность традиционных отраслей на региональном уровне / А. С. Трошин, В. А. Долженко, С. А. Липунов, М. Б. Соколов // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 3. – С. 363-368.

48. Возможности применения аддитивных технологий при создании и разработке дентального имплантата (обзор литературы) / Ю. А. Сергеев, В. М. Аванисян, А. А. Долгалев, Д. З. Чониашвили // Вестник новых медицинских технологий. – 2023. – Т. 30, № 4. – С. 22-26.

49. Волкова, О. Ю. Биомиметические принципы и аддитивные технологии создания крупногабаритных композитных конструкций космического базирования / О. Ю. Волкова, А. Н. Полилов, А. Э. Поляков // Перспективные материалы. – 2026. – № 1. – С. 5-18.

50. Воронов, В. С. Университетские экосистемы молодежного инноваторства и изобретательства / В. С. Воронов, В. Р. Смирнова, Ю. С. Васильева. – Москва: Российская государственная академия интеллектуальной собственности, 2024. – 182 с.

51. В Казани обсудили перспективы внедрения аддитивных технологий в производство / Российская газета. 20.11.2023. // Режим доступа: https://rg.ru/2023/11/20/reg-pfo/v-kazani-obsudili-perspektivy-vnedreniia-additivnyh-tehnologij-v-proizvodstvo.html (Дата обращения 21.03.2026 г.)

52. В Самаре открыли центр аддитивного производства / Российская газета. 21.11.2023 // Режим доступа: https://rg.ru/2023/11/21/reg-pfo/v-samare-otkryli-centr-additivnogo proizvodstva. html?utm_r eferrer=h ttps%3A%2F%2Falice. yandex. ru (Дата обращения 21.03.2026 г.)

53. Гавриленко, Т. В. Состояние и основные проблемы развития аддитивных технологий / Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов, В. А. Востров // Успехи кибернетики. – 2024. – Т. 5, № 2.

54. Гарина, Е. П. Инструменты и механизмы инновационной активности и технологической независимости высокотехнологичных производств России: анализ современного состояния и перспектив развития /

Е. П. Гарина, Д. Н. Лапаев // Инновации в менеджменте. – 2025. – № 4(46). – С. 2-11.

55. Гибридные технологии и оборудование аддитивного синтеза изделий / А. В. Киричек, О. Н. Федонин, А. В. Хандожко [и др.] // Наукоемкие технологии в машиностроении. – 2022. – № 8(134). – С. 31-38.

56. Голиченко, О. Г. Пути совершенствования подходов новой эволюционной теории инновационного развития / О. Г. Голиченко // Друкеровский вестник. – 2020. – № 4(36). – С. 27-45. – DOI 10.17213/2312-6469-2020-4-27-45.

57. Голиченко, О. Г. Методология построения и измерения инновационных траекторий: инструментарий и его применение / О. Г. Голиченко // Друкеровский вестник. – 2024. – № 5(61). – С. 20-49. – DOI 10.17213/2312-6469-2024-5-20-49.

58. Головцова, И. Г. Национальная инфраструктура как элемент устойчивого развития Российской Федерации / И. Г. Головцова, И. А. Потапенко // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 7, № 5(146). – С. 57-64.

59. Головцова, И. Г. Формирование систем управления в условиях трансформации экономики / И. Г. Головцова, Л. В. Рудакова, Н. В. Андросенко. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2024. – 164 с.

60. Гордеев, В. В. Приоритеты цифровой трансформации фармацевтики / В. В. Гордеев, В. И. Абрамов // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 1131-1146.

61. Григорьев, Е. И. Перспективы внедрения аддитивных технологий на отечественные высокотехнологические предприятия / Е. И. Григорьев, В. И. Бобровник // Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, Москва, 30 мая 2023 года. – Москва: Алеф, 2023. – С. 137-143.

62. Григорьянц, А. Г. Особенности современных аддитивных технологий лазерного селективного выращивания деталей из металлических порошков / А. Г. Григорьянц, К. С. Елизаветский // Электрометаллургия. – 2025. – № 12. – С. 9-19.

63. Гринцевич, Л. В. Конкурентоспособность аддитивных технологий в пищевой промышленности: возможности и препятствия / Л. В. Гринцевич, Н. В. Шевченко // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. – 2023. – № 2(274). – С. 95-104.

64. Диесперова, Н. А. Применение цифровых и аддитивных технологий в задачах новой индустриализации РФ / Н. А. Диесперова, К. В. Диесперов // Горизонты экономики. – 2022. – № 6(72). – С. 25-33.

65. Дорошенко, Ю. А. Инновационная инфраструктура как драйвер развития региона / Ю. А. Дорошенко, И. Г. Павлова // Экономический вектор. – 2021. – № 4(27). – С. 87-92.

66. Дорошенко, Ю. А. Современные методические подходы к оценке инновационного потенциала региона / Ю. А. Дорошенко, А. А. Иноземцева // Beneficium. – 2022. – № 2(43). – С. 34-40.

67. Дорошенко, Ю. А. Формирование инновационной инфраструктуры региона как основа его эффективного развития / Ю. А. Дорошенко, И. О. Малыхина, И. В. Широкий // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2023. – № 2(99). – С. 45-54.

68. Дресвянников, В. А. Аддитивные технологии как технологическая инновация: понятие, содержание, анализ развития / В. А. Дресвянников, Е. П. Страхов // Экономика и менеджмент инновационных технологий. – 2018. – № 1(76). – С. 6.

69. Дресвянников, В. А. Классификация аддитивных технологий и анализ направлений их экономического использования / В. А. Дресвянников, Е. П. Страхов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2018. – № 2(26). – С. 16-28.

70. Дроговоз, П. А. Механизмы совершенствования высокотехнологичного производства на основе производственной системы " Росатом " / П. А. Дроговоз, О. Б. Иващенко // Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. – 2020. – № 2(146). – С. 37-42.

71. Дроговоз, П. А. Оценка реализуемости производственных программ в авиационной промышленности / П. А. Дроговоз, Н. С. Ефимова, В. Д. Калачанов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение. – 2020. – № 2(131). – С. 88-108.

72. Дроговоз, П. А. Оценка экономических эффектов на промышленных предприятиях в условиях платформенной цифровизации / П. А. Дроговоз, П. П. Пушкарева // Глобальный научный потенциал. – 2024. – № 12-1(165). – С. 218-220.

73. Дубинина, М. Г. Аддитивное производство в России и за рубежом / М. Г. Дубинина // Анализ и моделирование экономических и социальных процессов: Математика. Компьютер. Образование. – 2023. – № 30. – С. 96-103.

74. Дубровина, Т. А. Анализ результатов использования политики импортозамещения в промышленности / Т. А. Дубровина // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2022. – № 6(97). – С. 126-139.

75. Дубровина, Т. А. Теоретические основы конкурентоустойчивости промышленных систем / Т. А. Дубровина, А. С. Трошин // Beneficium. – 2026. – № 1(58). – С. 20-30.

76. Дугаева, Д. Н. Оптимизация упаковки для специальных грузов посредством применения аддитивных технологий / Д. Н. Дугаева, Н. П. Белозерцева // Логистика. - 2026. - № 1(230). - С. 28-30.

77. Дудин, М. Н. Инновационная стратегия развития высокотехнологичных компаний: возможности проектного менеджмента / М. Н. Дудин, С. В. Шкодинский, И. А. Продченко // Экономика, предпринимательство и право. – 2021. – Т. 11, № 5. – С. 1131-1150.

78. Евченко А.В., Кузьбожев Э.Н. Прогнозирование и программирование социального развития региона в переходной экономике: ресурсный подход. - Курск: Изд-во РОСИ, 2000. - 216 с.

79. Ершова, Е. Ю. Аддитивные технологии как основа наращивания потенциала национальной инновационной системы / Е. Ю. Ершова // Вестник Академии знаний. – 2025. – № 4(69). – С. 212-216.

80. Ершова, Е. Ю. Оценка использования материалов аддитивных технологий в национальной инновационной системе / Е. Ю. Ершова // Инновации в менеджменте. – 2025. – № 3(45). – С. 50-57.

81. Ершова, Е. Ю. Проблемы взаимосвязи аддитивных технологий и технологичных производств в национальной инновационной системе / Е. Ю. Ершова // Вестник Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Серия: Экономические науки. – 2025. – № 2(44). – С. 66-72.

82. Ершова, И. Г. Региональное управление национальной инновационной системой цифровых технологий / И. Г. Ершова, Е. Ю. Ершова, Д. С. Джалая // Регион: системы, экономика, управление. – 2024. – № 1(64). – С. 77-82.

83. Ефремов, А. В. Обоснование требований к войсковому мобильному ремонтному комплексу аддитивных технологий / А. В. Ефремов // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению "новые материалы и энергетика в вооруженных Силах Российской Федерации" : Сборник статей научно-технической конференции, Анапа, 16–17 апреля 2025 года. – Анапа: Военный инновационный технополис "ЭРА", 2025. – С. 99-108.

84. Жданов, А. В. Использование аддитивных технологий при создании искусственных желудочков сердца / А. В. Жданов, Л. В. Беляев, Д. О. Кочетов // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2016 : Доклады XII Международной научной конференции с научной молодежной сессией, Владимир-Суздаль, 05–07 июля 2016 года. Том Книга I. – Владимир-

Суздаль: Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2016. – С. 220-221.

85. Завод полимерных труб FDplast производит полипропиленовые трубы и продукцию для систем водоснабжения // Режим доступа: https://www.fdplast.ru (Дата обращения 21.03.2026 г.).

86. Закиров, К. И. Аддитивные технологии в аэрокосмической промышленности / К. И. Закиров // Современные машиностроительные системы, технологии и инновации : Сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Воронеж, 06 марта 2025 года. – Воронеж: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 115-118.

87. Землянская, Н. Б. Оптимизация каналов коммуникации и интеграция цифровых технологий в сфере авиаперевозок / Н. Б. Землянская, Н. В. Казакова, Г. В. Тихонов // СТИН. – 2025. – № 10. – С. 33-35.

88. Зоидов, К. Х. Современные тенденции интеграции цифровых интеллектуальных систем с управленческими подходами в сфере инновационной деятельности промышленных предприятий / К. Х. Зоидов, С. И. Орталевич, Ф. С. Штурмин // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2021. – № 4(126). – С. 80-90.

89. Ильин, И. В. Методология применения современных технологий 3D-моделей / И. В. Ильин, А. Д. Шаронова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2019. – № 2. – С. 130-134.

90. Индикаторы науки: 2025 : статистический сборник / Л. М. Гохберг, К. А. Дитковский, М. Н. Коцемир [и др.]. – Москва : НИУ «Высшая школа экономики», 2025. – 412 с.

91. Инновационный центр «Сколково» // Режим доступа: https://sk.ru (Дата обращения 21.03.2026 г.).

92. Инструментарий оценки инновационной деятельности регионов: многокритериальный анализ методом Парето / С. Н. Митяков, Е. С. Митяков, Д. Н. Лапаев, Г. Н. Яковлева // Инновации. – 2021. – № 2(268). – С. 77-82.

93. Использование технологии 3D-печати бетона для строительства сооружений: возможности и вызовы / О. М. Преснов, А. С. Кулеба, А. П. Волков, Д. И. Хлыстов // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 5(107). – С. 84-89.

94. Ищенко, А. В. Строительство с применением аддитивных технологий при формировании мастер-плана развития территорий / А. В. Ищенко, П. А. Молоткова, К. А. Воронина // Экономика строительства. – 2025. – № 4. – С. 645-647.

95. Каминский, А. А. Анализ трендов рынков аддитивных технологий / А. А. Каминский, М. И. Ананич // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2023. – Т. 6, № 1. – С. 77-84.

96. Карпухина, Н. Н. Промышленные революции: от Индустрии 3.0 к Индустрии 5.0 в контексте российской экономики / Н. Н. Карпухина, Е. С. Митяков, А. Ю. Пронин // Russian Technological Journal. – 2025. – Т. 13, № 4. – С. 123-134.

97. Кимбор, Д. В. Снижение трудоемкости производства малогабаритных насосов с помощью аддитивных технологий / Д. В. Кимбор, А. В. Дроботов // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2025. – № 1(296). – С. 72-74.

98. Ковальчук, Ю. А. Цифровое технологическое лидерство бизнес-экосистем / Ю. А. Ковальчук, И. М. Степнов // Друкеровский вестник. – 2023. – № 2(52). – С. 44-54. – DOI 10.17213/2312-6469-2023-2-44-54.

99. Кожиев, А. Ю. Предиктивная оптимизация издержек предприятия на основе внедрения аддитивных технологий в жизненный цикл продукции / А. Ю. Кожиев, В. С. Теслюк // Региональная и отраслевая экономика. – 2026. – № 1. – С. 48-56.

100. Колмыкова, Т. С. Влияние аддитивных технологий на технологичность предприятий национальной инновационной системы / Т. С. Колмыкова, Е. Ю. Ершова // Естественно-гуманитарные исследования. – 2025. – № 6(62). – С. 421-426.

101. Колмыкова, Т. С. Цифровые технологические решения в развитии ресурсного потенциала высокотехнологичных промышленных предприятий / Т. С. Колмыкова // Экономика и управление в машиностроении. – 2024. – № 6. – С. 27-31.

102. Коломак, Е. А. Пространственное развитие современной России: факторы, механизмы, результаты / Е. А. Коломак // Регион: Экономика и Социология. – 2025. – № 4(128). – С. 27-51.

103. Колоскова, О. И. Оценка эффективности инновационной деятельности промышленных предприятий: методический каркас и конфигурация результатов в разрезе уровней технологичности отраслей / О. И. Колоскова, И. В. Сомина // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2024. – Т. 14, № 1-1. – С. 34-42.

104. Компания "Filamentarno!" – производитель расходных материалов для 3D-принтеров // Режим доступа: https://filamentarno.ru (Дата обращения 21.03.2026 г.).

105. КОМПАС-3D. Официальный сайт САПР КОМПАС // Режим доступа: https://kompas.ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

106. Комплексная научно-техническая программа полного инновационного цикла «Аддитивные технологии. Новые материалы и технологические процессы» / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации/ Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом». 01.08.2023 // Режим доступа: https://kntp.ntr.ru/upload/iblock/c22/26fpa21lh5yydudia1tl93uoho81rgr6/Proekt-pasporta-predlozheniya-na-KNTP-AT.pdf (Дата обращения 21.03.2026 г.)

107. Костин, К. Б. Цифровые технологии в глобальных цепочках создания стоимости / К. Б. Костин, А. Н. Субоч // Вопросы инновационной экономики. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 361-374. – DOI 10.18334/vinec.14.2.120813.

108. Кочетова, А. А. Особенности применения и развития аддитивных технологий / А. А. Кочетова // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 10. – С. 224-225.

109. Кротова, Е. Л. Использование искусственного интеллекта для обнаружения дефектов в аддитивно-субтрактивном производстве / Е. Л. Кротова, А. Е. Казеев, Н. А. Мошонкина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2026. – № 1(163).

110. Крюков, В. А. Стратегия пространственного развития России в турбулентном мире: цели, приоритеты, основные подходы / В. А. Крюков, Е. А. Коломак // Вестник Российской академии наук. – 2025. – № 2. – С. 22-32.

111. Кудрявцева, С. С. Воспроизводство научных кадров как основа для технологического развития России / С. С. Кудрявцева, М. В. Шинкевич // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2025. – № 1(77). – С. 49-57.

112. Кулагина, Н. А. Факторы и барьеры технологического развития химической промышленности России: системная классификация и влияние на конкурентоспособность / Н. А. Кулагина, А. В. Юник // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. – 2026. – № 1. – С. 10-19.

113. Кушнир, И. С. Оценка применимости и шаги внедрения метода «Шесть сигм» в систему менеджмента качества аддитивного производства / И. С. Кушнир, А. П. Адылина, Т. А. Левина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – Т. 25, № 3. – С. 296-307.

114. Лавренов, В. А. Перспективы применения аддитивных технологий для производства тепловых трубок и испарительных камер / В. А. Лавренов, Д. А. Трофимов // Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. - 2026. - № 1(169). - С. 40-43.

115. Лаврикова, Н. И. Инновационная экономика: технологические стандарты и конкурентное поведение / Н. И. Лаврикова, И. Г. Кочергин // Экономические и гуманитарные науки. – 2024. – № 5(388). – С. 3-13.

116. Лапаев, Д. Н. Многокритериальная оптимизационная модель сравнительной оценки состояния экономических систем / Д. Н. Лапаев //

Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2025. – № 2(78). – С. 65-70.

117. Лапаев, Д. Н. Система методов многокритериального и многопроекционного выбора в экономике / Д. Н. Лапаев // Развитие и безопасность. – 2025. – № 2(26). – С. 58-69.

118. Лялис, М. А. Перспективы создания цифровой платформы для рынка услуг гражданских беспилотных авиационных систем / М. А. Лялис, Л. В. Хорева // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 1, № 4(157). – С. 23-33.

119. Медведев, А. Е. Законы подобия для технологии аддитивного лазерного выращивания / А. Е. Медведев, А. А. Голышев, А. Г. Маликов // Прикладная механика и техническая физика. – 2025. – № 5(393). – С. 26-34.

120. Методика профилизации беспилотных летательных аппаратов на основе аддитивных технологий / А. И. Власов, А. В. Гараев, В. О. Захарова [и др.] // Надежность и качество сложных систем. – 2023. – № 4(44). – С. 95-110.

121. Митяков, Е. С. Оценка инновационного потенциала организации с учетом фактора цифровой зрелости / Е. С. Митяков, Н. Н. Куликова, В. В. Варфаловская // Инновации. – 2023. – № 4(294). – С. 47-53.

122. Митяков, Е. С. Методика оценки рисков инновационных проектов на основе использования метрики отклика / Е. С. Митяков, И. А. Голдобин // Журнал прикладных исследований. – 2022. – № 4-2. – С. 156-161.

123. Митяков, Е. С. Модернизация механизма профессиональной подготовки кадров для инновационной инфраструктуры IT-отрасли / Е. С. Митяков, А. М. Лимасов // Фундаментальные исследования. – 2022. – № 8. – С. 95-99.

124. Митяков, С. Н. Синергия устойчивого развития, экономической безопасности и инновационных преобразований / С. Н. Митяков // Развитие и безопасность. – 2025. – № 2(26). – С. 4-16.

125. Митяков, С. Н. Формирование промышленных экосистем как инструмент антикризисного управления / С. Н. Митяков, Е. С. Митяков // Мир новой экономики. – 2024. – Т. 18, № 3. – С. 47-62.

126. Мосягин, И. А. Исследование влияния термической обработки на структурообразование и свойства мартенситно-стареющей стали, полученной аддитивным выращиванием / И. А. Мосягин, Т. В. Ольшанская // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2025. – Т. 23, № 1. – С. 73-84.

127. Мурадов, С. Использование аддитивных технологий в строительстве / С. Мурадов, О. В. Воронкова // Перспективы науки. – 2025. – № 2(185). – С. 52-56.

128. Наумкин, Н. И. Обучение школьников элементам 3D-моделирования и аддитивным технологиям в системе дополнительного образования / Н. И. Наумкин, М. А. Святкина // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2025. – № 2(78). – С. 277-283.

129. Неулыбин, С. Д. Повышение качества поверхности опытного образца, полученного из титанового сплава ВТ6 электродуговой наплавкой / С. Д. Неулыбин, А. Н. Юрченко // Металлург. – 2026. – № 1. – С. 73-77. – DOI 10.52351/00260827_2026_1_73.

130. ОАО "Объединенная приборостроительная корпорация" (В составе "ГК Ростех") // Режим доступа: https://sudostroenie.info/predprijatija/1011.html (Дата обращения 21.03.2026 г.).

131. Обзор 3D-печати изделий из магнитных материалов: виды, применение, достижения и проблемы / Г. А. Конов, А. К. Мазеева, Д. В. Масайло [и др.] // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2024. – Т. 18, № 1. – С. 6-19.

132. Обухова, А. С. Современные инновационные технологии в системе управления цифровизацией / А. С. Обухова, А. С. Хромова, Е. Ю. Ершова // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 2(61). – С. 695-697.

133. Обухова, А. С. Трансформация инновационных цифровых технологий / А. С. Обухова, Е. Ю. Ершова, А. А. Сотников // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2022. – № 4(91). – С. 102-107.

134. ОДК - Объединенная двигателестроительная корпорация // Режим доступа: https://www.uecrus.com/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

135. ООО «Росатом Аддитивные технологии» - официальный сайт // Режим доступа: https://rosat.tvel.ru/(Дата обращения 21.03.2026 г.).

136. Опыт применения отходов аддитивного производства при изготовлении пористых полуфабрикатов из титановых сплавов ВТ1-00 и ВТ6 / А. А. Ширяев, А. А. Арисланов, С. В. Путырский, Н. Ф. Востриков // Труды ВИАМ. – 2025. – № 4(146). – С. 14-27.

137. Основные тенденции и перспективы платформенной экономики в Российской Федерации / С. Н. Рябухин, И. А. Кокорев, А. А. Сафронова [и др.] // Мир новой экономики. – 2025. – Т. 19, № 2. – С. 134-148.

138. Официальный сайт – IMPRINTA | Производитель 3D принтеров Hercules // Режим доступа: https://imprinta.ru (Дата обращения 21.03.2026 г.)

139. Официальный сайт 3D Systems /3D Printers, Software, Manufacturing & Digital Healthcare | 3D S Режим доступа: ystems // https://www.3dsystems.com/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

140. Официальный сайт EOS в России / Professional 3D Printing Solutions | EOS | EOS GmbH // Режим доступа: https://www.eos.info/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

141. Официальный сайт GE Additive / GE // Режим доступа: https://www.ge.com/additive/ja/node/27 (Дата обращения 21.03.2026 г.)

142. Официальный сайт HP / 3D Solution Services for Additive Manufacturing | HP® Official Site // Режим доступа: https://www.hp.com/us-en/printers/3d-printers/services/3d-solution-services.html (Дата обращения 21.03.2026 г.)

143. Официальный сайт Stratasys / Explore Industrial 3D Printing Solutions | Stratasys Additive Printing // Режим доступа: https://www.stratasys.com/en/ (Дата обращения 21.03.2026 г.)

144. Официальный сайт Группы НЛМК // Режим доступа: https://nlmk.com/ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

145. Оценка возможностей применения аддитивных технологий в промышленности / Д. А. Путилов, А. В. Ефремов, О. В. Гречкина, И. А. Шарагин // Вестник Военного инновационного технополиса "Эра". – 2024. – Т. 5, № 2. – С. 235-241.

146. ПИКАСО 3D – надежная 3D-печать для реальных задач // Режим доступа: https://picaso-3d.ru (Дата обращения 21.03.2026 г.).

147. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в эконометрическом моделировании / Пер. с польск. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 175 с.

148. Повышение эффективности изготовления деталей в мелкосерийном производстве за счет использования аддитивных технологий / Е. Б. Щелкунов, М. Е. Щелкунова, А. А. Акулина, Е. А. Рубан // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2026. – № 2(791). – С. 53-60.

149. Повышение эффективности производственных систем на основе применения аддитивных технологий: современное Состояние и перспективы развития / В. Е. Петров, А. В. Олейник, Д. С. Трубашевский [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 8. – С. 88-97.

150. Ползунова, Н. Н. Аддитивное производство - путь к конкурентоспособности / Н. Н. Ползунова, И. С. Ползунов // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2018. – Т. 6, № 12. – С. 100-105.

151. Ползунова, Н. Н. Перспективы применения цифровых платформ для обеспечения взаимодействия промышленных предприятий в составе кластеров / Н. Н. Ползунова // Экономика и управление в машиностроении. – 2024. – № 4. – С. 16-21.

152. Ползунова, Н. Н. Технологии цифровизации кластеров в промышленности / Н. Н. Ползунова // Экономика и управление в машиностроении. – 2024. – № 3. – С. 18-22.

153. Полухина, С. А. Актуальные экономические аспекты внедрения аддитивных технологий в современное производство / С. А. Полухина, М. Е. Волков, В. А. Марков // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 5(64). – С. 319-323.

154. Применение аддитивных технологий в учебном процессе / Н. Ю. Воробей, Е. Г. Егорова, Е. Н. Микадо [и др.] // Автоматика, связь, информатика. – 2026. – № 1. – С. 29-31.

155. Применение аддитивных технологий при создании аналогов образцов горных пород / Ю. С. Щербакова, А. А. Щербаков, М. Дан, Ю. Лиюань // Недропользование. – 2026. – Т. 26, № 1. – С. 76-84.

156. Применение технологии аддитивного производства WAAM для обратного инжиниринга изделия / П. К. Захаров, А. Е. Балановский, В. Ю. Конюхов, Т. А. Опарина // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2025. – Т. 81, № 3. – С. 24-29.

157. Прозрачный бизнес – официальный сайт // Режим доступа: https://pb.nalog.ru/?amp&amp (Дата обращения 21.03.2026 г.).

158. Пронин, А. С. Анализ алгоритма input shaping для улучшения точности перемещения печатающей головки аддитивных установок с встроенным программным обеспечением Klipper / А. С. Пронин, К. А. Драпак, В. С. Фомин // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2025. – № 3(298). – С. 78-81.

159. Развитие системы контроля качества полимерных покрытий в микроэлектронике / В. П. Мешалкин, А. И. Шинкевич, Т. В. Малышева, Н. Н. Карзаева // Контроль качества продукции. – 2026. – № 3. – С. 34-41.

160. Разработка и исследование композиционных материалов из акрилата с ПЭЭК для изготовления имплантатов тазобедренного сустава методом аддитивного производства (DLP 3D-печать) / Й. Дама, Б. Джоги, Р.

Паваде [и др.] // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2025. – Т. 27, № 1. – С. 172-191.

161. Разработка нефтегазовых месторождений в Тюмени - ООО "ИНГТ" – официальный сайт // Режим доступа: Режим доступа: https://inoilgas.ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

162. Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года» и «Концепция технологического развития на период до 2030 года», N 1315-р от 20.05.2023 // Режим доступа: https://www.zakonrf.info/rasporiazhenie-pravitelstvo-rf-1315-r-20052023/ (Дата обращения 21.03.2026 г.)

163. Распоряжение Правительства РФ № 1913-р от 14.07.2021 г. «Стратегия развития аддитивных технологий в РФ на период до 2030 года» // Режим доступа: https://bazanpa.ru/pravitelstvo-rf-rasporiazhenie-n1913-r-ot14072021-h5250367/strategiia/5/1/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

164. Распоряжение Правительства РФ Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года, N 3268-р от 31.10.2022 // Режим доступа: https://www.zakonrf.info/rasporiazhenie-pravitelstvo-rf-3268-r-31102022/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

165. Распоряжение Правительства РФ от 14 июля 2021 г. N 1913-р Об утверждении Стратегии развития аддитивных технологий в РФ на период до 2030 г. / Документы ленты Прайм: Гарант.Ру // Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401404208/ (Дата обращения 21.03.2026 г.)

166. Распоряжение Правительства РФ от 4 июля 2023 г. № 1789-р | Документы ленты ПРАЙМ: ГАРАНТ.РУ // Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407286310/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

167. Режимы рентгеновского экспонирования при контроле изделий, выполненных по аддитивным технологиям / Е. И. Косарина, А. П. Гримова, Н. В. Осияненко, А. В. Смирнов // Труды ВИАМ. – 2024. – № 12(142). – С. 85-95.

168. Романова, А. М. Влияние 3D-печати на рынок медицинских изделий и протезирования / А. М. Романова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 9, № 3(156). – С. 11-16.

169. Рудычев, А. А. Формирование инновационных экосистем мезоуровня как инструмент развития промышленных предприятий / А. А. Рудычев, Ю. И. Селиверстов, М. В. Люлюченко // Modern Economy Success. – 2023. – № 5. – С. 28-34.

170. Рудычев, А. А. Элементы цифровой трансформации экономики промышленной индустрии / А. А. Рудычев, М. В. Владыка, Т. В. Гончаренко // Финансовая экономика. – 2020. – № 10. – С. 274-276.

171. Рыжов, И. В. Понятие и функции технологического интегратора в национальной инновационной системе / И. В. Рыжов, Д. И. Тараканов // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 3(176). – С. 444-447.

172. Самуилкина А. Мировой рынок 3D-печати вырастет по оценке Boston Consulting Group в 70 раз к 2035 году // Режим доступа: https://hightech.fm/2017/04/05/3d-printing-bcg (Дата обращения 21.03.2026 г.)

173. Селиванов, К. В. Применение аддитивных технологий в производстве электронной аппаратуры / К. В. Селиванов, Г. А. Волков // Датчики и системы. – 2023. – № 5(271). – С. 27-34.

174. Селиверстов, Ю. И. Модель формирования инновационной экосистемы региона / Ю. И. Селиверстов, М. В. Люлюченко // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2019. – № 10-1. – С. 101-106.

175. Селиверстов, Ю. И. Роль цифровой трансформации и инноваций в условиях импортозамещения / Ю. И. Селиверстов, Ю. А. Дмитриева // Финансовый менеджмент. – 2023. – № 3-2. – С. 182-192.

176. Совершенствование организационной структуры управления с учетом требований устойчивого развития и повышения инновационности

организации / С. А. Филин, Е. В. Генкин, Д. К. Балаханова [и др.] // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – Т. 10, № 12(141). – С. 27-38.

177. Сокольников, В. В. Анализ аддитивных технологий / В. В. Сокольников, Д. С. Андрюхина, Д. А. Зиновкина // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. – 2023. – № 3.

178. Сомонов, В. В. Совершенствование управления объектами интеллектуальной собственности в сфере аддитивного производства / В. В. Сомонов // Патенты и лицензии. Интеллектуальные права. – 2022. – № 11. – С. 42-49.

179. Старикова, М. С. Анализ и классификация типов инновационно-технологического развития отраслей обрабатывающей промышленности / М. С. Старикова, М. Я. Веселовский, М. С. Абрашкин // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2025. – № 4(113). – С. 76-90.

180. Старикова, М. С. Нелинейность инновационно-технологического развития обрабатывающей промышленности России: анализ детерминант и результатов / М. С. Старикова, М. Я. Веселовский, М. С. Абрашкин // Естественно-гуманитарные исследования. – 2025. – № 3(59). – С. 511-515.

181. Степнов, И. М. Индустриальная модель цифровой координации в экономике / И. М. Степнов, Ю. А. Ковальчу.к // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2023. – № 4(142). – С. 128-134.

182. Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2021 г. N 1913-р (ред. от от 21.10.2024). Режим доступа: http://government.ru/docs/all/135700 (Дата обращения 21.03.2026 г.).

183. Суслов, Н. И. Влияние институтов на инвестиционный спрос: межстрановый анализ / Н. И. Суслов, Е. Н. Исупова, А. И. Иванова // Проблемы прогнозирования. – 2026. – № 1(214). – С. 70-83.

184. Теоретическое обоснование оценки результативности стратегии регионального управления / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, М. Ю. Афанасьев [и др.] // Экономические стратегии. – 2025. – Т. 27, № 2(200). – С. 6-13.

185. Технология изготовления изделий из фотополимерных композиций аддитивными технологиями / Р. Р. Ганиев, Е. С. Гайнцева, Ю. Д. Тошов [и др.] // Литейщик России. – 2025. – № 1. – С. 13-18.

186. Третьякова, Л. А. Особенности оценки инновационных рисков с позиции их технико-экономических индикаторов в отраслевых системах / Л. А. Третьякова, Н. И. Лаврикова, Н. А. Азарова // Организатор производства. – 2023. – Т. 31, № 1. – С. 129-144.

187. Третьякова, Л. А. Перспективы преодоления технологических инновационных рисков в отраслевых социально-экономических системах / Л. А. Третьякова, Н. А. Азарова // Управленческий учет. – 2023. – № 12-2. – С. 546-553.

188. Трофимова, Н. Н. Преимущества и недостатки внедрения инновационной технологии аддитивного 3D-производства на современных промышленных предприятиях в условиях перехода к Индустрии 4.0 / Н. Н. Трофимова // Вестник Академии. – 2021. – № 4. – С. 58-64.

189. Трошин, А. С. Выбор стратегии развития устойчивых инноваций / А. С. Трошин, В. А. Орлова // Вестник Академии знаний. – 2025. – № 1(66). – С. 514-517.

190. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309 – Президент России «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» // Режим доступа: http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542 (Дата обращения 21.03.2026 г.).

191. Указ Президента Российской Федерации от 18.06.2024 г. № 529 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий» // Режим доступа: http://www.kremlin.ru/acts/bank/50755/print (Дата обращения 21.03.2026 г.).

192. Указ Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года», N 204 от 07.05.2018 // https://www.zakonrf.info/ukaz-prezident-rf-204-07052018/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

193. Указ Президента РФ О национальных целях развития РФ на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года, N 309 от 07.05.2024 // Режим доступа: https://www.zakonrf.info/ukaz-prezident-rf-309-07052024/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

194. Указ Президента РФ О национальных целях развития РФ на период до 2030 года, N 474 от 21.07.2020 // Режим доступа: https://www.zakonrf.info/ukaz-prezident-rf-474-21072020/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

195. Указ Президента РФ О Стратегии научно-технологического развития РФ, N 145 от 28.02.2024 // Режим доступа: https://www.zakonrf.info/ukaz-prezident-rf-145-28022024/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

196. Ульянов, И. С. Маркетинговое продвижение аддитивных технологий в российской строительной отрасли / И. С. Ульянов // Практический маркетинг. – 2025. – № 6(336). – С. 35-38.

197. Уманец, С. А. Аддитивные технологии как элемент современного технологического уклада / С. А. Уманец, С. Е. Катаев, С. В. Уманец // Актуальные вопросы современной экономики : Материалы VI Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург - Донецк - Витебск - Бишкек, 23–24 апреля 2025 года. – Санкт-Петербург: Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова, 2025. – С. 111-115.

198. Фалько, А. И. Анализ индикаторов цифровой экономики и их влияния на инновационную активность российских организаций / А. И. Фалько, И. В. Сомина, Ю. А. Дорошенко // Экономика. Информатика. – 2023. – Т. 50, № 1. – С. 67-78.

199. Фалько, С. Г. Проблемы управления высокотехнологичными социальными предприятиями / С. Г. Фалько, А. И. Орлов, Р. Н. Вихарев // Инновации в менеджменте. – 2023. – № 2(36). – С. 16-21.

200. Филин, С. А. Оценка эффективности инновационных проектов в высокотехнологичных ИТ-компаниях / С. А. Филин, С. Ф. Садыков, А. Ю. Уткин // Региональная экономика: теория и практика. – 2023. – Т. 21, № 12(519). – С. 2313-2326.

201. Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере //Режим доступа: https://fasie.ru/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

202. Формирование требований к мобильному аддитивному ремонтно-производственному комплексу для войскового ремонта авиационной техники и средств обеспечения полетов / А. В. Ефремов, А. А. Парамонов, А. С. Ляскин, С. В. Митрофанова // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2025. – № 35. – С. 130-138.

203. Хачатурян, А. А. Проблемы подготовки кадров и внедрения инноваций в ракетно-космическую промышленность России / А. А. Хачатурян, С. В. Пономарева, А. В. Власов // Образование. Наука. Научные кадры. – 2020. – № 3. – С. 170-172.

204. Хомяков, Н. В. Концепция виртуального контроля качества деталей при аддитивном производстве на основе цифрового двойника / Н. В. Хомяков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2024. – Т. 22, № 2. – С. 163-169.

205. Центр научно-технического и инновационного сотрудничества с ибероамериканскими странами / Юго-Западный государственный университет // Режим доступа:https://swsu.ru/structura/centrs (Дата обращения 21.03.2026 г.)

206. Цифровизация экономических отношений как фактор устойчивого развития стран / В. И. Абрамов, И. В. Абрамов, А. В. Путилов, И. Трушиня // Вопросы инновационной экономики. – 2023. – Т. 13, № 2. – С. 615-636.

207. Цифровые технологии в бизнесе: практики и барьеры их использования. Мониторинг цифровой трансформации бизнеса / Г. И. Абдрахманова, Т. С. Зинина, Е. В. Киселева, Е. Г. Нечаева, П. Б. Рудник, М. С. Фролов // ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. 2026. Выпуск 1 // Режим доступа: https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/890550370.pdf (Дата обращения 21.03.2026 г.).

208. Чжэн С. Применение аддитивных технологий в промышленном дизайне / С. Чжэн, Ц. Сюн, Ю. В. Назаров // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник РГХПУ им. С.Г. Строганова. - 2022. - № 4-2. - С. 257-270

209. Чижова, Е. Н. Влияние организационно-технологических моделей производства «Фабрики будущего» на производительность труда / Е. Н. Чижова, М. В. Владыка, Г. Г. Балабанова // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. – 2023. – Т. 9, № 3. – С. 53-64.

210. Шаповалов, В. В. Инновационные технологии разработки и мониторинга автоматических коробок переключения передач / В. В. Шаповалов, А. Л. Озябкин, О. И. Коваленко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2023. – № 1(217). – С. 36-42. – DOI 10.17213/1560-3644-2023-1-36-42.

211. Шаповалов, В. В. Развитие и совершенствование технологического оборудования для смазывания открытых узлов трения / В. В. Шаповалов, А. Л. Озябкин, В. Б. Мищиненко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2025. – № 1(225). – С. 60-67. – DOI 10.17213/1560-3644-2025-1-60-67.

212. Шарипов, И. И. Применение аддитивных технологий в производстве запасных частей для агропромышленного комплекса / И. И. Шарипов, С. Б. Хакимова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 207. – С. 509-517.

213. Шинкевич, А. И. Закономерности формирования инновационных сетей в условиях экономики замкнутого цикла / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, С. А. Башкирцева // Вестник университета. – 2022. – № 8. – С. 51-59.

214. Шинкевич, А. И. Исследование тенденций развития процессов разработки и внедрения технологических инноваций в оборонной промышленности / А. И. Шинкевич, Т. В. Малышева, Д. В. Харитонов // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2023. – № 3. – С. 80-85.

215. Шинкевич, А. И. Разработка методики оценки ресурсоэффективности мезоэкономических систем замкнутого цикла (на примере нефтехимического кластера) / А. И. Шинкевич, Н. Ю. Фомин, И. А. Райский // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 9. – С. 78-84.

216. Шинкевич, А. И. Цифровизация образовательных организаций как продукт- и процесс-инновация в экономике данных: управленческо-методические аспекты / А. И. Шинкевич, Э. Ш. Шаймиева, Г. И. Гумерова // Russian Journal of Economics and Law. – 2024. – Т. 18, № 2. – С. 387-421.

217. Шлапакова, Н. А. Проблема применения 3D-печати зданий в строительстве / Н. А. Шлапакова, С. Ю. Глазкова, Д. М. Ермолаева // Друкеровский вестник. – 2025. – № 2(64). – С. 205-212.

218. Щербакова, Е. С. Методика управления ключевыми факторами успеха инновационных проектов стартапов в условиях цифровой трансформации / Е. С. Щербакова, А. И. Шинкевич // E-Management. – 2025. – Т. 8, № 4. – С. 107-122.

219. Щербакова, Е. С. Тенденции успешности стартапов с технологиями искусственного интеллекта при стимулировании инноваций в рамках «шестиспиральной» модели / Е. С. Щербакова, А. И. Шинкевич // Управление устойчивым развитием. – 2025. – № 2(57). – С. 12-24.

220. Экономическая эффективность аддитивных технологий в строительной отрасли / М. Л. Берсенева, Н. Ю. Клиндух, Т. В. Данченко, А. А. Якшина // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12, № 1. – С. 3.

221. Юнусов, Э. А. Проблемы и обзор алгоритмических решений в технологии FFF 3D-печати / Э. А. Юнусов, Д. В. Горбунов // Успехи кибернетики. – 2025. – Т. 6, № 2. – С. 67-74.

222. Юсупова, А. Т. Высокотехнологичное предпринимательство в регионах России: условия возникновения новых компаний / А. Т. Юсупова, А. В. Рязанцева // Регион: Экономика и Социология. – 2021. – № 4(112). – С. 132-159. – DOI 10.15372/REG20210405.

223. Юсупова, А. Т. Кооперация науки и бизнеса: уроки сибирского опыта / А. Т. Юсупова // Управление наукой: теория и практика. – 2021. – Т. 3, № 4. – С. 96-103. – DOI 10.19181/smtp.2021.3.4.12.

224. Юсупова, А. Т. Научно-практическии семинар "инновационные экосистемы как формы интеграции науки, образования и бизнеса" / А. Т. Юсупова, Н. А. Кравченко // Регион: Экономика и Социология. – 2021. – № 2(110). – С. 296-302.

225. Additive Manufacturing Siemens Energy // Режим доступа: https://www.siemens-energy.com/global/en/home/products-services/service/additive-manufacturing (Дата обращения 21.03.2026 г.).

226. Anisoprint – официальный сайт // Режим доступа: https://anisoprintrus.orgs.biz/?ysclid=mn02jssw1v333944588 (Дата обращения 21.03.2026 г.).

227. ASTM F2792 Additive Manufacturing Technologies US Lab // Режим доступа: https://matestlabs.com/test-standards/astm-f2792/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

228. Autodesk | Программное обеспечение для проектирования, строительства и 3D дизайна / Официальный сайт Autodesk // Режим доступа: https://autodesk.официальный.рус (Дата обращения 21.03.2026 г.)

229. Carlo Baese - The Evolution of Medical Imaging Technology // Режим доступа: https://www.theevolutionofimagingtechnology.com/carlo-baese/(Дата обращения 21.03.2026 г.)

230. Deloitte US / Together Makes Progress // Режим доступа: deloitte.com›us/en.html?section=home (Дата обращения 21.03.2026 г.).

231. Gartner / Delivering Actionable, Objective Insight to Executives and Their Teams // Режим доступа: https://www.gartner.com/en (Дата обращения 21.03.2026 г.).

232. Global management consulting | McKinsey & Company // Режим доступа: https://www.mckinsey.com/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

233. Home – Siemens Global // Режим доступа: https://www.siemens.com/global/en.html (Дата обращения 21.03.2026 г.)

234. Home – Wohlers Associates // Режим доступа: https://wohlersassociates.com/ (Дата обращения: 21.04.2025).

235. Innovation_Quarterly_2026_Q3_081926a.pdf // Режим доступа: https://www.boeing.com/content/dam/boeing/boeingdotcom/ features/innovation-quarterly/2022/09/Boeing-additive-manufacturing-IQ.pdf (Дата обращения 21.03.2026 г.).

236. Kaplan, Robert S., and David P. Norton. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. ard Business Press, 1996. Каплан, Роберт С. Сбалансированная система показателей [Текст] : от стратегии к действию / Роберт С. Каплан, Дейвид П. Нортон ; [пер. с англ. М. Павловой]. - Москва : Олимп-Бизнес, 2008.

237. Make it happen with PwC // Режим доступа: https://www.pwc.com/gx/en.html (Дата обращения 21.03.2026 г.)

238. Porter M. E. How Competitive Forces Shape Strategy // Harvard Business Review, March/April 1979. 123 p.

239. REC Group / About REC // Режим доступа: https://www.recgroup.com (Дата обращения 21.03.2026 г.).

240. Sadin, Stanley R.; Povinelli, Frederick P.; Rosen, Robert (October 1, 1988). The NASA technology push towards future space mission systems. International Astronautical Congress, 39th, Bangalore, India, Oct. 8-15, 1988.

241. Siemens, DyeMansion, HP, BASF Forward AM and EOS navigate AM users through the complex landscape of additive manufacturing | Press | Company | Siemens // https://press.siemens.com/global/en/pressrelease /siemens-dyemansion-hp-basf-forward-am-and-eos-navigate-am-users-through-complex (дата обращения 21.05.2025 г.)

242. Sobieszek, Robert A. 1980. "Sculpture as the Sum of Its Profiles: François Willème and Photosculpture in France, 1859-1868". The Art Bulletin. 62 (4): 617-630.

243. Solidworks (Official) (solidworks) – профиль Pinterest / Официальный сайт SolidWorks // Режим доступа: https://ru.pinterest.com/solidworks/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

244. Strategic Management Consulting / Boston Consulting Group // Режим доступа: https://www.bcg.com/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

245. University of Nottingham // Режим доступа: https://www.nottingham.ac.uk/ (Дата обращения 21.03.2026 г.).

246. Wohlers Report 2026. 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry // Wohlers-Report-2025_Pre-release-Webinar_r3.pdf

Приложения

Приложение А – информационное. Эволюция аддитивных технологий XIX-XX век.

Аддитивное производство – это технология послойного создания объектов из цифровых моделей. Хотя современные методы аддитивного производства активно развиваются с 1980-х годов, их корни уходят в XIX век, когда появились первые идеи послойного синтеза и фотополимеризации.

В XIX веке первым прототипом аддитивных технологий была фотоскульптура (1860–1890).

В 1860 году французский художник и изобретатель Франсуа Виллем (François Willème) предложил метод фотоскульптуры – создание 3D-моделей по фотографиям[315]. Объект фотографировался одновременно с 24 камер, расположенных по кругу. Контуры с фотографий переносились на глину с помощью пантографа, формируя объемную модель.

В 1904 году Карло Баезе (Carlo Baese) усовершенствовал метод, используя фоточувствительный желатин, который расширялся под воздействием света[316].

В 1890 году американец Джозеф Блантер (Josef E. Blanther) предложил метод создания трехмерных топографических карт, где контурные линии карты вырезались из восковых пластин. Пластины укладывались слоями и склеивались, формируя рельеф местности. Этот метод стал прообразом послойного синтеза, используемого в современных 3D-принтерах.

В XX веке развитие технологий продолжилось с помощью комбинации фотоскульптуры и топографии.

В 1935 году японский инженер Исао Мориока (Isao Morioka) объединил идеи Виллема и Блантера и использовал структурированный свет (чередование черно-белых полос) для создания контуров объекта. Контуры вырезались из листового материала и складывались в 3D-модель[317].

Первые шаги к фотополимеризации сделаны исследователями в 1951–1980 годах. В 1951 году Отто Мунц (Otto Munz) предложил систему послойного отверждения фотополимера с помощью поршневого механизма – прообраз стереолитографии (SLA).

В 1977 году Вин Келли Свенсон (Wyn Kelly Swainson) разработал метод отверждения полимера двумя лазерными лучами (предшественник двухфотонной полимеризации).

В 1981 году Р.Ф. Хаусхолдер (R.F. Housholder) запатентовал технологию послойного спекания порошков – прообраз SLS (Selective Laser Sintering).

---

315 Sobieszek, Robert A. 1980. "Sculpture as the Sum of Its Profiles: François Willème and Photosculpture in France, 1859-1868". The Art Bulletin. 62 (4): 617-630.

316 Carlo Baese - The Evolution of Medical Imaging Technology // Режим доступа: https://www.theevolutionofimagingtechnology.com/carlo-baese/ (Дата обращения 21.03.2026 г.)

317 Обзор 3D-печати изделий из магнитных материалов: виды, применение, достижения и проблемы / Г. А. Конов, А. К. Мазеева, Д. В. Масайло [и др.] // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2024. – Т. 18, № 1. – С. 6-19.

Первые рабочие системы 3D-печати были разработаны в 1980-х годах. В 1981–1982 годах Хидео Кодама (Hideo Kodama) и Алан Герберт (A.J. Herbert) независимо разработали стереолитографические установки с УФ-лампами и лазерами. В 1984–1986 годах Чарльз Халл (Charles W. Hull) создал первый коммерческий SLA-принтер и основал компанию 3D Systems.

В 1987–1989 годах появились первые FDM процессы АТ, то есть моделирование методом наплавления (Stratasys) и SLS процессы АТ, то есть селективное лазерное спекание (Карл Декард).

Итак, аддитивные технологии начали развиваться задолго до появления 3D-принтеров – первые идеи появились еще в XIX веке. Ключевые этапы:

фотоскульптура и топография (1860–1930)

идея послойного синтеза; фотополимеризация (1950–1980)

прообраз SLA; порошковые технологии (1980-е)

SLS, FDM318; коммерциализация (1984–1990-е) → первые 3D-принтеры.

В 1989 году инженер Ханс Лангер (Hans Langer) основал компанию EOS GmbH, которая в 1990 выпустила первый промышленный SLA-принтер «Stereos». В 1994 году компания EOS разработала Direct Metal Laser Sintering (DMLS) – технологию лазерного спекания металлов, ставшую ключевой для аэрокосмической и медицинской отраслей. В 2000-е годы немецкие компании (SLM Solutions, Concept Laser) усовершенствовали селективное лазерное плавление (SLM), что позволило печатать сложные детали для Airbus и BMW.

В Великобритании ранние исследования и роботизированная печать начались в 1991 году. Университет Лафборо (Loughborough University) разработал селективное лазерное спекание (SLS) независимо от американских патентов. В 2014 году компания Renishaw стала одним из мировых лидеров в металлической 3D-печати, сотрудничая с Rolls-Royce в авиадвигателестроении. В 2020-е годы британские стартапы (Ai Build, Photocentric) развивают роботизированную 3D-печать и биопечать.

Во Франции инновации в АТ связаны с аэрокосмической сферой. В 1984 году французские инженеры подали один из первых патентов на стереолитографию (параллельно с Халлом). В 2010-е годы производитель авиадвигателей компания Safran активно внедряет DMLS-печать для деталей самолетов.

В Азии такие страны, как Япония, Китай, Южная Корея активно развивают производство аддитивных технологий.

Япония – пионер в фотополимеризации и гибридных технологиях. В 1981 году Хидео Кодама (Hideo Kodama) создал первую SLA-установку, но не запатентовал ее коммерчески. В 1980-е годы компания «Сони» (Sony) разработала DLP-печать (проекционную стереолитографию). В 2000-е годы

318 Аддитивное производство полимер-керамических материалов методом послойного наплавления материала (FDM-технология): Обзор / А. И. Зайцев, А. В. Сотов, А. Э. Абдрахманова, А. А. Попович // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2024. – Т. 18, № 6. – С. 77-88.

Matsuura и Shonan Design внедрили гибридные станки, включающие 3D-печать и фрезеровку.

В Китае распространяется массовое производство АТ и существенная государственная поддержка. В 1990-е годы китайские компании ЮнионТех, Фарсун (UnionTech, Farsoon) начали копировать западные технологии. В 2015 году государственная программа «Made in China 2025» сделала упор на аддитивное производство. В 2020-е годы Китай лидирует в производстве дешевых FDM-принтеров (Creality, Flashforge) и развивает печать домов (Winsun).

В Южной Коре активное развитие получают биопечать и наноматериалы. В 2010-е годы компания ROKIT Здравоохранение (ROKIT Healthcare) разработала 3D-печать кожи для трансплантологии. В 2023 году корейские ученые экспериментируют с графеновой 3D-печатью для электроники.

Приложение Б – информационное. Нормативно-правовая база регулирования развития АТ

Федеральные законы и нормативно-правовые акты, регулирующие отрасль АТ, объединены в следующие группы:

1. Базовые законы

ФЗ от 31.05.2018 № 127-ФЗ «О мерах государственной поддержки предприятий в РФ» устанавливает механизмы поддержки высокотехнологичных производств.

2. Техническое регулирование и стандартизация

Приказ Росстандарта от 2022 года «Об утверждении «Программы стандартизации в области аддитивных технологий на 2022-2025 гг.» предполагает разработку национальных стандартов (ГОСТ Р) по терминам и определениям, требованиям к материалам для аддитивного производства, методам контроля и испытаний, безопасности оборудования, например, ГОСТ Р 57558-2017 – «Аддитивные технологии. Основные термины и определения»,

II. Документы ведомственного уровня (конкретные планы и распоряжения) представлены следующими государственными органами и группами организаций:

1. Министерство промышленности и торговли РФ разработало план мероприятий по реализации Стратегии развития аддитивных технологий (утвержден в 2022 году, срок – 9 месяцев с даты утверждения Стратегии), а также отраслевые программы поддержки (субсидии, гранты для промышленных предприятий).

2. Госкорпорации и институты развития:

¬ГК «Росатом» имеет собственную программу развития аддитивных технологий, а именно в области металлической 3D-печати и спецматериалов;

¬ ГК «Ростех» разработала программу внедрения аддитивных технологий в авиастроении и ОПК;

– Фонд развития промышленности (ФРП) предложил программу льготного кредитования проектов в области аддитивных технологий.

¬ ВЭБ.РФ принимает участие в финансировании инфраструктурных проектов (технопарки, центры компетенций).

IV. Нормативно-техническая документация и стандарты

1. Национальные стандарты (ГОСТ Р) объединяют два вида: серия ГОСТ Р 57ххх и 59ххх – стандарты – требования к изделиям, изготовленным аддитивными методами. ОСТы в медицине – для 3D-печати имплантов и протезов.

3. Технические регламенты ЕАЭС

ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования» (касается 3D-принтеров).

ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования».

V. Документы в области образования и кадров

1. ФГОС (Федеральные государственные образовательные стандарты)

- ФГОС ВО по направлениям «Аддитивные технологии» (код 28.03.03).

¬ ФГОС СПО по специальностям, связанным с аддитивными технологиями.

2. Профессиональные стандарты

– Профстандарт «Специалист по аддитивным технологиям» (утвержден приказом Минтруда).

– Профстандарты для операторов 3D-оборудования, инженеров-технологов в области АТ.

VI. Региональное законодательство

1. Стратегии развития субъектов РФ, например, Москва, Санкт-Петербург, Татарстан, Новосибирская область и др. – имеют региональные стратегии, включающие развитие аддитивных технологий.

2. Региональные программы поддержки – это субсидии на закупку оборудования, образовательные программы, создание центров коллективного пользования.

Таким образом, основной документ, регулирующий развитие АТ в НИС, это Распоряжение Правительства РФ № 1913-р от 14.07.2021 г. Об утверждении Стратегии развития аддитивных технологий в РФ на период до 2030 г. Развитие АТ осуществляется в рамках системы стратегического планирования, установленной ФЗ-172. Нормативная база развития АТ в НИС активно формируется, поэтому необходимо постоянно отслеживать новые ГОСТы и техрегламенты. Поддержка развитие АТ в НИС возможна на всех уровнях – от федеральных грантов до региональных субсидий. При реализации проектов необходимо учитывать как профильные документы по АТ, так и общие требования промышленной безопасности, стандартизации и образования.

Для получения актуальной информации рекомендуется мониторить официальный сайт Минпромторга России, портал Росстандарта (раздел по стандартизации в области АТ), электронные ресурсы ГОСТ.РУ.

Концепция технологического развития России до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 20 мая 2023 года № 1315-р[319], является высокоуровневым стратегическим документом, определяющим приоритеты, механизмы и цели технологического прорыва страны. Ее связь с аддитивными технологиями носит системный, интегрированный характер.

Детальный анализ взаимосвязей Концепции и АТ:

1. Аддитивные технологии как одна из «сквозных цифровых технологий». В Концепции 1315-р АТ прямо указаны в числе ключевых сквозных технологий (наряду с ИИ, робототехникой, квантовыми технологиями, новыми материалами и т.д.)320.

---

[319] Распоряжение Правительства РФ Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года и Концепция технологического развития на период до 2030 года, N 1315-р от 20.05.2023 // Режим доступа: https://www.zakonrf.info/rasporiazhenie-pravitelstvo-rf-1315-r-20052023/ (Дата обращения 21.03.2026 г.)

[320] Распоряжение Правительства РФ Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года и Концепция технологического развития на период до 2030 года, N 1315-р от 20.05.2023 // Режим доступа: https://www.zakonrf.info/rasporiazhenie-pravitelstvo-rf-1315-r-20052023/ (Дата обращения 21.03.2026 г.)

Логика взаимосвязи представляет собой следующую цепочку: Концепция № 1315-р → Определяет сквозные технологии → АТ входят в их число → Стратегия по АТ №1913-р является инструментом реализации этой части Концепции.

2. Взаимосвязь задач по развитию АТ и целей Концепции 1315-р в рамках НИС представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Взаимосвязь задач по развитию АТ и целей Концепции 1315-р в рамках НИС

	Цель Концепции 1315-р	Задачи по развитию аддитивных технологий
	Достижение технологического суверенитета	АТ позволяют создавать сложные изделия (от деталей двигателей до медицинских имплантов) без зависимости от иностранных поставок и длинных цепочек
	Формирование полных технологических циклов	АТ – это не только печать, но и полный цикл: материалы → ПО → оборудование → постобработка → сертификация. Это создание новой индустрии «с нуля».
	Ускорение внедрения инноваций	Сокращение цикла «идея → прототип → продукт» в разы. Прямая цифровая цепочка (CAD-модель → готовое изделие)
	Повышение производительности труда	Снижение материалоемкости, отходов, логистических издержек. Возможность производства на месте потребления

Источник: составлено автором

3. Связь через механизмы реализации

Концепция предусматривает механизмы, которые напрямую работают на развитие АТ (таблица 2).

Таблица 2 – Механизмы Концепции 1315-р для развития АТ в НИС

	Механизм Концепции 1315-р	Применение к аддитивным технологиям
1	Технологические проекты полного цикла	Проекты по созданию отечественных промышленных 3D-принтеров, разработке новых порошковых материалов
2	Государственно-частное партнерство (ГЧП)	Совместное финансирование центров аддитивных технологий при вузах или на базе крупных корпораций («Росатом», «Ростех»)
3	Стимулирование спроса	Включение требований к использованию АТ в госзакупках для ОПК, медицины, строительства
4	Меры финансовой поддержки	Субсидии, льготные кредиты (например, от Фонда развития промышленности) для компаний, внедряющих АТ

Источник: составлено автором

Концепция технологического развития до 2030 года (№1315-р) и Стратегия развития аддитивных технологий (№1913-р) находятся в отношении «стратегия – тактика» или «общее – частное». Концепция 1315-р задает общее поле, приоритеты и правила игры для всех сквозных технологий, определяя место и роль АТ в технологическом суверенитете России. Стратегия 1913-р является профильным, специализированным документом, который

детализирует пути развития именно АТ в рамках общей логики, заданной Концепцией.

Итак, развитие аддитивных технологий в НИС – это не отдельная инициатива, а обязательный, системный компонент выполнения Концепции технологического развития России до 2030 года. Успех в АТ будет прямо влиять на достижение ключевых целей Концепции в области нового производства, медицины, космоса и создания собственных технологических циклов.

Формирование нормативной базы для развития аддитивных технологий в России находится на ранней стадии, отставая от технологических возможностей и промышленных запросов производства. Ситуация характеризуется фрагментарностью и отсутствием системного подхода. Анализируя текущее состояние нормативной базы, необходимо отметить ряд действующих документов на макро- и мезоуровне.

При изучении нормативных документов по развитию АТ в НИС, которых разработано с 2017 года более 50 стандартов, выявлены следующие ключевые проблемы:

1. Отсутствие единых ГОСТов по методам контроля качества (дефектоскопия, остаточные напряжения); сертификации материалов (металлические порошки, фотополимеры); процедурам аттестации оборудования и технологий.

2. Не отрегулированы:

- требования к безопасности труда (работа с наноматериалами, лазерами);
- экологические нормы утилизации отходов АТ;
- цифровые цепочки (защита данных при передаче моделей).

Инициативы по развитию АТ в НИС на основе Стратегии, Плана мероприятий и Перспективной Программы стандартизации АТ заключаются в следующем:

В ФЗ «О промышленной политике» необходимо включить АТ в перечень критических технологий (ст. 8.1) с механизмами господдержки.

В Программе стандартизации "Аддитивные технологии" до 2027 года разработка 50+ ГОСТов при координирующей роли Росстандарта и НИИ "Аддитивные технологии" (на базе ВИАМ). В приоритете требования к металлическим порошкам (ГОСТ Р на основе ASTM F3049); стандарты для строительной 3D-печати.

По отраслевым инициативам, например, Минздрав готовит регламенты для сертификации медицинских имплантов, Росавиация разрабатывает АП-25 (аналог FAA для АТ-деталей в авиации).

Последствия развития АТ в НИС для промышленности. Для производителей неизбежны риски при внедрении АТ из-за отсутствия четких "правил игры" (например, невозможность сертифицировать деталь для самолета). Для инвесторов высокие издержки на самостоятельную разработку ТУ (технических условий) и проведение внеплановых испытаний. Для

экспорта требуется дублирование испытаний по иностранным стандартам (например, NADCAP в аэрокосмической отрасли).

Считаем, что нормативная база отстает на 3–5 лет от технологических возможностей, что тормозит массовое внедрение АТ. Критически необходимы определенные действия по развитию нормативной базы АТ в НИС на макро- и мезоуровне.

Фундамент нормативов (20–30 ГОСТов) сформируется до 2027 года, но для полной интеграции АТ в НИС потребуется:

– финансирование разработки стандартов (в бюджете 2025 г. заложено 0,8 млрд руб.);

– подготовка экспертов по стандартизации АТ.

Конкретные меры Минпромторга и дорожные карты

Важнейшим инструментом реализации Стратегии АТ до 2030 года является План мероприятий («дорожная карта»). В соответствии с распоряжением Правительства РФ от 14.07.2021 № 1913-р, в 2022 году был утвержден План, включающий следующие ключевые мероприятия (сроки – 2022–2024 гг., пролонгированы до 2026 г.):

Разработка и актуализация национальных стандартов (ГОСТ Р) в области АТ – ответственность Росстандарта и ТК 182.

Создание инфраструктуры – центров коллективного пользования, инжиниринговых центров, центров сертификации.

Финансовая поддержка – предоставление субсидий на НИОКР и закупку оборудования через Минпромторг и ФРП.

Кадровое обеспечение – разработка профессиональных стандартов «Специалист по аддитивным технологиям» (утвержден приказом Минтруда) и образовательных программ.

Стимулирование спроса – включение требований к использованию АТ в госзакупки (пилотные проекты в ОПК, авиации, медицине).

По состоянию на 2025 год, большинство мероприятий находятся в стадии реализации; полноценный мониторинг эффективности (с корректировкой KPI) планируется к 2027 году.

Считаем, что предприятиям необходимо участвовать в рабочих группах Росстандарта и отраслевых ассоциаций (например, АССАД – Ассоциация развития аддитивных технологий) для влияния на нормотворчество, активно применять корпоративные стандарты (по примеру Росатома) как временное решение. В настоящее время ситуация по развитию АТ улучшается, но без ускорения регуляторных процессов НИС России рискует утратить конкурентные позиции в сфере АТ.

Приложение В – информационное. Затраты на инновационную деятельность по источникам финансирования и по видам деятельности в 2024 г.

	Затраты на инновационную деятельность	Собственные средства организаций	Федеральный бюджет бюджеты	Бюджеты субъектов Российской Федерации и местные	Фонды поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности	Иностранные инвестиции	Прочие средства
Обрабатывающие производства - всего	1271748.9	730144.5	265430.8	3892.0	1223.0	2893.9	268164.6
Высокотехнологичные	291665.7	116241.6	134434.7	553.0	496.4	2.5	39937.5
Производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях	22142.7	21570.5	337.2	-	-	-	234.9
Производство компьютеров, электронных и оптических изделий	133991.3	62802.7	62205.9	550.4	488.8	…	7942.0
Производство летательных аппаратов, включая космически, и соответствующего оборудования	135531.7	31868.4	71891.5	…	…	…	31760.6
Среднетехнологичные высокого уровня	348773.1	242642.5	23023.9	279.8	634.6	110.2	82082.1
Производство химических веществ и химических продуктов	192566.5	120844.7	3602.3	-	…	…	67996.8
Производство электрического оборудования	21345.1	17096.5	1970.7	…	…	-	2264.3
Производство машин и оборудования, не	59442.3	35032.0	13560.7	237.6	551.9	-	10060.0

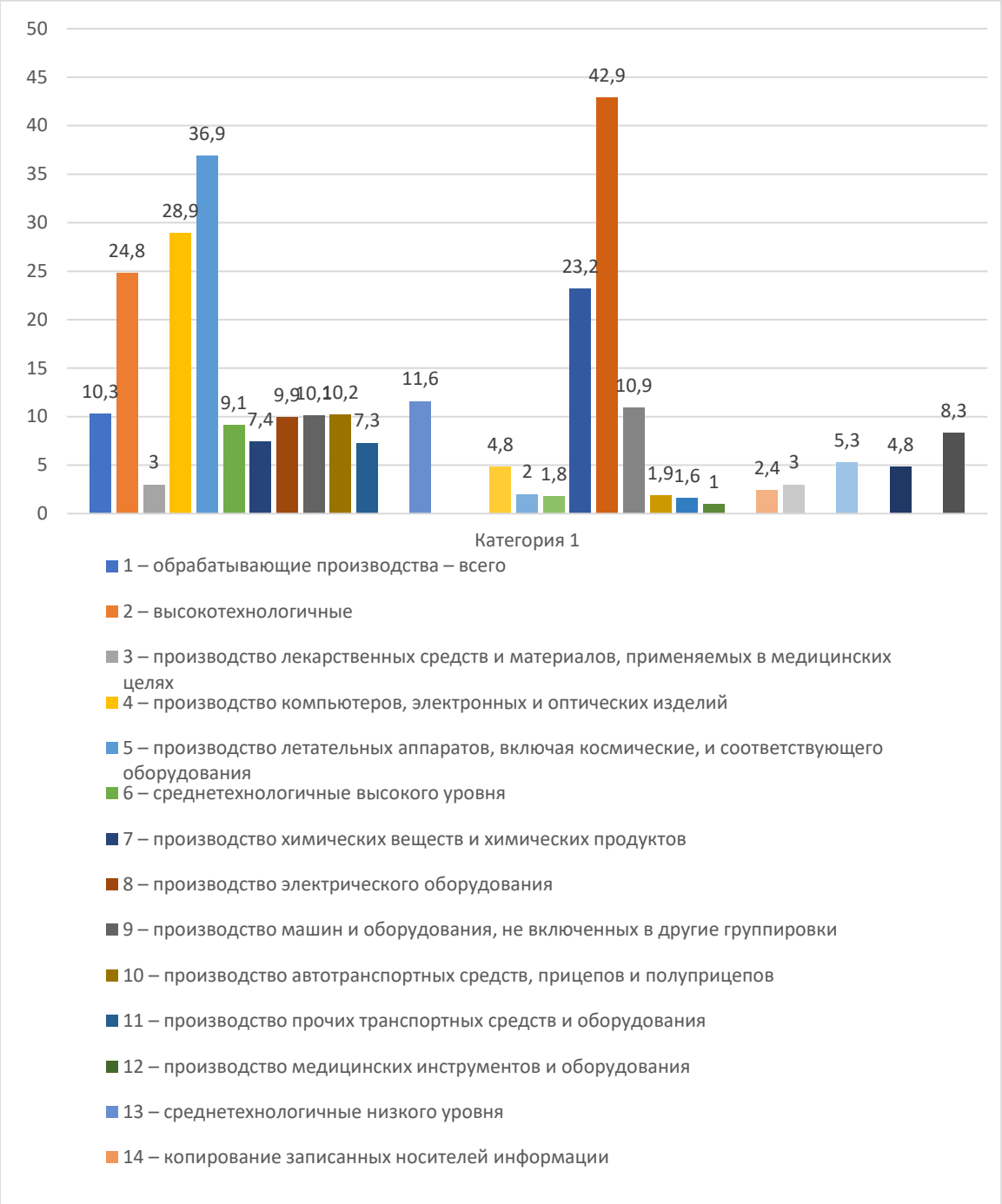
включенных в другие группировки							
Производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	71813.2	66476.0	3700.8	-	-	-	1636.5
Производство прочих транспортных средств и оборудования	2968.2	2649.9	189.5	…	-	-	124.5
Производство медицинских инструментов и оборудования	637.9	543.5	-	…	…	-	-
Среднетехнологичные низкого уровня	559100.9	310893.9	107013.0	3044.5	92.0	1016.2	137041.3
Копирование записанных носителей информации	…	…	-	-	-	-	-
Производство кокса и нефтепродуктов	144982.2	64137.8	-	-	-	-	80844.4
Производство резиновых и пластмассовых изделий	11849.0	9007.7	7825	-	…	-	2048.8
Производство прочей неметаллической минеральной продукции	12014.0	8186.1	1026.8	…	…	…	1902.1
Производство металлургическое	142524.1	120754.0	…	…	-	…	21666.3
Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	158933.2	54828.7	89239.3	…	45.4	…	11842.0
Строительство кораблей, судов и лодок	36349.1	14977.6	2513.3	…	-	-	18691.2
машин и оборудования	52447.8	39000.7	133629	…	-	-	46.5
Низкотехнологичные	72209.3	60366.4	959.3	14.8	-	1765.0	9103.7

Производство пищевых продуктов	40392.5	30883.2	287.7	…	-	…	7452.2
Производство напитков	3586.3	3374.5					210.3
Производство табачных изделий	10355.3	10355.3	-	-	-	-	-
Производство текстильных изделий	2436.4	2241.2	…	-	-	-	191.2
Производство одежды	472.9	319.3	…	-	-	-	…
Производство кожи и изделий из кожи	196.6	196.6	-	-	-	-	-
Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	2286.1	2132.6	…	-	-	-	…
Производство бумаги и бумажных изделий	8624.2	7658.4	-	-	-	-	…
Деятельность полиграфическая и копирование носителей информации	835.4	571.5	…	-	-	-	…
Производство мебели	821.4	755.9	-	…	-	-	55.1
Производство прочих готовых изделий	2202.3	18782	…	-	-	-	…

Источник: составлено автором[321]

[321] Индикаторы инновационной деятельности: 2025 : статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, Г. А. Грачева и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2025. – 196 с.

Приложение Г – информационное. Организации, финансируемые ФД в 2024 г.



Источник: составлено автором[322]

Рисунок 1 – Организации, получившие финансирование из средств Федерального бюджета в 2024 г.

[322] Индикаторы инновационной деятельности: 2025 : статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, Г. А. Грачева и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2025. – 196 с.

Приложение Д – информационное. Объем инновационных товаров, работ и услуг по уровню новизны и ВЭД в 2024 г.

	Миллионы рублей			В процентах от общего объема отгруженных товаров, выполненных работ, услуг		
	всего	вновь внедренные или подвергавшиеся значительным технологическим изменениям	подвергавшиеся усовершенствованию	всего	вновь внедренные или подвергавшиеся значительным технологическим изменениям	подвергавшиеся усовершенствованию
Обрабатывающие производства - всего	4933584.6	3421308.8	1512275.8	8.0	5.6	2.5
Высокотехнологичные	808527.0	578472.3	230054.7	19.3	13.8	5.5
Производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях	71615.8	67608.6	4007.2	6.4	6.0	0.4
Производство компьютеров, электронных и оптических изделий	482791.7	341539.8	141251.9	23.8	16.8	7.0
Производство летательных аппаратов, включая космические, и соответствующего оборудования	254119.5	169323.9	84795.7	24.8	16.5	8.3
Средне технологичные высокого уровня	1241378.0	768503.4	472874.6	10.4	6.4	4.0
Производство химических веществ и химических продуктов	235267.5	115158.1	120109.5	4.3	2.1	2.2
Производство электрического оборудования	175495.9	122050.9	53445.0	11.3	7.8	3.4
Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	228340.0	73114.9	155225.1	12.1	3.9	8.2
Производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	515274.0	392997.3	122276.7	25.3	19.3	6.0
Производство прочих транспортных средств и оборудования	78526.6	58222.6	20304.0	8.2	6.0	2.1
Производство медицинских	8473.8	6959.5	1514.3	16.4	13.5	2.9

инструментов и оборудования						
Средне технологичные низкого уровня	2395784.7	1844061.4	551723.3	7.3	5.6	1.7
Копирование записанных носителей информации	-	-	-	-	-	-
Производство кокса и нефтепродуктов	372959.5	349848.2	23111.3	2.9	2.7	0.2
Производство резиновых и пластмассовых изделий	119118.8	30229.2	88889.6	7.7	1.9	5.7
Производство прочей неметаллической минеральной продукции	66188.5	30952.1	35236.4	3.2	1.5	1.7
Производство металлургическое	863016.4	667225.1	195791.3	7.9	6.1	1.8
Производство готовых металлических изделий	660812.5	478699.1	182113.4	17.4	12.6	4.8
Строительство кораблей, судов и лодок	280771.7	258128.3	22643.4	35.4	32.5	2.9
Ремонт и монтаж машин и оборудования	32917.3	28979.4	3937.9	3.6	3.1	0.4
Низкотехнологичные	487894.9	230271.8	257623.2	3.9	1.8	2.1
Производство пищевых продуктов	290374.0	163824.2	126549.8	3.7	2.1	1.6
Производство напитков	26247.2	23473.5	2773.8	2.5	2.3	0.3
Производство табачных изделий	17885.3	4171.6	…	5.9	1.4	4.5
Производство текстильных изделий	20388.6	4140.4	…	5.7	1.2	4.5
Производство одежды	1164.3	520.4	643.8	0.5	0.2	0.3
Производство кожи и изделий из кожи	419.3	…	…	0.5	0.4	0.1
Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели	8153.8	7404.3	749.4	1.3	1.2	0.1
Производство бумаги и бумажных изделий	87307.5	12750.7	74556.8	6.4	0.9	5.4
Деятельность полиграфическая и копирование информации	13392.6	2734.7	10657.9	5.1	1.0	4.1
Производство мебели	18841.2	9249.4	9591.8	6.7	3.3	3.4
Производство прочих готовых изделий	3721.2	1654.5	2066.7	2.1	1.0	1.2

Источник: составлено автором[323]

[323] Индикаторы инновационной деятельности: 2025 : статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, Г. А. Грачева и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2025. – 196 с.

Приложение Ж – информационное. Инновационные товары, работы, услуги, выполненные по муниципальным заказам в 2024 г.

Таблица 1 – Инновационные товары, работы, услуги, выполненные по муниципальным заказам в 2024 г. (57-58 с.)

	Миллионы рублей	В процентах от общего объема инновационных товаров, работ, услуг
Обрабатывающие производства - всего	814135.4	16.5
Высокотехнологичные	259225.4	32.1
Производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях	674.5	0.9
Производство компьютеров, электронных и оптических изделий	136958.9	28.4
Производство летательных аппаратов, включая космические, и соответствующего оборудования	121591.9	47.8
Среднетехнологичные высокого уровня	130817.8	10.5
Производство химических веществ и химических продуктов	4951.8	2.1
Производство электрического оборудования	3813.4	2.2
Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	94674.6	41.5
Производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	27286.7	5.3
Производство прочих транспортных средств и оборудования	-	-
Производство медицинских инструментов и оборудования	91.3	1.1
Среднетехнологичные низкого уровня	422163.8	17.6
Копирование записанных носителей информации	-	-
Производство кокса и нефтепродуктов	-	-
Производство металлургическое	-	-

Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	357505.1	54.1
Строительство кораблей, судов и лодок Ремонт и монтаж машин и оборудования	57493.8	20.5
Ремонт и монтаж машин и оборудования	2992.6	9.1
Низкотехнологичные	1928.4	0.4
Производство пищевых продуктов	…	0.004
Производство напитков	-	-
Производство табачных изделий	-	-
Производство текстильных изделий	…	9.1
Производство одежды	…	1.9
Производство кожи и изделий из кожи	-	-
Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	-	0.5
Производство бумаги и бумажных изделий	-	-
Деятельность полиграфическая и копирование носителей информации	-	-
Производство мебели	-	-
Производство прочих готовых изделий	-	-

Источник: составлено автором[324]

[324] Индикаторы инновационной деятельности: 2025 : статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, Г. А. Грачева и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2025. – 196 с.

Приложение 3 – информационное. Инновационные товары, созданные с использованием РИД российских правообладателей по ВЭД в 2024 г.

	Миллионы рублей	в процентах от общего объем инновационных товаров, работ, услуг
Обрабатывающие производства - всего	1112836.4	22.6
Высокотехнологичные	230399.0	28.5
Производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях	22980.2	32.1
Производство компьютеров, электронных и оптических изделий	163933.8	34.0
Производство летательных аппаратов, включая космические, и соответствующего оборудования	43485.0	17.1
Среднетехнологичные высокого уровня	91227.1	7.3
Производство химических веществ и химических продуктов	41311.7	17.6
Производство электрического оборудования	7761.4	4.4
Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	25774.6	11.3
Производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	13072.9	2.5
Производство прочих транспортных средств и оборудования	2235.3	2.8
Производство медицинских инструментов и оборудования	…	12.6
Среднетехнологичные низкого уровня	754759.7	31.5
Копирование записанных носителей информации	-	-
Производство кокса и нефтепродуктов	…	0.001
Производство резиновых и пластмассовых изделий	4805.1	4.0
Производство прочей неметаллической минеральной продукции	387.1	0.6
Производство металлургическое	299795.3	34.7

Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	426950.1	64.6
Строительство кораблей, судов и лодок	22740.9	8.1
Ремонт и монтаж машин и оборудования	…	0.2
Низкотехнологичные	36450.6	7.5
Производство пищевых продуктов	3906.9	1.3
Производство напитков	…	4.2
Производство табачных изделий	-	-
Производство текстильных изделий	…	79.8
Производство одежды	-	-
Производство кожи и изделий из кожи	…	82.8
Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	…	23.0
Производство бумаги и бумажных изделий	-	-
Деятельность полиграфическая и копирование носителей информации	12832.2	95.8
Производство мебели	-	-
Производство прочих готовых изделий	…	2.7

Источник: составлено автором[325]

[325] Индикаторы инновационной деятельности: 2025 : статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, Г. А. Грачева и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2025. – 196 с.

Приложение И – информационное. Экспорт инновационных товаров, работ, услуг по ВЭД в 2024 г.

	Миллионы рублей	В процентах от общего объема инновационных товаров, работ, услуг	В процентах от общего объема экспорта товаров, работ, услуг
Обрабатывающие производства - всего	341915.2	6.9	3.0
Высокотехнологичные	37690.8	4.7	14.6
Производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях	54.2	0.1	0.2
Производство компьютеров, электронных и оптических изделий	21003.9	4.4	26.3
Производство летательных аппаратов, включая космические, и соответствующего оборудования	…	6.5	11.6
Среднетехнологичные высокого уровня	85391.4	6.9	5.3
Производство химических веществ и химических продуктов	67039.4	28.5	5.1
Производство электрического оборудования	3348.8	1.9	5.2
Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	8789.4	3.8	7.0
Производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	3952.1	0.8	6.8
Производство прочих транспортных средств и оборудования	2215.5	2.8	5.6
Производство медицинских инструментов и оборудования	…	0.5	4.7
Среднетехнологичные низкого уровня	173877.1	7.3	2.1
Копирование записанных носителей информации	-	-	-
Производство кокса и нефтепродуктов	27522.2	7.4	0.6
Производство резиновых и пластмассовых изделий	1123.2	0.9	1.3
Производство прочей неметаллической минеральной продукции	4287.3	6.5	4.5

Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	18021.0	2.7	10.6
Строительство кораблей, судов и лодок	-	-	-
Ремонт и монтаж машин и оборудования	-	-	-
Низкотехнологичные	44955.8	9.2	3.6
Производство пищевых продуктов	21884.5	7.5	3.6
Производство напитков	319.4	1.2	0.9
Производство табачных изделий	…	7.5	3.4
Производство текстильных изделий	12.6	0.1	0.05
Производство одежды	…	0.1	0.04
Производство кожи и изделий из кожи	-	-	-
Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	2651.7	32.5	1.0
Производство бумаги и бумажных изделий	14862.4	17.0	6.0
Деятельность полиграфическая и копирование носителей информации	…	28.3	19.7
Производство мебели	66.9	0.4	1.1
Производство прочих готовых изделий	29.8	0.8	0.3

Источник: составлено автором[326]

[326] Индикаторы инновационной деятельности: 2025 : статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, Г. А. Грачева и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2025. – 196 с.

Приложение К – информационное. Организации производители АТ по категориям в 2024 г.

Организации производители аддитивных технологий по категориям в 2024 г.

Категория 1: Производители промышленного оборудования и систем (Hardware & R&D) – это компании, которые разрабатывают и производят сами 3D-принтеры, установки и ключевые компоненты для них:

1. Am.Tech (М) – Промышленные DED/LMD установки для металла (крупный габарит, ремонт)[327].
2. 3D LAM (М) – Промышленные SLS-принтеры для полимерных порошков.
3. NEX (СПб) – Промышленные SLS-принтеры для полимерных порошков.
4. PICASO 3D (М) – Профессиональные и индустриальные FDM-принтеры.
5. xWELD (М) – Установки для DED (прямой лазерной наплавки) металла.
6. АО «Лазерные системы» (СПб) – Полноценные лазерные комплексы для SLM/DED.
7. Лазеры и аппаратура (СПб) – Ключевые компоненты (лазерные источники) для систем АТ.
8. ONSINT (СПб) – Специализированные экструдеры и принтеры для высокотемпературных пластиков.
9. Ation3D (М) – DLP-принтеры для ювелирки, стоматологии, точного литья.
10. Адс Индастри (М) – Крупногабаритные промышленные FDM-принтеры.
11. ООО «Роботех» (М) – Роботизированные комплексы для гибридного аддитивного производства.
12. F2 Innovation (М) – Разработка и производство собственных 3D-принтеров (SLA, FDM).

Категория 2: Сервисные центры и аддитивное производство на заказ (Service Bureaus) – это компании, которые оказывают услуги по 3D-печати, прототипированию, сканированию и инжинирингу на своем оборудовании:

1. LIDER-3D (М) – Специализированные услуги печати металлом (SLM).
2. Металл-Спринт (М) – Услуги печати металлом, сложные и мелкосерийные детали.
3. Центр аддитивных технологий 3DVision (М) – Широкий спектр услуг (SLA, SLS, FDM).
4. Фабрика братьев Просвирниных (М) – Крупный сервисный центр для дизайна и прототипирования.
5. 3D FORMAT (М) – Услуги печати (в т.ч. цветным гипсом), сканирования.
6. URAL 3D (Екб) – Региональный сервисный центр для промышленности Урала.
7. IGo3D Russia (М) – Услуги цветной 3D-печати гипсом для архитектуры и дизайна.

327 Условные обозначения: (М) – Москва, (СПб) – Санкт-Петербург, (Екб) – Екатеринбург, (Иж) – Ижевск.

Категория 3: Ключевые научно-производственные и государственные центры (R&D & Full-Cycle) – это крупные организации с сильной R&D-составляющей, часто с государственным участием, работающие над полным циклом от разработки до внедрения:

1. АО «Центр аддитивных технологий» (Росатом) (М) – Флагманский центр. Полный цикл: материалы, технологии, оборудование, сертификация для атомной и авиационной отраслей.
2. Центр прототипирования и АП SKAT3D (М) – Государственный центр для внедрения АТ в промышленность Москвы и РФ.
3. СКБ-14 (Иж) – НПО в ОПК, разработка и внедрение технологий печати металлом для ответственных изделий.
4. REC (РЭЦ) (М) – Научно-исследовательский центр, фокус на разработке новых материалов и процессов.
5. Керамет (СПб) – Специализированный центр по аддитивному производству изделий из технической керамики.
6. Прокерамика (СПб) – Разработка технологий и производство керамики методом стереолитографии.

Категория 4: Поставщики, дистрибьюторы и интеграторы (Supply Chain & Distribution) – это компании, обеспечивающие рынок оборудованием, материалами и комплексными решениями:

1. IMPRINTA (М) – Крупный дистрибьютор промышленного и профессионального оборудования.
2. Цветной мир (М) – Дистрибьютор оборудования и материалов с фокусом на образование.
3. ГК «Иннфокус» (М) – Системный интегратор комплексных решений (3D-печать, сканирование, ПО).
4. RangeVision (М) – Производитель ключевого сопутствующего оборудования – 3D-сканеров.

Категория 5: Разработчики программного обеспечения (Software) – это компании, создающие цифровую основу для аддитивных технологий. Siu Sistem (М/СПб) – Разработка ПО для 3D-печати (слайсеры, управление, генеративный дизайн).

Приложение Л – информационное. Предприятия Курской области, взаимодействующие с АТ, в 2024 г.

Управление

Акционерное общество "Рудоавтоматика имени В.В. Сафошина"
ОАО "Курскрезинотехника"
ООО "Исток+"
ООО «Мираторг-Белгород»
Филиал ООО «Газпром трансгаз Москва» «Курское ЛПУМГ» (Курское линейное производственное управление м
ООО Завод "Рокот"
АО "Энерготекс"
ООО "СпецМаш"
Акционерное общество "Рудоавтоматика имени В.В. Сафошина"
Акционерное общество «Геомаш»
АО «Старооскольский завод автотракторного электрооборудования им. А.М. Мамонова» (АО «СОАТЭ»)
АО "Курский электроаппаратный завод"
НИИЦ (г.Курск) ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ
ОАО «Электроагрегат»
Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Курская атомная станция»
ПАО «Михайловский ГОК»
АО "Нижегородское научно-производственное объединение имени М.В. Фрунзе"
ООО Курский филиал "БИАКСПЛЕН"
ООО «АПЗ-20»
ОАО "Курскрезинотехника"
ООО "Курский аккумуляторный завод"
ОАО «Энергомаш»
Курчатовский завод "Вектор" - филиал АО "Электроцентромонтаж"
АО "НИИИ"
ООО "Завод Гидропром"
АО "Курский электроаппаратный завод"
ОАО «Электроагрегат»
ООО "Агростратегия"
ООО НПО "Композит"
ООО "Фосфорит"
АО "Курский электроаппаратный завод"

Экономика

АО "Комфортел"
Акционерный коммерческий банк "Легион" (ОАО)
Управление Культуры Администрации Города Железногорска
ОАО Управление механизации
МУ «Ремонтно-хозяйственная служба учреждений образования города Железногорска»
ООО "ЖКУ"
Управление финансов администрации г.Железногорска Курской обл.
Управление образования администрации г.Железногорска Курской обл.

Управление городского хозяйства администрации города Железногорска Курской области
Банк ВТБ 24 (ПАО)
ОАО КБ «Восточный»
ОО "Курский" филиал "Рязанский" ОАО "СКБ-Банк"
АО "ОТП Банк" (г. Москва)
Филиал ПАО СК "Росгосстрах" в Курской области
ООО ГК «Промресурс»
ООО "Европа"
АО «Корпорация «ГРИНН»
ОАО "АтомЭнергоСбыт"
ООО ПО «ВАГОНМАШ»
ОАО «Кореневский Завод Низковольной Аппаратуры»
ОАО "Глобус"
Акционерное общество "Рудоавтоматика имени В.В. Сафошина"
ФГБУ науки Институт Латинской Америки российской академии наук
Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Курской области
ООО "Теплогенерирующая компания"
ООО "Торговый дом "Двадцатый подшипниковый завод"
ПАО "Мегафон"
ФГБУ науки Институт Дальнего Востока Российской академии наук
Управление Федерального казначейства по Курской области
АО "Управляющая Компания ГП "ГОТЭК"
ООО "ГОТЭК-ЦПУ"
ООО "Курскхимволокно"
«Экспериментальный комбинат детского питания» филиал АО «Вимм-Билль-Данн»
Управление Федеральной налоговой службы по Курской области
Инспекция Федеральной налоговой службы по г. Курску
ООО Завод "Рокот"
Национальный комитет содействия экономическому сотрудничеству со странами Латинской Америки (НК СЭСЛ
ООО ТД "Технолайн"
ООО ТД "Технолайн"
Совместное Российско-чешское закрытое акционерное общество "Матис"
Администрация Мантуровского района
Администрация Большесолдатского р-на Курской области
Акционерное общество "Рудоавтоматика имени В.В. Сафошина"
Управление Федерального казначейства по Курской области
АО «ЖБИ»
Межрайонная инспекция Федеральной налоговой службы №5 по Курской области
АО "Курскмедстекло"
АО «Страховая компания АСКО-Центр»
Администрация Сеймского округа Города Курска
АО "Курский электроаппаратный завод"
Комитет образования и науки Курской области
Курский региональный филиал АО «Россельхозбанк»
ООО "МонтажСтрой"
ОАО «Электроагрегат»
Управление финансов администрации г.Железногорска Курской обл.
ООО "Этель Торг"

АО «КОНТИ-РУС»
Комитет Финансов города Курска
ООО "Уайтек ИТ"
ПАО «Сбербанк России»
ООО "Предприятие ВТИ-Сервис"
ПАО «Михайловский ГОК»
Филиал ПАО СК "Росгосстрах" в Курской области
Комитет по экономике и развитию Курской области
ООО Промышленное объединение Концерн «Курсктрикотажпром»
АО "Нижегородское научно-производственное объединение имени М.В. Фрунзе"
ООО Курский филиал "БИАКСПЛЕН"
ПАО "Ростелеком"
ООО «АПЗ-20»
ПАО «Курскпромбанк»
ООО "АгроТерра"
ПАО «Сбербанк России»
Общество с ограниченной ответственностью "Лайнкор"
АО "КурскАтомЭнергоСбыт"
ООО "Европа"
ООО "Союз консалтинг"
АО "Проект "Свежий Хлеб"
АО "Авиаавтоматика" имени В.В.Тарасова"
ООО "Завод Гидропром"
ГК Центр страхования "АвтоПрофи"
АО "Курский электроаппаратный завод"
ПАО "Мегафон"
ООО «Совтест АТЕ»
ОАО "АтомЭнергоСбыт"
ОАО «Электроагрегат»
АО "ЖБИ"
ООО "Теплогенерирующая компания"
АО "Экспобанк"
ООО НПО "Композит"
АО "ЛЬГОВСКИЙ ЗАВОД "ЭЛЕКТРОЩИТ"
АО "Курский электроаппаратный завод"

Строительство

ООО СМУ «Телеком»
ООО "МПМК-3"
Курский филиал ФГУП «Ростехинвентаризация –федеральное БТИ»
АО "Газпром газораспределение Курск"
ИП Степаненко Максим Александрович
Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Курской обл.
Филиал ПАО «МРСК Центра» - «Курскэнерго»
ЗАО «Автодор»
МУП «Курскводоканал»
ООО "Домостроительный комбинат АРБЛОК"

Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защ
Акционерное общество "Южное аэрогеодезическое предприятие" Курский филиал (Курскгеодезия)
ООО "ДиВо-дизайн"
АО «Корпорация «ГРИНН»
ОБУ "Проектный институт "Курскгражданпроект"
ИП Носарь Александр Вячеславович
АО "Управляющая Компания ГП "ГОТЭК"
ООО "ГОТЭК-ЦПУ"
ООО "Курскхимволокно"
ООО «Мираторг-Белгород»
Филиал ООО «Газпром трансгаз Москва» «Курское ЛПУМГ» (Курское линейное производственное управление м
АО "Газпром газораспределение Курск"
ООО "Бюро оценки"
ППО Филиала ПАО "Квадра"-"Курская Генерация"
ОАО «Фармстандарт – Лексредства»
Курский филиал ООО "Независимый консалтинговый центр "Эталонъ"
Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Курская атомная станция»
Курский филиал ООО "Независимый консалтинговый центр "Эталонъ"
ПАО «Михайловский ГОК»
ЗАО «Автодор»
ООО "ЖКХ-ЭКСПЕРТ"
Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Курской обл.
Филиал ПАО «МРСК Центра» - «Курскэнерго»
МУП «Курскводоканал»
МУП «Курскводоканал»
ООО "СТРОИТЕЛЬНАЯ КОМПАНИЯ КУРСКА"
ООО "ПРОМТЕХНОЛОГИЯ46"
АО инжиринговая компания "АСЭ"
Управление Росреестра по Курской области
Курчатовский завод "Вектор" - филиал АО "Электроцентромонтаж"
ООО "Сигма"
ООО "Энергострой"
ФГБУ "ФКП Росреестра"
ОАО «Фармстандарт – Лексредства»
АО "Газпром газораспределение Курск"

Биотехнические системы и технологии

ООО "Курскхимволокно"
ООО "Авиценна"
ОБУЗ "Курский областной клинический кожно-венерологический диспансер"
ООО "МЕД КОНЦЕПТ"
ООО «Совтест АТЕ»
ООО «Инновационный центр «Бирюч-Новые технологии»
Общество с ограниченной ответственностью "Лайнкор"
ООО «Совтест АТЕ»

Эксплуатация транспорта – техмаш

ООО "Эксклюзив - Авто Курск"
ИП Мяснянкина Л.Н.
ООО «Мираторг-Белгород»
ООО "СпецМаш"
АО "Курское пассажирское автотранспортное предприятие №1"
ООО "РОСУТИЛИЗАЦИЯ 46"
ООО "Чешские автомобили"
ООО "Леман"
ОАО «ПАТП г. Курска»
ЗАО "Орлов"
ООО "ПАТП №3"
АО "Курск-Лада"
ООО "РосУтилизация 46"
СТО "Lexus Club"
ООО "Курскавтосервис"
ООО "Чешские автомобили"
ООО "Эксклюзив - Авто Курск"
АО "Курское пассажирское автотранспортное предприятие №1"
ООО "Агростратегия"
ООО "Курскавтосервис"
ООО "Леман"

Химическая технология

ОАО "Курскрезинотехника"
ООО "Исток+"
ООО "Курскхимволокно"
ООО "Мираторг-Курск"
ОАО «Фармстандарт – Лексредства»
АО "Курскмедстекло"
АО "Курский электроаппаратный завод"
ООО "УльтраМол"
ЗАО "Кшенский сахарный комбинат"
ООО «КурскОбувь»
ООО "Курский завод композитных материалов"
ОАО «Электроагрегат»
ООО Курский филиал "БИАКСПЛЕН"
ООО «Инновационный центр «Бирюч-Новые технологии»
ОАО "Курскрезинотехника"
ООО "Курский аккумуляторный завод"
15
ООО "РПИ КурскПром"
АО "Курский электроаппаратный завод"
ОАО «Фармстандарт – Лексредства»
ОАО «Электроагрегат»
ООО НПО "Композит"

ООО "Фосфорит"
АО "Курский электроаппаратный завод"
ООО "АгроТерра"
ООО "Агростратегия"
ЗАО "Кшенский сахарный комбинат"
ОАО «Кривец-сахар»

Машиностроение

Акционерное общество "Рудоавтоматика имени В.В. Сафошина"
ОАО "Курскрезинотехника"
ООО "Исток+"
ООО «Мираторг-Белгород»
Филиал ООО «Газпром трансгаз Москва» «Курское ЛПУМГ» (Курское линейное производственное управление м
ООО Завод "Рокот"
АО "Энерготекс"
ООО "СпецМаш"
Акционерное общество "Рудоавтоматика имени В.В. Сафошина"
Акционерное общество «Геомаш»
АО "Курский электроаппаратный завод"
ОАО «Электроагрегат»
ООО "Агростратегия"
ООО НПО "Композит"
ООО "Фосфорит"
АО "Курский электроаппаратный завод"

Приложение М – информационное. Динамика показателей развития аддитивных технологий в НИС по ЦФО в 2020-2023 гг.

Таблица 1 – Показатели развития аддитивных технологий в НИС по ЦФО в 2020 г.

Регионы	РППТ	ВЗНР	ВЗПИ	ИППТ	ППРО	УВПК	УВТИ	УВЗИ	УВИР	ИЗНИ	ТЗНР	ЧИУС
2020												
Белгородская область	38	917,7	896,0	3401	21	98,8	30,6	1,9	17,2	919	116	408
Брянская область	10	89,8	167,0	1787	6	81,9	20,4	1,1	15,4	243	84	78
Владимирская область	16	286,0	656,3	6437	45	89,2	24,2	2,1	6,8	1856	527	394
Воронежская область	16	623,6	1732,0	2935	20	91,2	27,3	3,5	3,6	5790	1526	974
Ивановская область	17	317,9	315,3	1203	0	87,8	22,9	0,7	1,2	458	26	245
Калужская область	15	545,6	2705,8	3453	104	87,1	25,8	0,7	0,5	3015	566	633
Костромская область	0	34,5	28,2	1491	7	76,8	9,9	0,3	7,5	39	1	15
Курская область	0	268,8	59,0	1790	24	86,7	18,0	0,3	7,1	966	162	167
Липецкая область	0	61,0	112,5	2998	73	89,7	24,9	4,9	5,9	367	35	246
Московская область	168	15711,3	31962,9	15638	255	82,0	24,5	4,3	8,5	39770	8029	7996
Орловская область	0	336,7	232,1	1337	0	83,7	22,3	0,5	6,5	291	252	153
Рязанская область	10	254,6	352,1	1747	33	84,9	21,0	1,0	4,8	931	70	166
Смоленская область	19	1097,7	90,3	2000	40	87,0	17,2	1,1	4,0	523	105	75
Тамбовская область	0	419,4	313,1	1882	9	88,9	18,1	1,1	8,7	438	68	147
Тверская область	5	738,7	516,0	3157	24	84,7	24,8	1,5	7,7	1577	201	293
Тульская область	7	68,0	436,3	4099	341	77,4	36,0	2,7	15,3	3274	216	204
Ярославская область	8	773,1	418,2	3235	0	82,9	23,6	1,6	6,3	2314	407	708
г. Москва	342	88959,5	91835,1	11022	167	76,0	32,6	3,0	2,4	116561	18083	39380

Источник: составлено автором

Таблица 2 – Показатели развития аддитивных технологий в НИС по ЦФО в 2021 г.

Регионы	РППТ	ВЗНР	ВЗПИ	ИППТ	ППРО	УВПК	УВТИ	УВЗИ	УВИР	ИЗНИ	ТЗНР	ЧИУС
2021												
Белгородская область	34	1356,4	997,4	3349	76	96,0	27,8	1,9	13,2	944	76	406
Брянская область	9	76,2	112,9	1779	6	86,6	20,1	0,6	12,9	201	62	75
Владимирская область	10	328,6	853,9	6604	49	88,7	23,7	1,0	2,9	1604	452	297
Воронежская область	24	744,0	1979,8	3072	93	88,0	21,1	2,0	3,7	5730	2006	930
Ивановская область	10	383,9	231,9	900	15	87,5	22,7	0,2	5,8	432	25	238
Калужская область	9	608,9	2314,3	3514	186	85,0	25,8	0,7	3,3	2667	611	596
Костромская область	0	40,1	34,4	1760	8	82,1	9,8	4,2	0,8	34	1	14
Курская область	0	268,3	73,8	1794	46	86,8	16,0	0,3	3,3	938	156	183
Липецкая область	20	97,0	106,0	3105	89	91,4	24,3	4,1	3,0	361	35	240
Московская область	201	15601,1	33777,8	16190	559	77,1	23,9	3,1	9,5	39736	7777	7691
Орловская область	0	275,2	293,6	1378	10	84,6	18,9	1,2	1,2	275	245	141
Рязанская область	13	308,0	350,4	1881	31	88,2	20,4	0,8	5,4	874	57	152
Смоленская область	22	1409,9	127,2	2256	22	86,4	14,4	0,8	2,0	538	105	76
Тамбовская область	0	449,4	341,7	2010	16	90,6	18,6	1,0	10,1	435	63	149
Тверская область	3	469,7	545,0	3158	43	84,6	22,1	0,8	10,6	1384	196	269
Тульская область	5	104,5	664,9	4440	80	77,7	26,7	1,7	11,4	3692	241	237
Ярославская область	4	931,9	676,5	3511	4	85,9	24,1	2,1	5,7	2421	421	727
г. Москва	421	95782,2	92404,6	13077	520	73,5	32,1	2,6	1,6	113115	19437	39055

Источник: составлено автором

Таблица 3 – Показатели развития аддитивных технологий в НИС по ЦФО в 2022 г.

Регионы	РППТ	ВЗНР	ВЗПИ	ИППТ	ППРО	УВПК	УВТИ	УВЗИ	УВИР	ИЗНИ	ТЗНР	ЧИУС
2022												
Белгородская область	25	1208,8	1593,4	3501	105	91,3	25,6	1,7	10,8	780	129	369
Брянская область	10	82,2	113,7	1800	80	84,4	18,3	0,5	7,4	195	55	52
Владимирская область	14	359,4	769,5	6774	335	87,4	21,8	1,0	2,8	1671	429	339
Воронежская область	25	791,6	2200,0	3216	99	86,5	18,3	1,8	2,9	5740	2134	926
Ивановская область	7	420,8	174,1	1029	47	86,7	22,2	0,3	4,2	434	0	236
Калужская область	6	823,1	2885,7	3722	770	84,9	24,8	0,7	2,8	3040	857	580
Костромская область	0	33,6	44,0	1668	41	85,0	11,5	1,7	0,7	28	0	16
Курская область	0	340,0	87,5	1857	60	85,2	16,7	0,4	6,8	945	166	175
Липецкая область	0	79,2	148,1	3173	86	88,3	21,3	3,4	2,9	354	41	220
Московская область	195	14454,9	43173,8	17461	1101	77,2	23,3	3,5	6,9	39162	7936	7644
Орловская область	0	314,1	330,9	1436	35	84,1	19,3	1,1	1,1	321	258	115
Рязанская область	8	302,6	332,5	1969	168	81,9	19,1	0,7	5,0	886	67	141
Смоленская область	15	1320,9	214,0	2273	57	81,1	14,7	0,9	4,7	578	107	81
Тамбовская область	0	500,7	308,2	1987	30	86,3	15,3	1,7	7,9	405	53	146
Тверская область	0	362,7	531,0	2956	191	82,1	21,2	0,9	6,8	1362	142	257
Тульская область	7	191,3	925,6	4998	469	78,0	23,0	2,6	12,2	3885	334	239
Ярославская область	0	1074,7	613,3	3629	40	82,4	22,1	2,2	6,0	2398	417	723
г. Москва	568	96575,0	107000,4	15131	602	70,8	31,6	3,2	4,2	113104	19395	37880

Источник: составлено автором

Таблица 4 – Показатели развития аддитивных технологий в НИС по ЦФО в 2023 г.

Регионы	РППТ	ВЗНР	ВЗПИ	ИППТ	ППРО	УВПК	УВТИ	УВЗИ	УВИР	ИЗНИ	ТЗНР	ЧИУС
2023												
Белгородская область	21	1063,5	1536,9	3 382	130	88,5	23,8	1,2	13,8	764	55	365
Брянская область	0	85,7	219,5	1 861	87	82,1	13,9	0,4	8,5	195	56	52
Владимирская область	23	454,8	762,2	4 503	189	86,3	21,9	1,1	2,4	1677	486	331
Воронежская область	19	828,0	2387,4	3 252	182	84,3	17,6	1,7	2,7	5399	1918	894
Ивановская область	7	431,6	180,2	1 319	195	84,2	22,1	0,4	5,1	465	0	228
Калужская область	8	793,3	3566,7	3 703	172	85,3	24,5	1,1	3,3	3126	811	533
Костромская область	10	59,8	33,8	1 844	76	85,1	11,6	0,2	1,5	32	0	17
Курская область	0	383,6	75,3	1 934	77	85,9	15,8	0,4	7,0	865	162	191
Липецкая область	0	91,3	114,5	3 195	95	89,1	19,8	3,3	4,3	356	43	216
Московская область	251	18248,0	41934,0	18 528	1109	76,3	23,3	3,3	9,4	38071	8128	7047
Орловская область	0	311,5	318,1	1 496	61	85,1	18,8	0,4	1,6	305	268	108
Рязанская область	14	280,7	359,7	2 123	154	79,5	17,9	0,8	3,1	815	118	128
Смоленская область	16	1568,2	229,0	2 210	108	77,8	14,6	1,0	8,3	479	110	74
Тамбовская область	0	498,7	336,3	1 837	65	84,2	16,5	2,3	4,9	347	69	152
Тверская область	0	659,0	421,6	3 151	177	81,0	21,2	1,0	8,6	1099	125	235
Тульская область	0	303,6	1271,3	3 886	163	77,8	23,3	3,0	17,7	3744	252	229
Ярославская область	3	978,0	823,4	3 819	192	81,0	22,0	4,6	7,4	2513	435	713
г. Москва	664	104360,3	122356,2	17 097	1341	70,8	32,8	4,6	2,0	113017	19422	37160

Источник: составлено автором

Приложение Н – инфрмационное. Результаты расчета масштабированных показателей уровня развития АТ регионов ЦФО в 2021-2023 гг.

Таблица 1 – Масштабирование показателей уровня развития АТ регионов ЦФО НИС в 2020 г.

Регионы	РППТ	ВЗНР	ВЗПИ	ИППТ	ППРО	УВПК	УВТИ	УВЗИ	УВИР	ИЗНИ	ТЗНР	ЧИУС
2020												
Белгородская область	5,01	0,82	0,61	18,98	1,10	100,00	87,75	39,23	97,43	0,79	0,56	1,04
Брянская область	1,32	0,08	0,11	9,97	0,32	82,89	58,53	23,31	87,02	0,21	0,40	0,20
Владимирская область	2,11	0,26	0,45	35,91	2,36	90,28	69,43	43,80	38,35	1,59	2,53	1,00
Воронежская область	2,11	0,56	1,18	16,38	1,05	92,31	78,16	71,71	20,18	4,97	7,32	2,47
Ивановская область	2,24	0,28	0,21	6,71	0,00	88,87	65,67	15,15	7,02	0,39	0,12	0,62
Калужская область	1,98	0,49	1,84	19,27	5,46	88,16	73,96	14,39	2,93	2,59	2,71	1,61
Костромская область	0,00	0,03	0,02	8,32	0,37	77,73	28,33	5,30	42,20	0,03	0,00	0,04
Курская область	0,00	0,24	0,04	9,99	1,26	87,75	51,60	6,76	40,29	0,83	0,78	0,42
Липецкая область	0,00	0,05	0,08	16,73	3,83	90,79	71,44	100,00	33,44	0,31	0,17	0,62
Московская область	22,16	14,08	21,73	87,25	13,39	83,00	70,14	88,33	48,12	34,12	38,50	20,30
Орловская область	0,00	0,30	0,16	7,46	0,00	84,72	63,87	9,99	36,89	0,25	1,21	0,39
Рязанская область	1,32	0,23	0,24	9,75	1,73	85,93	60,34	19,67	27,13	0,80	0,34	0,42
Смоленская область	2,51	0,98	0,06	11,16	2,10	88,06	49,30	21,62	22,90	0,45	0,50	0,19
Тамбовская область	0,00	0,38	0,21	10,50	0,47	89,98	51,82	22,65	49,07	0,38	0,33	0,37
Тверская область	0,66	0,66	0,35	17,61	1,26	85,73	71,05	29,90	43,69	1,35	0,96	0,74
Тульская область	0,92	0,06	0,30	22,87	17,91	78,34	103,28	56,21	86,43	2,81	1,04	0,52
Ярославская область	1,06	0,69	0,28	18,05	0,00	83,91	67,63	31,83	35,74	1,99	1,95	1,80
г. Москва	45,12	79,74	62,43	61,50	8,77	76,92	93,51	61,36	13,36	100,00	86,70	100,00

Источник: рассчитано автором

Таблица 2 – Масштабирование показателей уровня развития АТ регионов ЦФО НИС в 2021 г.

Регионы	РППТ	ВЗНР	ВЗПИ	ИППТ	ППРО	УВПК	УВТИ	УВЗИ	УВИР	ИЗНИ	ТЗНР	ЧИУС
2021												
Белгородская область	4,49	1,22	0,68	18,69	3,99	97,17	79,60	38,41	74,69	0,81	0,36	1,03
Брянская область	1,19	0,07	0,08	9,93	0,32	87,65	57,76	11,51	73,07	0,17	0,30	0,19
Владимирская область	1,32	0,29	0,58	36,85	2,57	89,78	68,05	21,14	16,26	1,38	2,17	0,75
Воронежская область	3,17	0,67	1,35	17,14	4,88	89,07	60,54	41,15	20,69	4,92	9,62	2,36
Ивановская область	1,32	0,34	0,16	5,02	0,79	88,56	65,13	4,89	33,12	0,37	0,12	0,60
Калужская область	1,19	0,55	1,57	19,61	9,77	86,03	74,14	14,59	18,50	2,29	2,93	1,51
Костромская область	0,00	0,04	0,02	9,82	0,42	83,10	28,02	84,92	4,47	0,03	0,00	0,04
Курская область	0,00	0,24	0,05	10,01	2,42	87,85	45,99	5,63	18,89	0,80	0,75	0,46
Липецкая область	2,64	0,09	0,07	17,32	4,67	92,51	69,68	84,37	17,22	0,31	0,17	0,61
Московская область	26,52	13,98	22,96	90,33	29,36	78,04	68,41	64,00	53,51	34,09	37,29	19,53
Орловская область	0,00	0,25	0,20	7,69	0,53	85,63	54,07	24,41	6,64	0,24	1,17	0,36
Рязанская область	1,72	0,28	0,24	10,49	1,63	89,27	58,59	16,18	30,66	0,75	0,27	0,39
Смоленская область	2,90	1,26	0,09	12,59	1,16	87,45	41,41	16,54	11,08	0,46	0,50	0,19
Тамбовская область	0,00	0,40	0,23	11,21	0,84	91,70	53,30	20,82	57,01	0,37	0,30	0,38
Тверская область	0,40	0,42	0,37	17,62	2,26	85,63	63,46	17,23	59,93	1,19	0,94	0,68
Тульская область	0,66	0,09	0,45	24,77	4,20	78,64	76,68	34,91	64,26	3,17	1,16	0,60
Ярославская область	0,53	0,84	0,46	19,59	0,21	86,94	69,17	43,54	32,18	2,08	2,02	1,85
г. Москва	55,54	85,86	62,82	72,96	27,31	74,39	92,00	52,74	9,31	97,04	93,19	99,17

Источник: рассчитано автором

Таблица 3 – Масштабирование показателей уровня развития АТ регионов ЦФО НИС в 2022 г.

Регионы	РППТ	ВЗНР	ВЗПИ	ИППТ	ППРО	УВПК	УВТИ	УВЗИ	УВИР	ИЗНИ	ТЗНР	ЧИУС
2022												
Белгородская область	3,30	1,08	1,08	19,53	5,51	92,41	73,40	35,68	61,07	0,67	0,62	0,94
Брянская область	1,32	0,07	0,08	10,04	4,20	85,43	52,52	9,24	41,98	0,17	0,26	0,13
Владимирская область	1,85	0,32	0,52	37,80	17,59	88,46	62,57	19,75	16,09	1,43	2,06	0,86
Воронежская область	3,30	0,71	1,50	17,94	5,20	87,55	52,57	37,59	16,26	4,92	10,23	2,35
Ивановская область	0,92	0,38	0,12	5,74	2,47	87,75	63,74	5,13	23,75	0,37	0,00	0,60
Калужская область	0,79	0,74	1,96	20,77	40,44	85,93	71,15	13,92	15,89	2,61	4,11	1,47
Костромская область	0,00	0,03	0,03	9,31	2,15	86,03	32,88	35,03	4,25	0,02	0,00	0,04
Курская область	0,00	0,30	0,06	10,36	3,15	86,23	47,80	8,53	38,25	0,81	0,80	0,44
Липецкая область	0,00	0,07	0,10	17,70	4,52	89,37	61,03	70,27	16,58	0,30	0,20	0,56
Московская область	25,73	12,96	29,35	97,42	57,83	78,14	66,77	71,76	38,98	33,60	38,05	19,41
Орловская область	0,00	0,28	0,22	8,01	1,84	85,12	55,39	21,64	6,03	0,28	1,24	0,29
Рязанская область	1,06	0,27	0,23	10,99	8,82	82,89	54,76	13,37	28,35	0,76	0,32	0,36
Смоленская область	1,98	1,18	0,15	12,68	2,99	82,09	42,27	18,77	26,88	0,50	0,51	0,21
Тамбовская область	0,00	0,45	0,21	11,09	1,58	87,35	43,82	35,54	44,70	0,35	0,25	0,37
Тверская область	0,00	0,33	0,36	16,49	10,03	83,10	60,79	19,28	38,52	1,17	0,68	0,65
Тульская область	0,92	0,17	0,63	27,89	24,63	78,95	66,08	54,07	68,93	3,33	1,60	0,61
Ярославская область	0,00	0,96	0,42	20,25	2,10	83,40	63,46	45,56	34,10	2,06	2,00	1,84
г. Москва	74,93	86,57	72,74	84,42	31,62	71,66	90,62	64,98	23,53	97,03	92,99	96,19

Источник: рассчитано автором

Таблица 4 – Масштабирование показателей уровня развития АТ регионов ЦФО НИС в 2023 г.

Регионы	РППТ	ВЗНР	ВЗПИ	ИППТ	ППРО	УВПК	УВТИ	УВЗИ	УВИР	ИЗНИ	ТЗНР	ЧИУС
2023												
Белгородская область	2,77	0,95	1,04	18,87	6,83	89,57	68,23	25,10	78,07	0,66	0,26	0,93
Брянская область	0,00	0,08	0,15	10,38	4,57	83,10	39,86	8,28	47,92	0,17	0,27	0,13
Владимирская область	3,03	0,41	0,52	25,12	9,93	87,35	62,80	21,98	13,80	1,44	2,33	0,84
Воронежская область	2,51	0,74	1,62	18,14	9,56	85,32	50,48	34,81	15,08	4,63	9,20	2,27
Ивановская область	0,92	0,39	0,12	7,36	10,24	85,22	63,25	7,17	29,07	0,40	0,00	0,58
Калужская область	1,06	0,71	2,42	20,66	9,03	86,34	70,26	22,41	18,57	2,68	3,89	1,35
Костромская область	1,32	0,05	0,02	10,29	3,99	86,13	33,28	5,01	8,63	0,03	0,00	0,04
Курская область	0,00	0,34	0,05	10,79	4,04	86,94	45,35	9,13	39,40	0,74	0,78	0,49
Липецкая область	0,00	0,08	0,08	17,83	4,99	90,18	56,80	68,10	24,32	0,31	0,21	0,55
Московская область	33,11	16,36	28,51	103,38	58,25	77,23	66,85	68,06	53,15	32,66	38,97	17,89
Орловская область	0,00	0,28	0,22	8,35	3,20	86,13	53,78	9,20	9,16	0,26	1,28	0,27
Рязанская область	1,85	0,25	0,24	11,85	8,09	80,47	51,33	15,40	17,61	0,70	0,57	0,33
Смоленская область	2,11	1,41	0,16	12,33	5,67	78,74	41,79	20,42	46,87	0,41	0,53	0,19
Тамбовская область	0,00	0,45	0,23	10,25	3,41	85,22	47,40	47,40	27,64	0,30	0,33	0,39
Тверская область	0,00	0,59	0,29	17,58	9,30	81,98	60,82	19,49	48,94	0,94	0,60	0,60
Тульская область	0,00	0,27	0,86	21,68	8,56	78,74	66,79	61,35	100,00	3,21	1,21	0,58
Ярославская область	0,40	0,88	0,56	21,31	10,08	81,98	63,07	93,63	41,92	2,16	2,09	1,81
г. Москва	87,60	93,55	83,18	95,39	70,43	71,66	94,14	94,63	11,24	96,96	93,12	94,36

Источник: рассчитано автором

Приложение П – инфрмационное. Результаты расчетных значений частных показателей интегрального индекса уровня развития АТ регионов ЦФО в 2020-2023 гг.

Таблица 1 – Расчетные значения частных показателей интегрального индекса уровня развития АТ регионов ЦФО в 2020 г.

Регионы	$(X_{i1}-X_{01})^2$	$(X_{i2}-X_{02})^2$	$(X_{i3}-X_{03})^2$	$(X_{i4}-X_{04})^2$	$(X_{i5}-X_{05})^2$	$(X_{i6}-X_{06})^2$	$(X_{i7}-X_{07})^2$	$(X_{i8}-X_{08})^2$	$(X_{i9}-X_{09})^2$	$(X_{i10}-X10)^2$	$(X_{i11}-X11)^2$	$(X_{i12}-X12)^2$	d_{i0}^2	d_{i0}	$(d_{i0}-X_{ср})^2$
Белгородская область	9022,5	9836,2	9878,5	6565,0	9780,6	0,0	150,1	3692,6	6,6	9842,9	9889,1	9793,9	78458,0	280,1	4,0
Брянская обл.	9737,9	9983,9	9977,3	8105,3	9937,1	292,6	1719,4	5880,7	168,5	9958,3	9919,6	9960,4	85641,1	292,6	111,2
Владимирская область	9582,3	9948,8	9911,0	4106,9	9532,9	94,4	934,8	3158,1	3800,1	9684,1	9501,0	9800,9	80055,3	282,9	0,7
Воронежская область	9582,3	9888,5	9765,9	6993,0	9791,0	59,2	476,8	800,3	6371,8	9031,2	8590,2	9511,5	80861,7	284,4	5,1
Ивановская об	9556,5	9943,1	9957,2	8702,6	10000,0	124,0	1178,3	7199,7	8645,6	9921,6	9975,1	9876,0	95079,7	308,3	689,1
Калужская об	9608,1	9902,4	9635,5	6518,0	8937,4	140,2	677,8	7328,6	9422,6	9489,4	9464,6	9681,1	90805,8	301,3	370,2
Костромская область	10000,0	9993,8	9996,2	8405,4	9926,6	495,8	5136,9	8967,6	3340,8	9993,3	9999,0	9992,4	96247,9	310,2	791,8
Курская обл.	10000,0	9951,9	9992,0	8102,3	9749,5	150,0	2342,2	8694,2	3565,7	9834,9	9845,3	9915,4	92143,3	303,6	460,2
Липецкая обл.	10000,0	9989,1	9984,7	6934,4	9247,9	84,8	815,8	0,0	4430,1	9937,1	9966,5	9875,5	81265,9	285,1	8,8
Московская область	6058,5	7381,7	6126,4	162,5	7500,8	289,1	891,8	136,1	2691,7	4340,2	3782,8	6351,3	45713,1	213,8	4664,0
Орловская обл	10000,0	9939,7	9968,5	8563,7	10000,0	233,6	1305,3	8101,1	3983,0	9950,1	9759,8	9922,4	91727,3	302,9	431,2
Рязанская обл	9737,9	9954,4	9952,2	8145,6	9656,4	197,9	1573,2	6452,4	5310,7	9840,9	9933,0	9915,9	90670,4	301,1	361,6
Смоленская область	9505,0	9804,2	9987,7	7892,8	9584,2	142,6	2570,8	6143,9	5944,4	9910,5	9899,6	9961,9	91347,6	302,2	405,5
Тамбовская об	10000,0	9925,0	9957,5	8010,2	9905,7	100,4	2321,3	5982,6	2594,4	9925,0	9934,9	9925,5	88582,3	297,6	241,1
Тверская обл	9868,5	9868,0	9930,0	6787,4	9749,5	203,7	838,3	4914,2	3171,0	9731,2	9808,2	9851,7	84721,7	291,1	80,5
Тульская обл	9816,2	9987,8	9940,8	5949,0	6738,8	469,2	10,8	1917,3	184,0	9446,1	9793,9	9896,7	74150,5	272,3	95,9
Ярославская область	9790,0	9861,9	9943,2	6715,9	10000,0	259,0	1047,8	4646,6	4129,1	9606,9	9613,5	9643,7	85257,6	292,0	97,8
г. Москва	3012,0	410,4	1411,5	1482,5	8322,7	532,5	42,1	1492,8	7506,8	0,0	176,9	0,0	24390,3	156,2	15857,3

Источник: рассчитано автором

Таблица 2 – Расчетные значения частных показателей интегрального индекса уровня развития АТ регионов ЦФО в 2021 г.

Регионы	$(X_{i1}-X_{01})^2$	$(X_{i2}-X_{02})^2$	$(X_{i3}-X_{03})^2$	$(X_{i4}-X_{04})^2$	$(X_{i5}-X_{05})^2$	$(X_{i6}-X_{06})^2$	$(X_{i7}-X_{07})^2$	$(X_{i8}-X_{08})^2$	$(X_{i9}-X_{09})^2$	$(X_{i10}-X10)^2$	$(X_{i11}-X11)^2$	$(X_{i12}-X12)^2$	d_{i0}^2	d_{i0}	$(d_{i0}-X_{cp})^2$
Белгородская область	9123,0	9758,3	9864,8	6612,0	9217,6	8,0	416,3	3793,2	640,5	9838,7	9927,3	9794,9	78994,7	281,1	113,4
Брянская обл	9763,9	9986,3	9984,7	8113,4	9937,1	152,5	1784,6	7830,3	725,1	9965,5	9940,6	9961,9	88146,0	296,9	26,9
Владимирская область	9737,9	9941,2	9884,2	3988,4	9491,9	104,5	1021,0	6219,2	7011,9	9726,7	9571,3	9849,7	86547,9	294,2	6,2
Воронежская область	9376,8	9867,1	9732,6	6865,8	9047,0	119,5	1556,8	3463,4	6289,4	9041,0	8168,9	9533,3	83061,5	288,2	12,3
Ивановская область	9737,9	9931,3	9968,5	9020,9	9843,1	130,8	1216,0	9046,3	4473,1	9926,0	9976,0	9879,5	93149,4	305,2	182,1
Калужская область	9763,9	9891,1	9687,8	6463,2	8141,7	195,1	668,8	7295,3	6642,9	9547,6	9422,7	9699,6	87419,7	295,7	15,7
Костромская область	10000,0	9992,8	9995,3	8132,5	9916,1	285,7	5180,8	227,5	9126,7	9994,2	9999,0	9992,9	92843,5	304,7	168,8
Курская область	10000,0	9952,0	9990,0	8098,3	9522,6	147,5	2917,3	8905,2	6578,4	9839,7	9851,0	9907,3	95709,2	309,4	311,9
Липецкая обл	9479,3	9982,6	9985,6	6835,3	9087,0	56,1	919,0	244,3	6852,7	9938,2	9966,5	9878,5	83225,0	288,5	10,4
Московская область	5399,7	7398,7	5934,8	93,5	4990,1	482,4	998,0	1296,0	2161,8	4344,1	3932,9	6475,4	43507,3	208,6	6909,6
Орловская обл	10000,0	9950,7	9960,1	8521,4	9895,2	206,6	2109,4	5713,4	8715,6	9952,9	9766,4	9928,5	94720,2	307,8	257,9
Рязанская обл	9659,9	9944,9	9952,4	8011,2	9677,0	115,1	1715,0	7026,5	4808,5	9850,6	9945,4	9923,0	90629,5	301,0	87,2
Смоленская область	9427,9	9748,8	9982,7	7641,0	9770,2	157,5	3433,2	6965,1	7906,4	9907,9	9899,6	9961,4	94801,9	307,9	262,1
Тамбовская область	10000,0	9919,6	9953,6	7882,8	9832,6	68,9	2180,7	6269,4	1848,5	9925,5	9939,7	9924,5	87745,7	296,2	20,3
Тверская обл	9921,0	9916,0	9926,0	6786,5	9553,4	206,6	1335,0	6850,3	1605,8	9763,9	9812,9	9863,8	85541,3	292,5	0,6
Тульская обл	9868,5	9981,3	9909,8	5659,2	9177,3	456,1	543,8	4237,2	1277,0	9376,5	9770,2	9880,0	80136,9	283,1	74,4
Ярославская область	9894,7	9833,6	9908,2	6465,9	9958,0	170,5	950,3	3188,1	4599,8	9588,9	9600,4	9634,2	83792,5	289,5	5,0
г. Москва	1976,6	200,0	1382,6	731,0	5283,7	655,7	64,0	2233,2	8225,5	8,7	46,4	0,7	20808,2	144,3	21743,8

Источник: рассчитано автором

Таблица 3 – Расчетные значения частных показателей интегрального индекса уровня развития АТ регионов ЦФО в 2022 г.

Регионы	$(X_{i1}-X_{01})^2$	$(X_{i2}-X_{02})^2$	$(X_{i3}-X_{03})^2$	$(X_{i4}-X_{04})^2$	$(X_{i5}-X_{05})^2$	$(X_{i6}-X_{06})^2$	$(X_{i7}-X_{07})^2$	$(X_{i8}-X_{08})^2$	$(X_{i9}-X_{09})^2$	$(X_{i10}-X10)^2$	$(X_{i11}-X11)^2$	$(X_{i12}-X12)^2$	d_{i0}^2	d_{i0}	$(d_{i0}-X_{cp})^2$
Белгородская область	9351,2	9784,5	9784,5	6474,8	8927,5	57,6	707,4	4137,7	1515,9	9866,6	9876,7	9813,5	80297,9	283,4	7,5
Брянская обл	9737,9	9985,3	9984,5	8092,3	9177,3	212,4	2254,7	8237,9	3366,7	9966,6	9947,3	9973,6	90936,5	301,6	437,6
Владимирская область	9634,0	9935,7	9895,7	3869,5	6790,7	133,1	1401,3	6440,1	7040,4	9715,3	9592,9	9828,6	84277,2	290,3	93,5
Воронежская область	9351,2	9858,6	9703,1	6733,3	8987,1	155,0	2249,3	3894,9	7012,2	9039,4	8058,4	9535,2	84577,7	290,8	103,7
Ивановская область	9816,2	9924,7	9976,3	8884,7	9512,4	150,0	1315,0	9001,2	5814,7	9925,7	10000,0	9880,5	94201,3	306,9	690,9
Калужская область	9842,3	9853,0	9611,5	6277,9	3547,3	197,9	832,1	7410,3	7074,5	9485,2	9195,1	9707,6	83034,6	288,2	56,5
Костромская область	10000,0	9994,0	9994,0	8225,3	9574,0	195,1	4504,6	4221,0	9168,8	9995,2	10000,0	9991,9	95863,9	309,6	839,9
Курская обл	10000,0	9939,1	9988,1	8035,2	9379,7	189,5	2724,5	8366,2	3813,0	9838,5	9841,5	9911,3	92026,5	303,4	516,2
Липецкая обл	10000,0	9985,8	9979,9	6772,7	9117,0	112,9	1519,0	883,9	6959,6	9939,4	9960,7	9888,6	85119,6	291,8	123,5
Московская область	5516,7	7576,5	4991,5	6,6	1778,7	478,0	1104,3	797,7	3723,1	4409,2	3837,9	6494,6	40714,7	201,8	6218,7
Орловская обл	10000,0	9943,8	9955,1	8461,8	9635,7	221,4	1989,7	6140,3	8829,4	9945,0	9754,1	9941,7	94818,0	307,9	744,6
Рязанская обл	9790,0	9945,8	9954,8	7923,5	8313,1	292,6	2047,0	7504,3	5133,6	9848,6	9935,9	9928,5	90617,8	301,0	415,8
Смоленская область	9608,1	9764,6	9970,9	7624,4	9410,2	320,9	3333,0	6598,6	5346,3	9901,1	9897,7	9958,9	91734,8	302,9	494,6
Тамбовская область	10000,0	9910,4	9958,1	7905,6	9687,4	160,1	3156,3	4155,2	3058,6	9930,6	9949,2	9926,0	87797,5	296,3	245,5
Тверская обл	10000,0	9935,1	9927,9	6973,5	8094,3	285,7	1537,2	6515,8	3779,5	9767,7	9864,3	9869,9	86550,9	294,2	183,8
Тульская обл	9816,2	9965,7	9874,6	5200,4	5680,3	443,2	1150,5	2109,3	965,6	9344,5	9682,3	9879,0	74111,6	272,2	70,6
Ярославская область	10000,0	9808,3	9916,8	6360,4	9584,2	275,5	1335,5	2963,3	4343,2	9592,8	9604,1	9636,2	83420,3	288,8	67,0
г. Москва	628,3	180,4	743,1	242,7	4676,1	803,2	87,9	1226,3	5846,9	8,8	49,1	14,5	14507,4	120,4	25661,2

Источник: рассчитано автором

Таблица 4 – Расчетные значения частных показателей интегрального индекса уровня развития АТ регионов ЦФО в 2023 г.

Регионы	$(X_{i1}-X_{01})^2$	$(X_{i2}-X_{02})^2$	$(X_{i3}-X_{03})^2$	$(X_{i4}-X_{04})^2$	$(X_{i5}-X_{05})^2$	$(X_{i6}-X_{06})^2$	$(X_{i7}-X_{07})^2$	$(X_{i8}-X_{08})^2$	$(X_{i9}-X_{09})^2$	$(X_{i10}-X10)^2$	$(X_{i11}-X11)^2$	$(X_{i12}-X12)^2$	d_{i0}^2	d_{i0}	$(d_{i0}-X_{cp})^2$
Белгородская область	9453,6	9810,3	9792,1	6582,1	8681,1	108,7	1009,5	5610,6	480,9	9869,3	9947,3	9815,5	81161,0	284,9	29,8
Брянская обл	10000,0	9984,6	9970,2	8031,2	9107,0	285,7	3616,5	8412,0	2712,5	9966,6	9946,4	9973,6	92006,2	303,3	571,0
Владимирская область	9402,3	9918,6	9896,6	5606,4	8113,2	160,1	1383,7	6086,7	7431,1	9714,3	9539,4	9832,6	87085,2	295,1	245,6
Воронежская область	9505,0	9852,1	9678,0	6700,4	8179,6	215,4	2451,8	4249,3	7210,8	9095,1	8245,4	9551,1	84933,9	291,4	144,1
Ивановская область	9816,2	9922,8	9975,5	8582,3	8056,6	218,4	1350,4	8617,8	5030,4	9920,4	10000,0	9884,5	91375,2	302,3	522,3
Калужская область	9790,0	9858,3	9520,9	6294,7	8274,9	186,7	884,7	6020,4	6630,0	9470,8	9237,4	9731,1	85900,1	293,1	186,5
Костромская область	9737,9	9989,3	9995,4	8048,2	9217,6	192,3	4451,9	9023,4	8348,4	9994,5	10000,0	9991,4	98990,2	314,6	1238,8
Курская обл	10000,0	9931,3	9989,8	7958,3	9207,5	170,5	2987,0	8257,5	3672,3	9852,1	9845,3	9903,2	91774,8	302,9	552,9
Липецкая обл	10000,0	9983,6	9984,4	6752,5	9027,0	96,4	1865,8	1017,4	5727,4	9939,0	9958,8	9890,6	84243,1	290,2	117,0
Московская область	4473,8	6996,1	5111,3	11,4	1743,4	518,6	1098,8	1020,1	2194,5	4534,4	3724,6	6741,3	38168,4	195,4	7066,6
Орловская обл	10000,0	9944,2	9956,8	8400,3	9369,5	192,3	2136,4	8245,2	8252,6	9947,7	9744,7	9945,2	96135,0	310,1	938,0
Рязанская обл	9634,0	9949,7	9951,2	7771,3	8447,8	381,6	2368,4	7157,9	6788,0	9860,6	9887,2	9935,1	92132,8	303,5	581,0
Смоленская область	9582,3	9720,8	9968,9	7685,9	8897,7	451,8	3388,6	6333,3	2823,3	9918,0	9894,8	9962,5	88627,9	297,7	333,9
Тамбовская область	10000,0	9910,8	9954,3	8055,2	9328,9	218,4	2767,0	2766,8	5235,4	9940,5	9933,9	9923,0	88034,1	296,7	298,4
Тверская обл	10000,0	9882,2	9942,8	6792,9	8227,2	324,6	1535,3	6482,3	2607,1	9812,3	9880,5	9881,0	85368,2	292,2	162,5
Тульская обл	10000,0	9945,6	9827,9	6133,8	8361,1	451,8	1102,7	1493,9	0,0	9367,9	9759,8	9884,0	76328,6	276,3	9,9
Ярославская область	9921,0	9825,4	9888,4	6192,5	8084,9	324,6	1364,2	40,5	3372,9	9573,5	9587,2	9641,2	77816,2	279,0	0,2
г. Москва	153,8	41,6	283,0	21,2	874,3	803,2	34,4	28,8	7878,4	9,2	47,3	31,8	10207,2	101,0	31826,5

Источник: рассчитано автором

Приложение Р – информационное. Анкета для оценки барьеров и потенциала внедрения аддитивных технологий на предприятии

Уважаемый респондент!

Настоящее анкетирование проводится в рамках диссертационного исследования, посвященного развитию аддитивных технологий (АТ, 3D-печать) в промышленности Курской области. Ваши ответы помогут выявить реальные проблемы и сформировать эффективные меры поддержки со стороны региона.

Анкета является анонимной. Полученные данные будут использоваться только в обобщенном виде для научного анализа и разработки рекомендаций.

Благодарим за сотрудничество!

РАЗДЕЛ 1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПРЕДПРИЯТИИ

1.1. Название предприятия (заполняется по желанию): _____

1.2. Основная отрасль деятельности:

* □ Машиностроение и металлообработка
* □ Электротехническая промышленность / Приборостроение
* □ Химическая промышленность / Производство новых материалов
* □ Агропромышленный комплекс / Пищевая промышленность
* □ Энергетика
* □ Строительство
* □ Другое: _____

1.3. Размер предприятия (по численности сотрудников):

* □ Крупное (свыше 250 чел.)
* □ Среднее (101–250 чел.)
* □ Малое (до 100 чел.)

1.4. Ваша должность:

* □ Руководитель предприятия / Заместитель руководителя
* □ Главный инженер / Технический директор
* □ Начальник производства / Главный технолог
* □ Начальник отдела снабжения / логистики
* □ Другое: _____

РАЗДЕЛ 2. ТЕКУЩИЙ УРОВЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

2.1. Использует ли Ваше предприятие аддитивные технологии (3D-печать) в настоящее время?

* □ Да, используем для производства конечной продукции.
* □ Да, используем для прототипирования и изготовления опытных образцов.
* □ Да, используем для изготовления оснастки, инструмента и вспомогательных целей.
* □ Нет, не используем, но рассматриваем возможность внедрения.
* □ Нет, и не планируем внедрять в ближайшие 2-3 года.

2.2. Если Ваше предприятие использует АТ, укажите, какие задачи решаются с их помощью (можно выбрать несколько):

* □ Быстрое прототипирование новых изделий.
* □ Изготовление оснастки (кондукторы, шаблоны, формы).
* □ Производство запасных частей для ремонта оборудования.
* □ Мелкосерийное производство конечных изделий.
* □ Кастомизация продукции под индивидуальные заказы.
* □ Другое: _____

РАЗДЕЛ 3. ОЦЕНКА БАРЬЕРОВ, ПРЕПЯТСТВУЮЩИХ ВНЕДРЕНИЮ АТ

Инструкция: Оцените, в какой степени каждый из перечисленных ниже факторов препятствует или может препятствовать внедрению аддитивных технологий на Вашем предприятии. Используйте шкалу от 0 до 2, где:

0 – не является препятствием / незначительный барьер
1 – значимый барьер
2 – критический барьер (без его решения внедрение невозможно)

№ Барьер / Фактор Оценка (0, 1, 2)

I. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ

3.1. Высокая стоимость закупки промышленного 3D-оборудования
3.2. Высокая стоимость расходных материалов (порошков, полимеров)
3.3. Недостаток собственных средств для инвестиций в новые технологии
3.4. Сложность получения кредитов / Недоступность лизинга
3.5. Неопределенность экономической выгоды, длительный срок окупаемости
3.6. Отсутствие гарантированного спроса на продукцию, произведенную с помощью АТ

II. ИННОВАЦИОННЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ

3.7. Сложность выбора подходящего оборудования и технологий из-за их многообразия
3.8. Отсутствие готовых, апробированных технологических решений для нашей отрасли
3.9. Низкое качество / отсутствие отечественных материалов для 3D-печати
3.10. Зависимость от импортных материалов и комплектующих
3.11. Неготовность существующей производственной инфраструктуры к интеграции АТ
3.12. Отсутствие цифровых двойников и современного ПО для проектирования под АТ

III. КАДРОВЫЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ БАРЬЕРЫ

3.13. Дефицит квалифицированных инженеров-технологов по АТ
3.14. Дефицит операторов 3D-оборудования
3.15. Недостаток компетенций у existing конструкторов (3D-моделирование, топологическая оптимизация)
3.16. Нехватка специалистов для обучения персонала работе с АТ
3.17. Отсутствие у руководителей (менеджмента) понимания возможностей и выгод АТ
3.18. Консерватизм инженерного и технического персонала, сопротивление изменениям

IV. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ БАРЬЕРЫ

3.19. Низкий приоритет АТ в стратегии развития предприятия
3.20. Отсутствие в регионе доступных сервисных центров / ЦКП для выполнения заказов на стороне
3.21. Сложности с сертификацией продукции, изготовленной с помощью АТ
3.22. Отсутствие кооперации с вузами и научными центрами в сфере АТ
3.23. Трудности с защитой интеллектуальной собственности при цифровом производстве
3.24. Недостаток информации о мерах государственной поддержки (субсидии, гранты)

РАЗДЕЛ 4. КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ (ОТКРЫТЫЙ ВОПРОС)

4.1. Какой один, на Ваш взгляд, барьер является наиболее критическим для внедрения аддитивных технологий на Вашем предприятии?

_____

_____

4.2. Какие меры поддержки со стороны региональных властей были бы наиболее эффективны для Вашего предприятия?

* □ Софинансирование / субсидирование закупки оборудования

* □ Создание центра коллективного пользования (ЦКП) с доступом к промышленным 3D-принтерам

* □ Организация программ обучения и переподготовки инженеров

* □ Помощь в поиске партнеров и кооперации (с вузами, сервисными бюро)

* □ Налоговые льготы и каникулы для инновационных проектов

* □ Информационная поддержка (проведение семинаров, демонстрация успешных кейсов)

* □ Ваш вариант: _____

РАЗДЕЛ 5. ПОТЕНЦИАЛ И ПЛАНЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

5.1. Какие направления применения АТ наиболее перспективны для Вашего предприятия?

* □ Прототипирование и ускорение разработки новой продукции

* □ Изготовление технологической оснастки

* □ Ремонт и восстановление изношенных деталей

* □ Производство запасных частей (мелкосерийное)

* □ Производство конечной продукции (серийное)

* □ Другое: _____

5.2. Планирует ли Ваше предприятие инвестировать в аддитивные технологии в ближайшие 3 года?

* □ Да, есть конкретные планы.

* □ Да, рассматриваем такую возможность.

* □ Нет, не планируем.

* □ Затрудняюсь ответить.

5.3. Если у Вас есть конкретные предложения или пожелания по развитию АТ в Курской области, напишите их:

_____

_____

Спасибо за участие в опросе!

Ваши ответы будут учтены при разработке региональной дорожной карты развития аддитивных технологий.

Расшифровка анкеты:

Столбец в таблице Из каких вопросов анкеты берется

Дефицит финансовых ресурсов Суммарная экспертная оценка по вопросам 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5

Нехватка компетенций у сотрудников Суммарная оценка по вопросам 3.13, 3.14, 3.15

Отсутствие пакетных решений / сложность выбора Оценка по вопросам 3.7, 3.8

Низкий приоритет в стратегии Оценка по вопросу 3.19

Сырьевая зависимость Оценка по вопросам 3.9, 3.10

Ключевой барьер (вывод) Формируется на основе максимальных оценок и ответов на открытый вопрос 4.1

Это инструмент мониторинга развития АТ в регионе.

АНКЕТА Б: ДЛЯ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

(вузы, колледжи, центры дополнительного профессионального образования)

Цель: Оценить разрыв между образовательными программами и реальными потребностями промышленности в кадрах для АТ.

РАЗДЕЛ 1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1.1. Название учреждения: _____

1.2. Тип учреждения:

* □ Вуз (головной)
* □ Филиал вуза
* □ Колледж / Техникум
* □ Центр дополнительного профессионального образования (ДПО)

1.3. Ваша должность:

* □ Ректор / Директор
* □ Проректор / Заместитель директора по учебной работе
* □ Декан / Заведующий кафедрой (технические специальности)
* □ Руководитель центра ДПО
* □ Другое: _____

РАЗДЕЛ 2. НАЛИЧИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ПО АТ

2.1. Существуют ли в Вашем учреждении образовательные программы (курсы, модули), связанные с аддитивными технологиями / 3D-печатью?

* □ Да, в рамках основных образовательных программ (бакалавриат/специалитет)
* □ Да, в рамках магистерских программ
* □ Да, в рамках программ СПО
* □ Да, в рамках программ ДПО
* □ Нет, но планируем открыть
* □ Нет и не планируем

2.2. Какие аспекты АТ охватываются в Ваших программах? (можно выбрать несколько)

* □ Основы 3D-моделирования (CAD-системы)
* □ Технологии 3D-печати (FDM, SLA, SLS и др.)
* □ Проектирование под аддитивное производство (топологическая оптимизация)
* □ Материаловедение для АТ (полимеры, металлические порошки, композиты)
* □ Обслуживание и эксплуатация 3D-принтеров
* □ Постобработка и контроль качества
* □ Другое: _____

2.3. Имеется ли в учреждении современное оборудование для обучения АТ?

* □ Да, есть промышленные 3D-принтеры
* □ Да, есть учебные (настольные) 3D-принтеры
* □ Оборудование отсутствует, обучение ведется теоретически
* □ Другое: _____

РАЗДЕЛ 3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ПРЕДПРИЯТИЯМИ

3.1. Существуют ли у Вашего учреждения партнерские связи с промышленными предприятиями в сфере подготовки кадров для АТ?

* □ Да, есть договоры о практической подготовке студентов
* □ Да, есть совместные образовательные программы
* □ Да, есть заказы на переподготовку сотрудников предприятий
* □ Нет, связи отсутствуют или носят эпизодический характер

3.2. Учитываются ли при разработке/обновлении образовательных программ запросы конкретных предприятий региона?

* □ Да, регулярно проводим опросы и согласования
* □ Да, но эпизодически (раз в несколько лет)
* □ Нет, программы разрабатываются самостоятельно

РАЗДЕЛ 4. ОЦЕНКА КЛЮЧЕВЫХ БАРЬЕРОВ (для заполнения таблицы)

Инструкция: Оцените степень влияния перечисленных факторов на качество подготовки кадров для сферы АТ.

Шкала: 0 – не является проблемой, 1 – значимая проблема, 2 – критическая проблема

№ Барьер / Фактор Оценка (0, 1, 2)

4.1. Нехватка специалистов для обучения сотрудников (отсутствие преподавателей с актуальными компетенциями в области АТ)

4.2. Устаревшая материально-техническая база (отсутствие современного оборудования)

4.3. Отсутствие актуальных учебно-методических материалов

4.4. Низкий уровень оплаты труда преподавателей, ведущих к оттоку кадров в коммерческий сектор

4.5. Отсутствие заказов от предприятий на подготовку/переподготовку кадров

4.6. Разрыв между академическими знаниями и реальными производственными задачами

4.7. Бюрократические сложности при обновлении образовательных стандартов и программ

РАЗДЕЛ 5. КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ (ОТКРЫТЫЙ ВОПРОС)

5.1. Какой один фактор, на Ваш взгляд, является наиболее критическим для подготовки квалифицированных кадров в сфере АТ в регионе?

_____

5.2. Какие меры поддержки со стороны региональных властей и бизнеса были бы наиболее эффективны для улучшения подготовки кадров?

* □ Софинансирование закупки современного оборудования
* □ Организация стажировок для преподавателей на передовых предприятиях
* □ Совместные программы с бизнесом (базовые кафедры, целевое обучение)
* □ Гранты для молодых преподавателей и исследователей
* □ Разработка и актуализация профстандартов в сфере АТ
* □ Ваш вариант: _____

АНКЕТА В: ДЛЯ РУКОВОДИТЕЛЕЙ IT-СЛУЖБ И СПЕЦИАЛИСТОВ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

(IT-директора, начальники отделов информационной безопасности)

Цель: Выявить барьеры, связанные с цифровой инфраструктурой, информационной безопасностью и выбором ПО.

РАЗДЕЛ 1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1.1. Название предприятия / организации: _____

1.2. Ваша должность:

* □ IT-директор / Руководитель IT-отдела
* □ Начальник отдела информационной безопасности
* □ Системный администратор
* □ Другое: _____

РАЗДЕЛ 2. УРОВЕНЬ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ

2.1. Какое программное обеспечение для 3D-моделирования (CAD) используется на предприятии?

* □ Импортное (Autodesk, SolidWorks, Siemens NX, Компас-3D)
* □ Отечественное (например, Компас-3D)
* □ Собственные разработки
* □ Не используется
* □ Затрудняюсь ответить

2.2. Используются ли на предприятии системы управления жизненным циклом изделия (PLM/PDM)?

* □ Да
* □ Нет
* □ Планируем внедрение

2.3. Существует ли на предприятии практика использования "цифровых двойников" продуктов или процессов?

* □ Да, активно используем
* □ Да, в пилотном режиме
* □ Нет, но рассматриваем
* □ Нет и не планируем

РАЗДЕЛ 3. ОЦЕНКА КЛЮЧЕВЫХ БАРЬЕРОВ (для заполнения таблицы)

Инструкция: Оцените степень влияния перечисленных факторов на внедрение цифровых технологий в производство.

Шкала: 0 – не является проблемой, 1 – значимая проблема, 2 – критическая проблема

№ Барьер / Фактор Оценка (0, 1, 2)

5.1. Трудности обеспечения информационной безопасности (риски утечки цифровых моделей, перехвата данных)

5.2. Сложность выбора подходящих цифровых решений (из-за большого количества ПО и отсутствия экспертизы)

5.3. Отсутствие интеграции между разными цифровыми системами (CAD, CAM, ERP)

5.4. Зависимость от импортного ПО и сложности с его обновлением/лицензированием

5.5. Недостаточная квалификация IT-персонала в области специализированного ПО для АТ

5.6. Высокая стоимость внедрения и сопровождения цифровых систем

5.7. Отсутствие в России/регионе надежных дата-центров или облачных платформ для хранения цифровых моделей

РАЗДЕЛ 4. КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ (ОТКРЫТЫЙ ВОПРОС)

5.1. Какой один фактор, на Ваш взгляд, является наиболее критическим для цифровой трансформации производства и внедрения АТ?

_____

5.2. Какие меры поддержки были бы наиболее эффективны?

* □ Субсидии на приобретение отечественного ПО

* □ Создание регионального центра компетенций по цифровым технологиям

* □ Организация курсов повышения квалификации для IT-специалистов

* □ Разработка региональных стандартов по информационной безопасности для промышленности

* □ Ваш вариант: _____

Барьер (из таблицы) Источник данных

Дефицит финансовых ресурсов Анкета А (вопросы 3.1-3.6)

Отсутствие пакетных цифровых решений Анкета А (вопросы 3.7-3.12)

Нехватка компетенций АТ у сотрудников Анкета А (вопросы 3.13-3.18)

Нехватка специалистов для обучения сотрудников Анкета Б (вопрос 4.1)

Сложность выбора подходящих цифровых решений Анкета В (вопрос 5.2)

Низкий приоритет АТ в стратегии организации Анкета А (вопрос 3.19), глубинные интервью

Трудности обеспечения информационной безопасности Анкета В (вопрос 5.1)

Низкая готовность производства/инфраструктуры Анкета А (вопрос 3.11)

Низкая готовность контрагентов к использованию АТ Анкета А (вопрос 3.24)

Нехватка руководителей, понимающих АТ Анкета А (вопрос 3.17), глубинные интервью

Отсутствие экономической отдачи от АТ Анкета А (вопрос 3.5)

Анкетирование основано на триангуляции данных – подтверждение одних и тех же проблем с разных сторон, что резко повышает достоверность исследования.

Приложение С – информационное. Предприятия региона по уровням технологичности в 2025 г.

Таблица 1 – Распределение предприятий Курской области по уровням технологичности

	Уровень технологичности	Критерии	Предприятия Курской области	Обоснование отнесения
1	Высокотехнологичные	Авиакосмос, ОПК, атомная энергетика, сложное приборостроение, НИИ, фармацевтика полного цикла	1. НИИЦ (г.Курск) ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ 2. АО «НИИИ» (Научно-исследовательский институт) 3. АО «Авиаавтоматика» имени В.В.Тарасова 4. Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Курская АЭС» 5. АО «Геомаш» (производство бурового оборудования для геологоразведки, в т.ч. для сложных условий) 6. ОАО «Фармстандарт-Лексредства»	Наукоемкое производство, высокие требования к точности, материаловедению, наличие собственных НИОКР, стратегическое значение, работа с опасными/сложными средами
	Среднетехнологичные высокого уровня	Автомобилестроение, электротехника, энергетическое машиностроение, химическое производство	1. АО «Рудоавтоматика им. В.В. Сафошина» (горнорудная автоматика, точное приборостроение) 2. АО «Курский электроаппаратный завод» (КЭАЗ) 3. ОАО «Электроагрегат» 4. АО «Курский аккумуляторный завод 5. АО «СОАТЭ» (Старооскольский завод автотракторного электрооборудования) 6. АО «Льговский завод «Электрощит» 7. ОАО «Энергомаш» 8. ООО «Завод Гидропром» 9. Курчатовский завод «Вектор» 10. ООО «Завод «Рокот»	Серийное производство сложной продукции, активное использование станков с ЧПУ, высокая конкуренция, потребность в оптимизации себестоимости и сокращении сроков разработки

	Средне-технологичные низкого уровня	Металлообработка, производство стройматериалов, оборудование для АПК	1. ПАО «Михайловский ГОК» (горно-обогатительный комбинат – хотя по масштабу гигант, но технологически – добыча и обогащение) 2. ООО «СпецМаш» 3. ООО НПО «Композит» 4. ООО «Промтехнология46» 5. ООО «МПМК-3» 6. ООО «Домостроительный комбинат АРБЛОК» 7. АО «ЖБИ» (железобетонные изделия)	Производство ориентировано на внутренний рынок, технологии стандартизированы, внедрение инноваций идет медленно, но есть потребность в ремонте и запчастях
	Низко-технологичные	Пищевая, легкая промышленность, торговля, услуги	1. ООО «Мираторг» (все структуры – Белгород, Курск) 2. АО «Конти-Рус» (кондитерская фабрика) 3. ООО «Курскхимволокно» (частично, т.к. произ-во нити – технологичный процесс, но продукт – сырье для легкой пром-ти) 4. ООО Курский филиал «БИАКСПЛЕН» (производство пленки – упаковка) 5. ЗАО «Кшенский сахарный комбинат» 6. ОАО «Кривец-сахар» 7. «Экспериментальный комбинат детского питания» филиал АО «Вимм-Билль-Данн» 8. ООО «Агростратегия» 9. ООО «Курскобувь»	Основная продукция – товары массового спроса. Инновации касаются упаковки, маркетинга, логистики, но не самого продукта. продукта.

Источник: составлено автором

Приложении Т – информационное. Барьеры внедрения АТ на предприятиях Курской области

Таблица 1 – Барьеры внедрения АТ на предприятиях Курской области (результаты анкетирования, 2025 г.)

	Предприятие / Отрасль	Барьеры внедрения АТ на предприятиях					Ключевые барьеры для конкретного предприятия
		Дефицит финансовых ресурсов	Нехватка компетенций у сотрудников	Отсутствие пакетных решений / сложность выбора	Низкий приоритет в стратегии	Сырьевая зависимость / качество материалов	
1	АО «Курскхимволокно» (химическое машиностроение)	+	++	++	-	+	Отсутствие квалифицированных инженеров-технологов, способных проектировать сложные детали (для реакторов, теплообменников) под аддитивное производство, и отсутствие готовых, апробированных технологических решений для нефтегазового и химического оборудования
2	АО «Курский электроаппаратный завод» (КЭАЗ) (электротехника)	++	++	+	-	+	Высокая стоимость внедрения промышленных 3D-принтеров для серийного производства и дефицит инженеров, владеющих навыками топологической оптимизации для создания легких и технологичных корпусов электроаппаратуры
3	АО «Электроагрегат» (энергетическое машиностроение)	++	+	+	-	+	Высокая стоимость оборудования и неопределенность экономической выгоды при мелкосерийном производстве сложных деталей (турбинные лопатки, корпуса генераторов), сложность прогнозирования спроса.

4	ООО НПО «Композит» (новые материалы)	+	++	++	-	++	Острейший дефицит инженеров-материаловедов и технологов, специализирующихся на 3D-печати композитами, отсутствие качественных отечественных расходных материалов (нитей, порошков) для отработки технологий и неразвитость нормативной базы для сертификации композитных изделий
5	Агрохолдинг «Мираторг» (АПК)	+	++	++	+	++	Острый дефицит инженерных кадров, способных организовать ремонтное производство на местах, низкая осведомленность о возможностях АТ для ремонта импортной техники, и зависимость от импортных запасных частей, которую можно было бы снизить за счет печати аналогов
6	АО «Счетмаш» (приборостроение)	+	++	+	-	+	Нехватка специалистов по 3D-моделированию и топологической оптимизации для создания кастомизированных корпусов приборов с улучшенными эргономическими и функциональными свойствами.

Примечание: «++» – критический барьер, «+» – значимый барьер, «-» – не является ключевым препятствием.

Источник: составлено автором по результатам анкетирования

Приложение У– Перечень определений: полное название, аббревиатура и краткое пояснение

Таблица 1 – Глоссарий основных терминов и сокращений развития АТ в НИС

	Аббревиатура	Полное название	Краткое пояснение
1	АТ	Аддитивные технологии	Технологии 3D-печати – создание объектов послойным добавлением материала
2	НИС	Национальная инновационная система	Совокупность институтов, организаций и механизмов, обеспечивающих инновационное развитие страны
	АП	Аддитивное производство	Метод создания трехмерных объектов путем послойного добавления материала
3	Центр КИАТ	Центр кросс-индустриальных аддитивных технологий	Координационный орган на мезоуровне для управления развитием АТ в регионе
4	ЕЦП УР АТ	Единая цифровая платформа управления развитием АТ	Цифровой интегратор, связывающий науку, бизнес и государство в сфере АТ
5	ИУРАТР	Индекс уровня развития аддитивных технологий региона	Интегральный показатель для сравнения регионов по развитию АТ
6	ВЭД	Вид экономической деятельности	Классификатор отраслей экономики
7	MES-система	Manufacturing Execution System	Автоматизированная система управления производственными процессами на предприятии
8	МСП	Малое и среднее предприятия	Организации малого и среднего предпринимательства

Источник: составлено автором

Таблица 2 – Глоссарий основных терминов и сокращений технологий и процессов аддитивного производства

	Аббре-виатура	Полное название	Краткое пояснение
1	VPP	Vat Photopolymerization	Фотополимеризация в ванне – общее название для SLA, DLP, LCD (печать жидкими смолами)
2	SLA	Stereolithography	Стереолитография – печать жидкой смолой, затвердевающей под лазером (высокая детализация)
3	DLP	Digital Light Processing	Цифровая светодиодная проекция – печать смолой с помощью проектора (быстрее SLA)

4	CDLP	Continuous Digital Light Processing	Непрерывная цифровая светодиодная проекция – сверхбыстрая печать смолой без остановки
5	LCD	Liquid Crystal Display	Фотополимеризация с помощью ЖК-экрана – бюджетный вариант DLP для стоматологии и ювелирки
6	MEX	Material Extrusion	Экструзия материала – общее название для FDM/FFF (печать пластиковой нитью)
7	FDM	Fused Deposition Modeling	Моделирование методом послойного наплавления – самый массовый тип 3D-печати пластиковой нитью, как «клеевой пистолат»
8	FGF	Fused Granulate Fabrication	Моделирование методом наплавления гранулами пластика – промышленная версия FDM для крупных деталей
9	MJT	Material Jetting	Струйное нанесение материала – печать как струйный принтер, только материалом (PolyJet)
10	BJT	Binder Jetting	Струйное нанесение связующего – склеивание порошка через «принтер» (для форм и цветной печати)
11	PBF	Powder Bed Fusion	Синтез на подложке – общее название для SLM, SLS, EBM (плавление порошка в «ванне»)
	SLM	Selective Laser Melting	Селективное лазерное плавление металлов – промышленная печать металлическим порошком
	DMLS	Direct Metal Laser Sintering	Прямое лазерное спекание металлов – аналог SLM, термин от EOS
	SLS	Selective Laser Sintering	Селективное лазерное спекание полимеров – печать нейлоновым порошком (прочные детали)
	EBM	Electron Beam Melting	Электронно-лучевая плавка – плавление металлического порошка электронным лучем (для титана)
	DED	Directed Energy Deposition	Прямой подвод энергии и материала – наплавка металла (лазером или дугой) для ремонта деталей
	EBAM	Electron Beam Additive Manufacturing	Электронно-лучевая проволочная наплавка – DED с электронным лучом и проволокой
	DED-LB	Directed Energy Deposition-Laser Beam	Прямое лазерное выращивание металла – DED с лазером и порошком/проволокой
	WAAM	Wire Arc Additive Manufacturing	Электродуговая наплавка проволоки – DED с дуговой сваркой (дешево и крупно)
	LOM	Laminated Object Manufacturing	Изготовление методом послойного ламинирования – склеивание листов с вырезкой контура
	SHL	Sheet Lamination	Листовая ламинация – аналог LOM, устаревший термин
	MJF	Multi Jet Fusion	Многоструйное спекание – технология HP: струйная подача реагентов и тепловая энергия

Источник: составлено автором

Таблица 3 – Глоссарий основных терминов и сокращений промышленных процессов и оборудования

	Аббревиатура	Полное название	Краткое пояснение
1	EOS M (Metal)	EOS Metal	Лазерное спекание металлов (PBF-LB/M) – промышленная металлическая печать от EOS
2	EOS P (Polymer)	EOS Polymer	Лазерное спекание полимеров (PBF-LB/P, SLS) – промышленная полимерная печать от EOS
3	3DS SLA	3D Systems Stereolithography	Стереолитография – эталонная технология от компании 3D Systems
4	HP MJF	HP Multi Jet Fusion	Многоструйное спекание – технология HP для серийной печати нейлоном
5	PICASO 3D	Название организации	Российский производитель промышленных FDM-принтеров
6	SLM Solutions	Название организации	Немецкий производитель оборудования для лазерного плавления металлов

Источник: составлено автором

Таблица 4 – Глоссарий основных терминов и сокращений программного обеспечение и систем управления

	Аббре-виатура	Полное название	Краткое пояснение
1	CAD	Computer-Aided Design	Программа для 3D-моделирования (например, SolidWorks, Компас-3D)
2	CAM	Computer-Aided Manufacturing	Программа для подготовки управляющих программ для станков и 3D-принтеров
3	PLM	Product Lifecycle Management	Система управления жизненным циклом изделия
4	PDM	Product Data Management	Система управления инженерными данными
5	ЧПУ	Числовое программное управление	Система автоматического управления станками (токарными, фрезерными)

Источник: составлено автором

Приложение Ф – справки о внедрении

МИНИСТЕРСТВО
ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ТОРГОВЛИ
И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА
КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

305000, г. Курск, ул. Горького, д. 34
тел.: +7 (4712) 70-10-07, факс: +7 (4712) 70-24-33
e-mail: kpr@rkursk.ru

Диссертационному совету 24.2.276.04,
созданному на базе ФГБОУ ВО
«Белгородский государственный
технологический университет
им. В.Г. Шухова

СПРАВКА

об использовании результатов диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата экономических наук Ершовой Елизаветы Юрьевны на тему: «Развитие аддитивных технологий в национальной инновационной системе» в практической деятельности Министерства промышленности, торговли и предпринимательства Курской области

Результаты научной работы Ершовой Елизаветы Юрьевны представляют интерес для Министерства промышленности, торговли и предпринимательства Курской области (далее – Министерство). Выводы и предложения соискателя ученой степени используются в практической деятельности Министерства при определении приоритетных направлений инновационной политики Курской области, мер по привлечению инвестиций для развития аддитивных технологий в регионе.

Отдельные положения диссертационного исследования, в том числе организационно-управленческий инструментарий, обеспечивающий взаимосвязь региональной политики с приоритетами развития аддитивных технологий как критически-сквозной отрасли национальной инновационной системы, включающей организационно-экономический механизм управления развитием аддитивных технологий и дорожную карту стратегической реализации аддитивных технологий, содержащую детализированный план развития аддитивных технологий региона, взаимоувязанные проекты по созданию инфраструктуры, подготовке кадров, пилотному внедрению и коммерциализации аддитивных технологий, используется для организации проведения конкурсов по отбору наиболее эффективных инновационных проектов с целью оказания инвесторам мер государственной поддержки в соответствии с требованиями действующего законодательства.

И.о. министра А.В. Ветров

27.04.2026 г.

МИНИСТЕРСТВО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ, ЗАНЯТОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И ТУРИЗМА КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

305007, г. Курск,
Моковская, 11а,
тел. (471-2) 54-03-02
e-mail: pr.econom@rkursk.ru

28.04.2026 № 03.1-01

На № _____ от _____

Председателю диссертационного совета 24.2.276.04 на базе ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
доктору экономических наук, профессору
Дорошенко Юрию Анатольевичу

СПРАВКА

об использовании результатов диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата экономических наук Ершовой Елизаветы Юрьевны на тему: «Развитие аддитивных технологий в национальной инновационной системе» в практической деятельности Министерства экономического развития, занятости населения и туризма Курской области

Настоящим удостоверяем, что результаты научной работы Ершовой Елизаветы Юрьевны представляют интерес для Министерства экономического развития, занятости населения и туризма Курской области. Выводы и предложения соискателя ученой степени используются в практической деятельности Министерства при определении приоритетных направлений экономической политики Курской области и межрегиональных связей, мер по привлечению инвестиций для развития аддитивных технологий в регионе.

Отдельные положения диссертационного исследования, в том числе разработанная автором методика количественной оценки уровня развития аддитивных технологий в регионах и алгоритм расчета интегрального индекса уровня развития аддитивных технологий регионов в структуре национальной экономической системы для выявления ключевых диспропорций в развитии научно-технологического, кадрового, инфраструктурного и производственного потенциалов регионов и обоснования рекомендаций по развитию аддитивных технологий в национальной экономической системе используются для стратегического планирования экономического развития, занятости населения и туризма Курской области, а также в рамках реализации государственной программы Курской области «Развитие экономики и внешних связей Курской области».

Министр Л.Г. Осипов

МИНИСТЕРСТВО
ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ И СВЯЗИ
КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

305002, г. Курск, Красная площадь, д. 6;
тел.: +7 (4712) 39-51-31, igmu@rkursk.ru

В Диссертационный Совет 24.2.276.04
созданный на базе ФГБОУ ВО
«Белгородский государственный
технологический университет
им. В.Г. Шухова

СПРАВКА

об использовании
результатов диссертации Ершовой Елизаветы Юрьевны на тему: «Развитие аддитивных технологий в национальной инновационной системе»
в практической деятельности
Министерства цифрового развития и связи Курской области!

Результаты научно-исследовательской работы Ершовой Елизаветы Юрьевны представляют интерес для регулирования деятельности цифрового развития и связи в Курской области. Разработки и предложения исследователя используются в практической деятельности министерства при проведении единой государственной политики в сфере развития и использования информационных технологий на территории Курской области (региональной информатизации), обеспечения защиты информации, развития средств связи, а также передачи телекоммуникационных данных и систем обработки мультимедийных данных Администрации Курской области.

Отдельные положения диссертационного исследования, в том числе разработанная единая цифровая платформа управления развитием аддитивных технологий, выполняющая функцию «инновационного лифта», транслирующая потребности и возможности региональной промышленности в задачи для развития отрасли аддитивных технологий в рамках организационно-экономического механизма управления развитием аддитивных технологий применяется при разработке и реализации единой технологической политики построения инфраструктуры электронного правительства Курской области, в том числе систем: межведомственного электронного взаимодействия; информационной безопасности, региональных реестров государственных и муниципальных услуг Курской области.

Министр С.В. Кожевников

29.04.2026г.

Галигузов В.И.
+7 (4712) 39-51-26
galiguzov.cev@rkursk.ru

Автономная
некоммерческая организация
«Ресурсный центр развития
образования и занятости 2035»

307801, Курская обл., Суджанский р-н,
с. Заолешенка, ул. Гай, д. 103
ОГРН 1214600009304
ИНН 4623008012, КПП 462301001
Тел.: +79050417599
Сайт: http://rc2035.ru
E-mail: rc2035@yandex.ru

Исх. № 121 от «30» 04 2026 г.
На № _____ от «___» _____ 20__ г.

В диссертационный совет 24.2.276.04
на базе ФГБОУ ВО «Белгородский
государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова

СПРАВКА

об использовании результатов диссертации Ершовой Елизаветы Юрьевны на тему: «Развитие аддитивных технологий в национальной инновационной системе» в практической деятельности
АНО «Ресурсный центр развития образования и занятости 2035»

Результаты научно-исследовательской работы Ершовой Елизаветы Юрьевны представляют интерес для ресурсного развития образования и занятости в Курской области. Разработки и предложения исследователя используются в практической деятельности автономной некоммерческой организации для реализации дополнительного профессионального и бизнес-образования в рамках развития аддитивных технологий как фундаментального условия карьерного роста, содействие цифровой трансформации системы образования.

Отдельные положения диссертационного исследования, в том числе разработанный трехэтапный методический подход к оценке потенциала аддитивных технологий в НИС, включающий глобальный мониторинг, отраслевой анализ и национальную диагностику, что, в отличие от существующих фрагментарных оценок, обеспечивает комплексность, диагностичность, стратегическую направленность применяется при разработке и реализации независимой оценки качества образовательной деятельности, направленной на сохранение и дальнейшее развитие научно-технического, экономического и технологического потенциала в Курской области.

Директор О.В. Остимук

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Юго-Западного
государственного университета,
д.т.н., профессор
_____ О.Г. Локтионова
«24» 04 2026 г.

Справка

об использовании результатов диссертации Ершовой Елизаветы Юрьевны в образовательном процессе кафедры финансов и кредита Юго-Западного государственного университета

Мы, нижеподписавшиеся, подтверждаем, что основные научные положения, выводы и рекомендации кандидатской диссертации Ершовой Елизаветы Юрьевны на тему: «Развитие аддитивных технологий в национальной инновационной системе» внедрены в образовательный процесс кафедры финансов и кредита ЮЗГУ при изучении дисциплин «Управление инновациями», «Управление инновациями в высокотехнологичных отраслях», «Управление интеллектуальными ресурсами» для магистров направления подготовки 27.04.05 «Инноватика», направленность «Управление инновационными процессами».

Зав. кафедрой
финансов и кредита
д.э.н., профессор Т. С. Колмыкова

Декан факультета экономики и
управления ЮЗГУ
д.э.н., доцент Т. Ю. Ткачева

Начальник учебно-методического
управления ЮЗГУ
к.х.н., доцент В. В. Протасов